CENTRE HOSPITALIER INTERCOMMUNAL
VILLENEUVE-SAINT-GEORGES
Lucie & Raymond AUBRAC

GEEPhage
Phagothérapie

BACTERIOPHAGES ET TUBE DIGESTIF

O.PATEY et A.DUBLANCHET

GEEPhage et MALADIES INFECTIEUSES ET TROPICALES
CHI VILLENEUVE SAINT GEORGES

19ème Colloque sur le
Contrôle Epidémiologique
des Maladies Infectieuses

Hankin observed *V. cholerae* antibacterial activity in Indian river water (1896)

Bacteriophages characterized and named by d' Hérelle (1917)

Use of phages as molecular biology tools begins (1950s) and continues to present day

Phage genome sequencing begins (1980s) and continues to present day

1890 1900 1920 1940 1960 1980 2000 2010

Anciennes fioles contenant des phages à visée thérapeutique. [B]

Phage institute set up in Tbilisi, Georgia (1923)

Phage lambda (λ) isolated (1951)

Animal

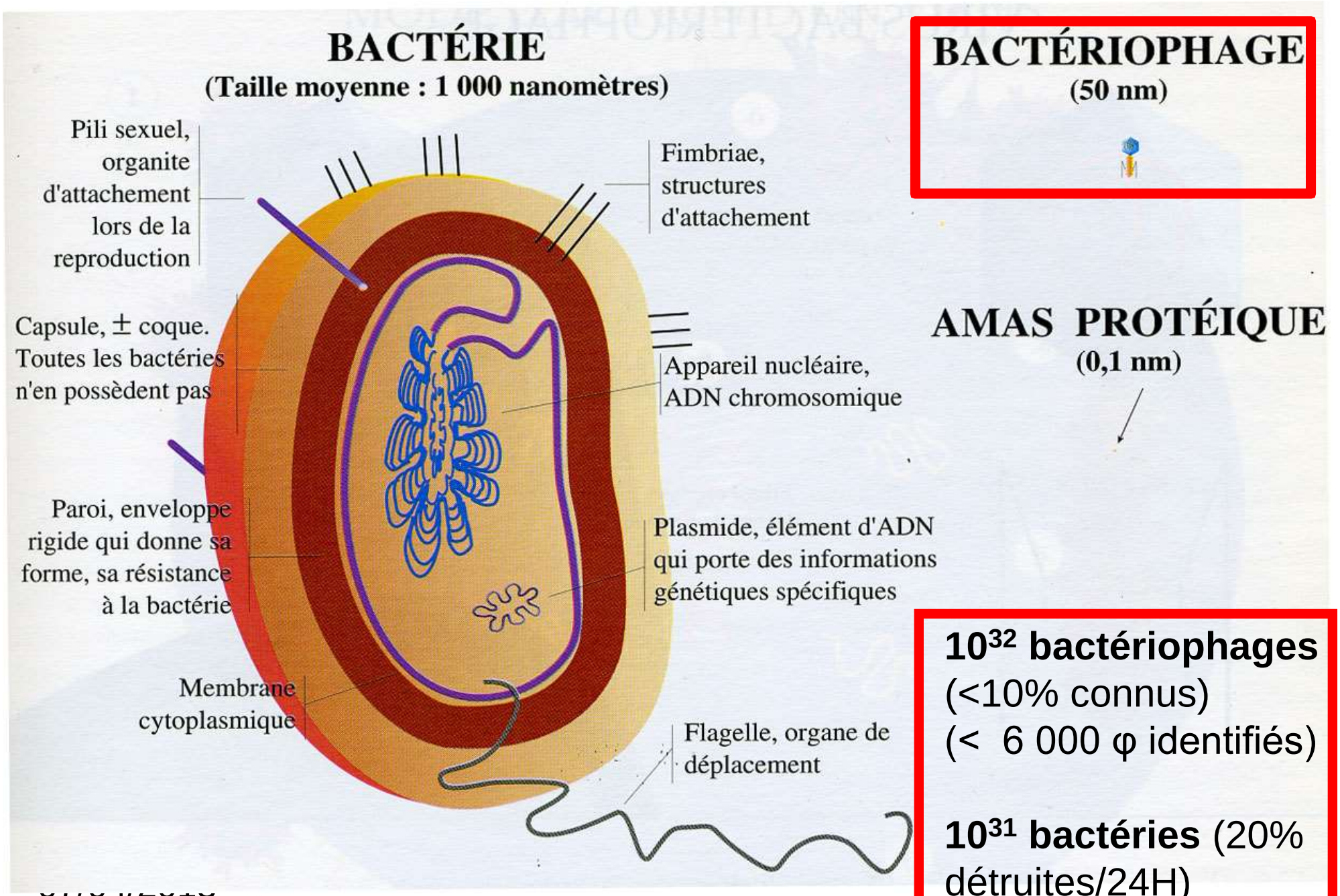
Fischetti' s group demonstrate in vivo activity of phage lysins

Phage cocktail for biocontrol of *Listeria* in ready-to-eat meats approved by FDA (2006)

published by Twort (1915)

David Kelly, Olivia McAuliffe, R. Paul Ross, Jim O'Mahony and Aidan Coffey

PHAGE AND BACTERIA



10^{32} bactériophages
(<10% connus)
(< 6 000 φ identifiés)

10^{31} bactéries (20% détruites/24H)

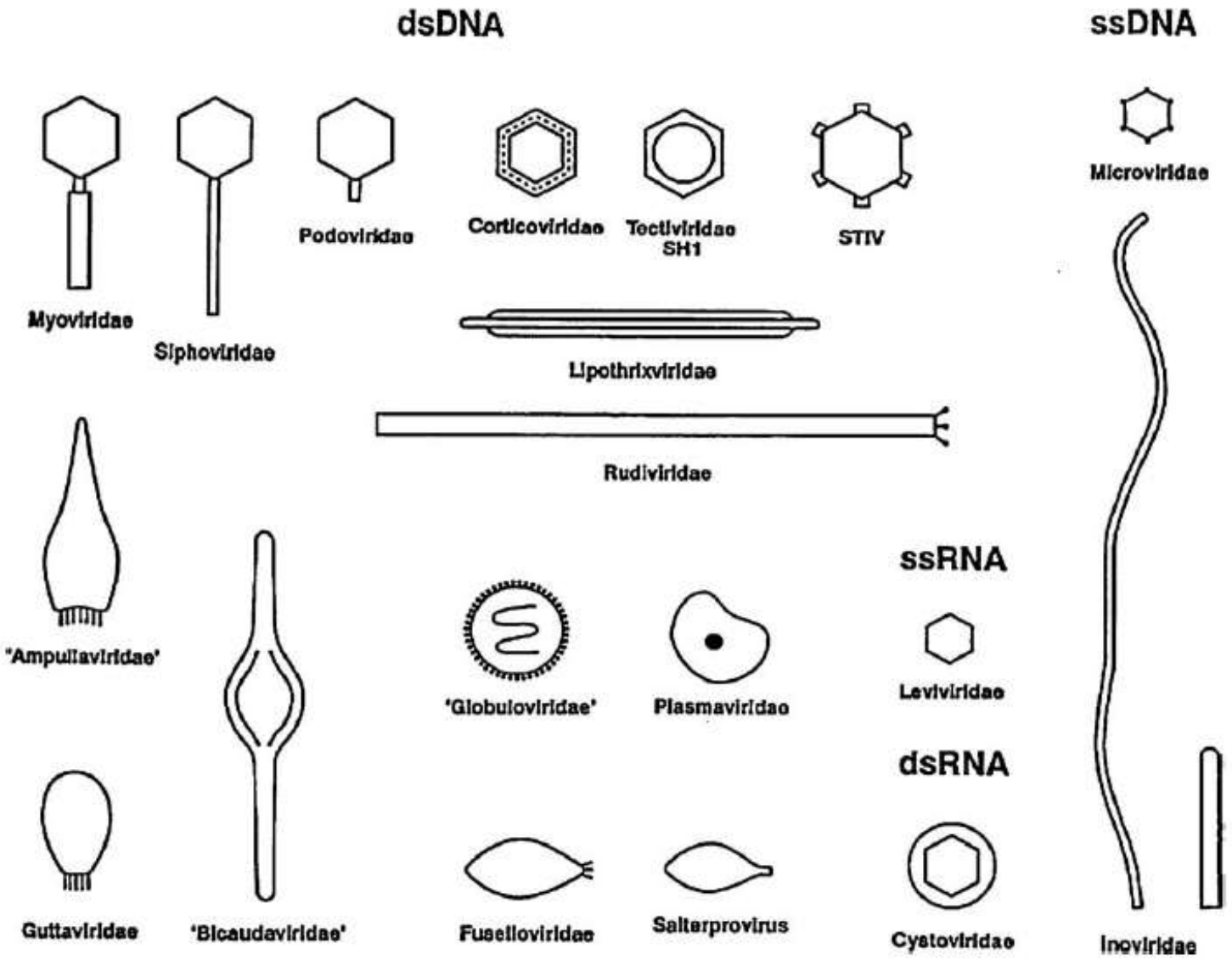


Figure 2 Morphologie des principaux groupes de bactériophages. D'après et avec autorisation de H.W. Ackermann [77].

PHAGE LYTIC CYCLE

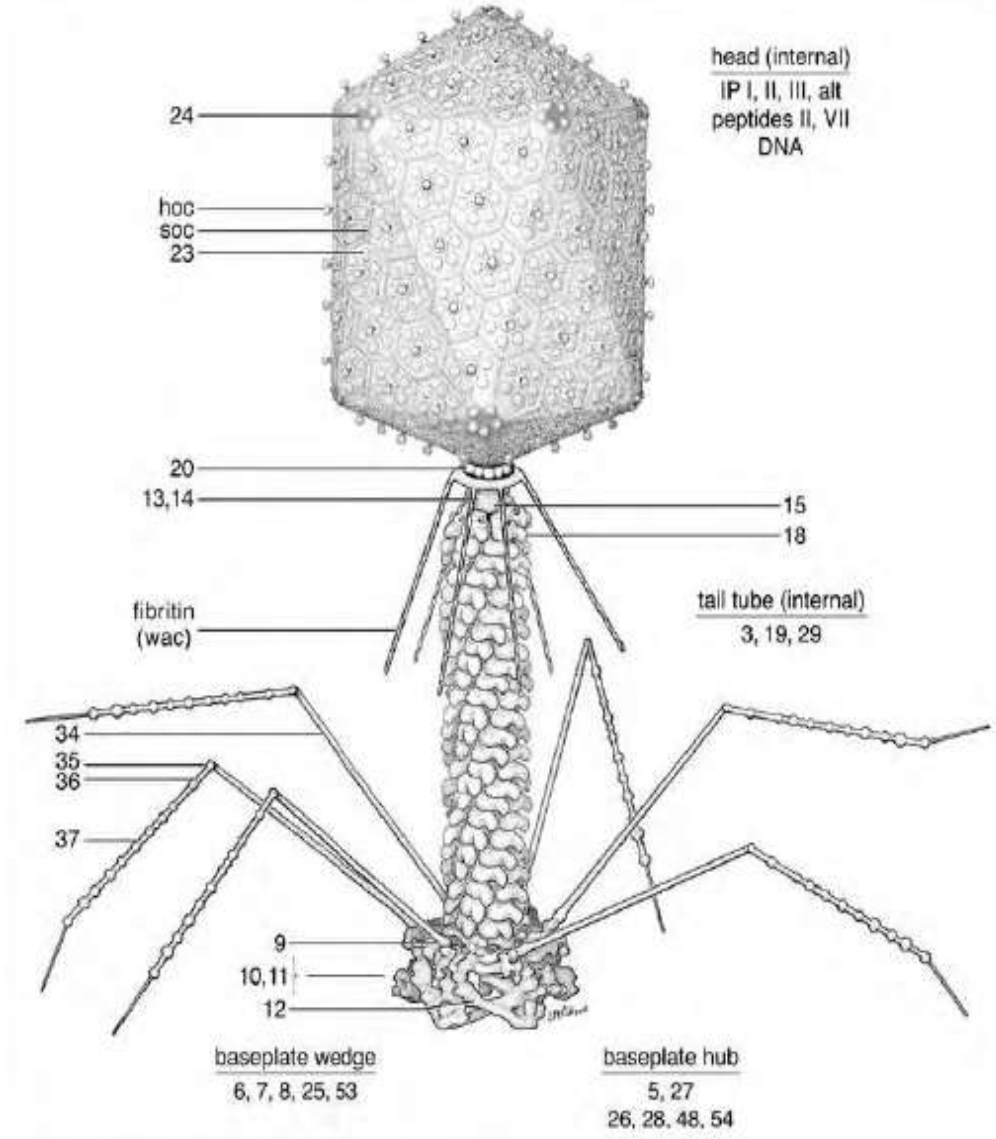


Figure 5. Structure schématique du phage T4.

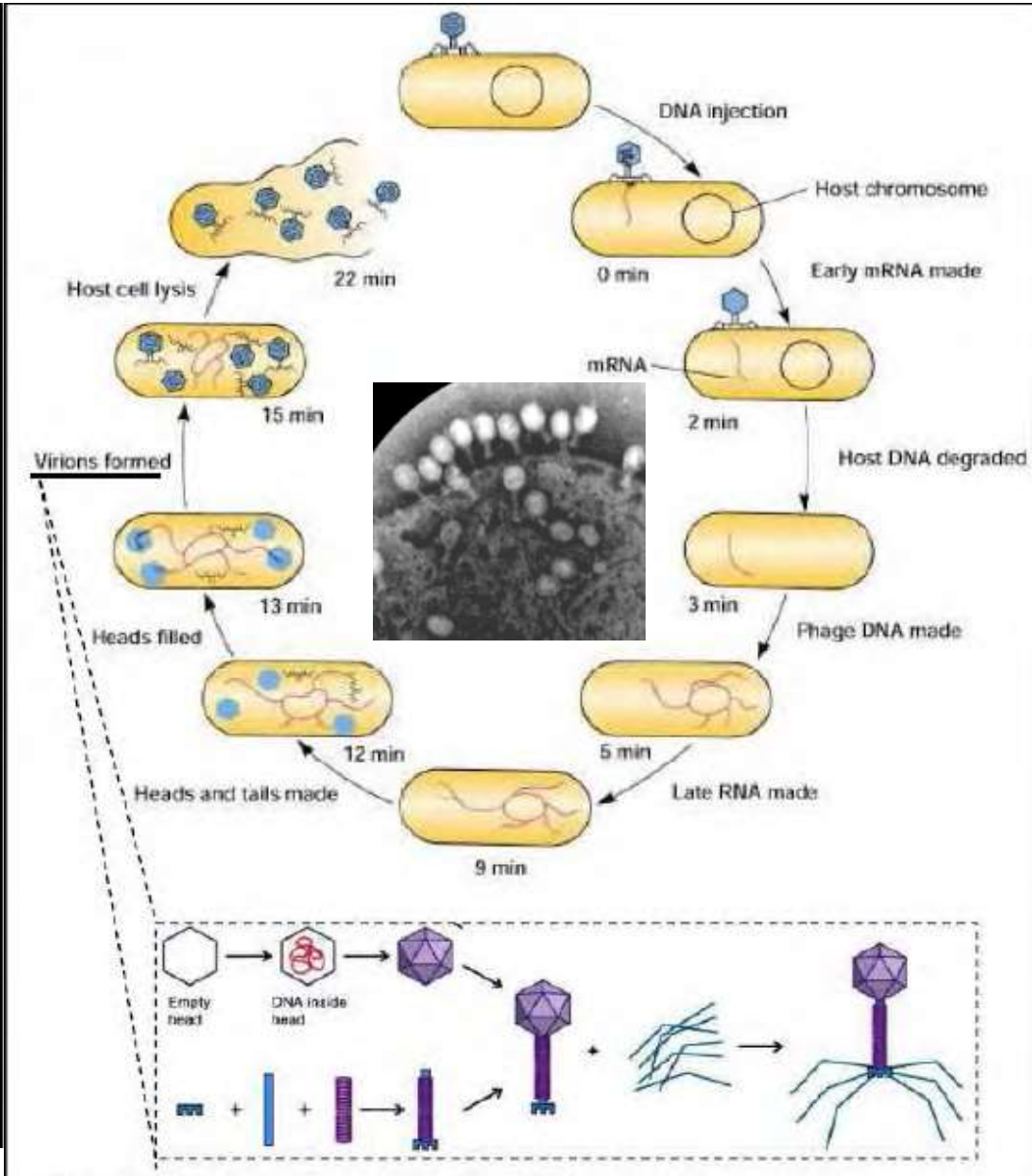
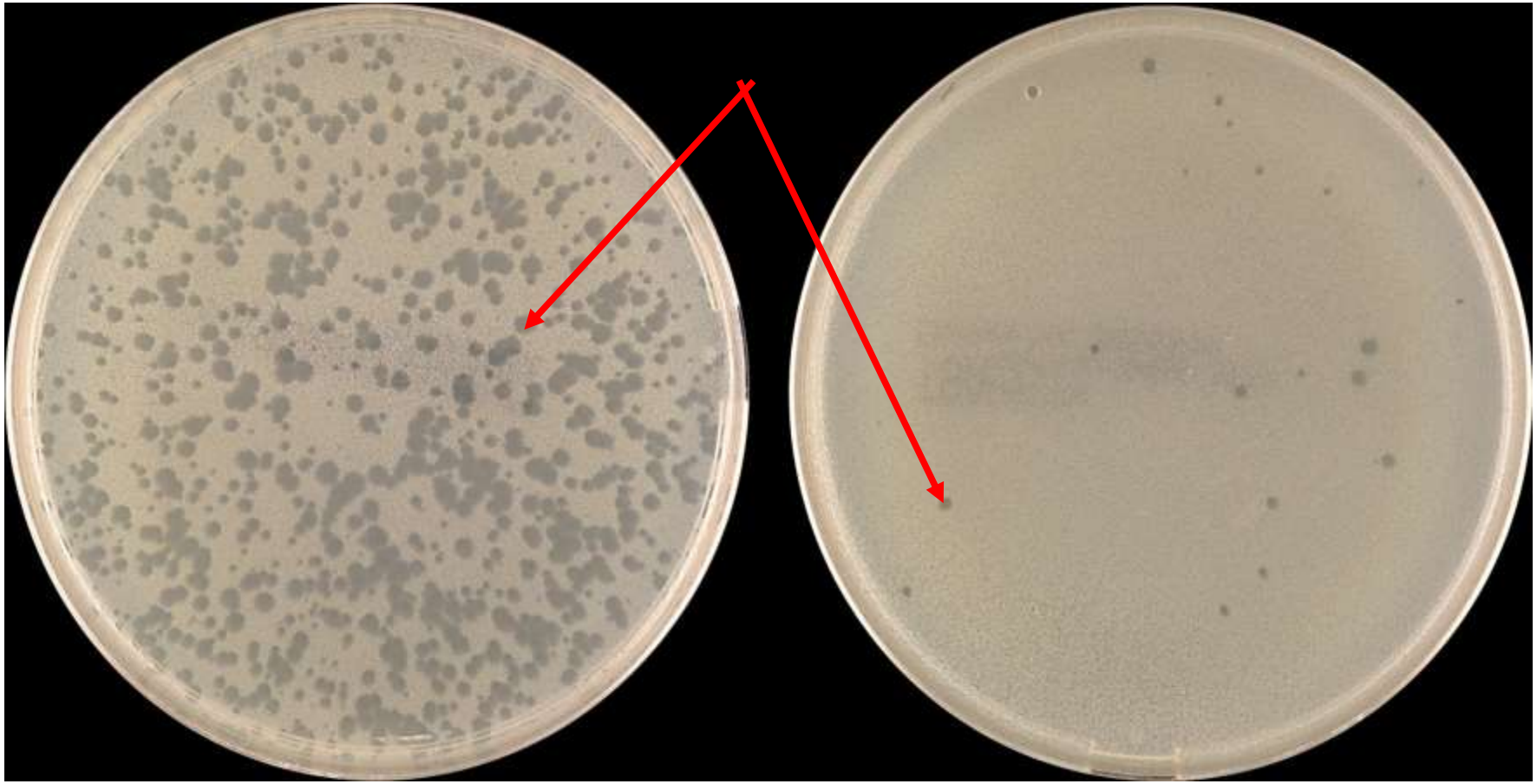


Figure 7. Cycle de développement de T4 en fonction du temps.

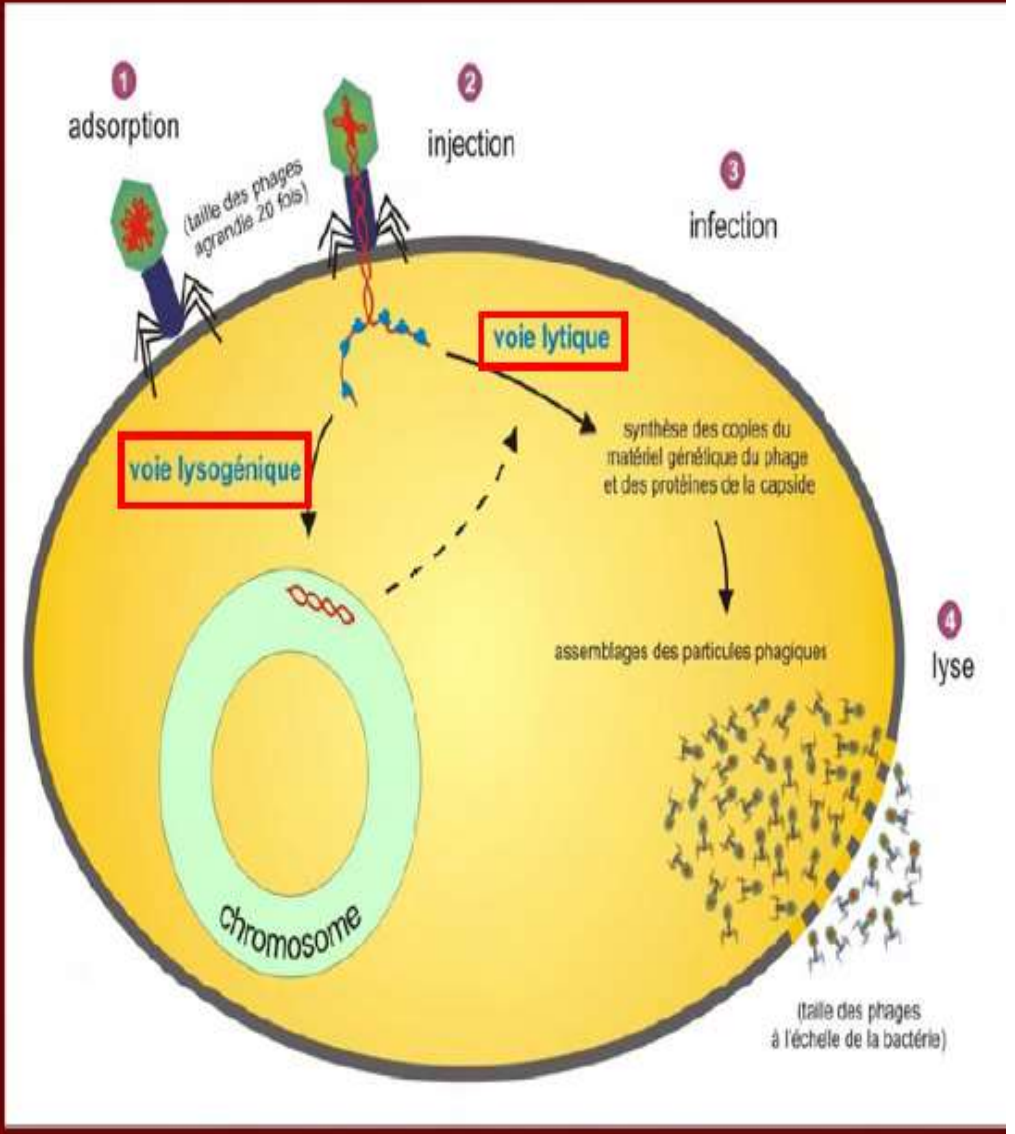
GEEPhage
Phagothérapie

PHAGE COUNT



GEEPhage
Phagothérapie

- **Phages lysogéniques**
  - Véhicules de matériel génétique
  - Transfert du gène de la toxine
  - Vibriophage filamenteux lysogénique CTXΦ
- **Phages lytiques**
  - Multiplication intracellulaire
  - Destruction de la bactérie
  - Plus de 200 bactériophages

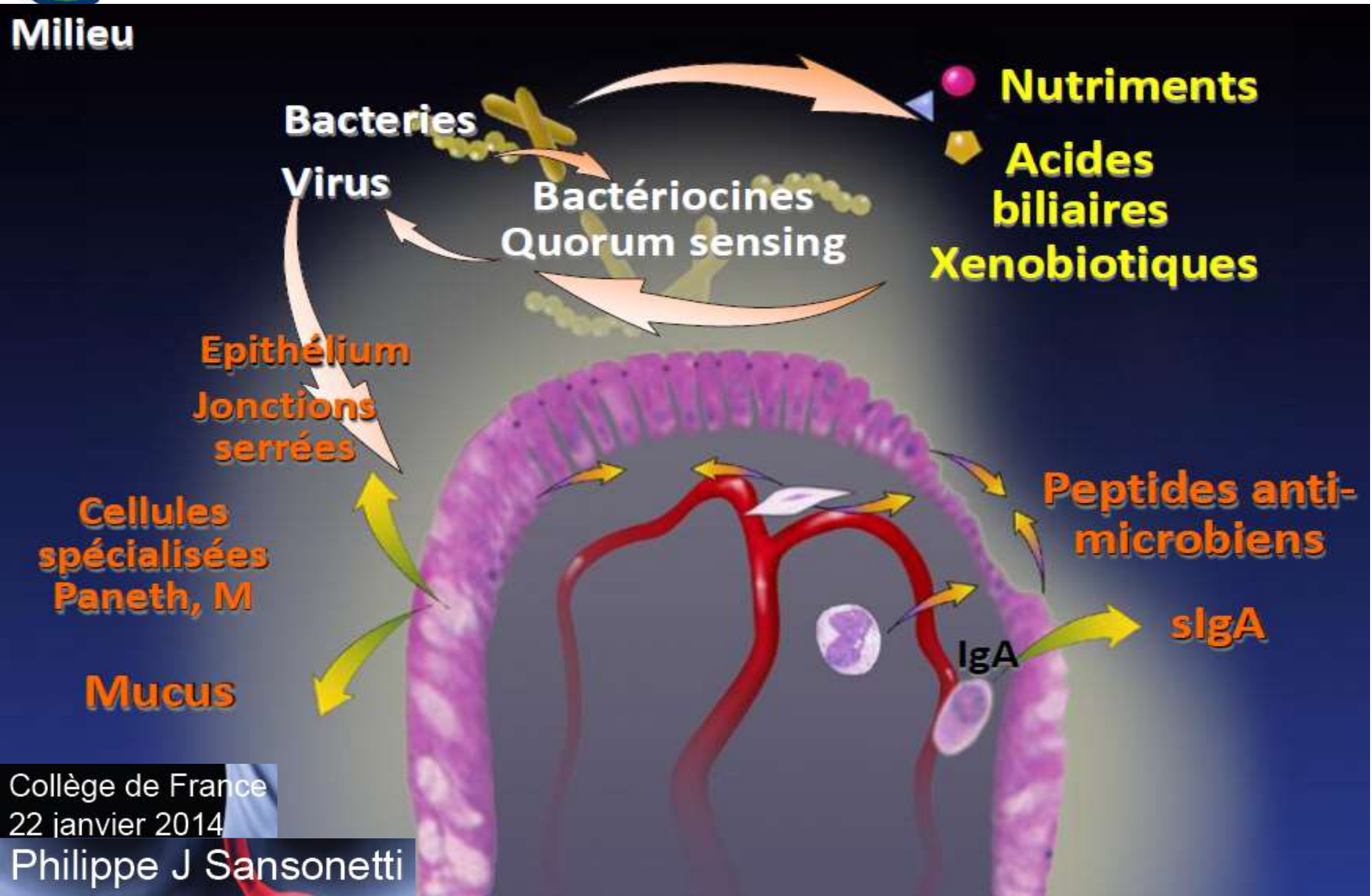


GEEPhage
Phagothérapie

NOS COMMENSAUX = dans notre corps

x 200 / cellules humaines
x 100 gènes que de gènes humains

Bactéries 90%	- 70% Firmicuites (gram + aérobie / anaérobies)	
	- 20% Bactéroidetes (anaérobies gram -)	
	- 5% Protéobactéries (gram négatif aérobies)	
	- 5% Actinobactérie (gram positif aérobie)	
Archées	- 10% Méthanobrevibacter	
Virus	- Bactériophages	100 – 1000 par bactérie
Eukaryotes ?	- Champignons	



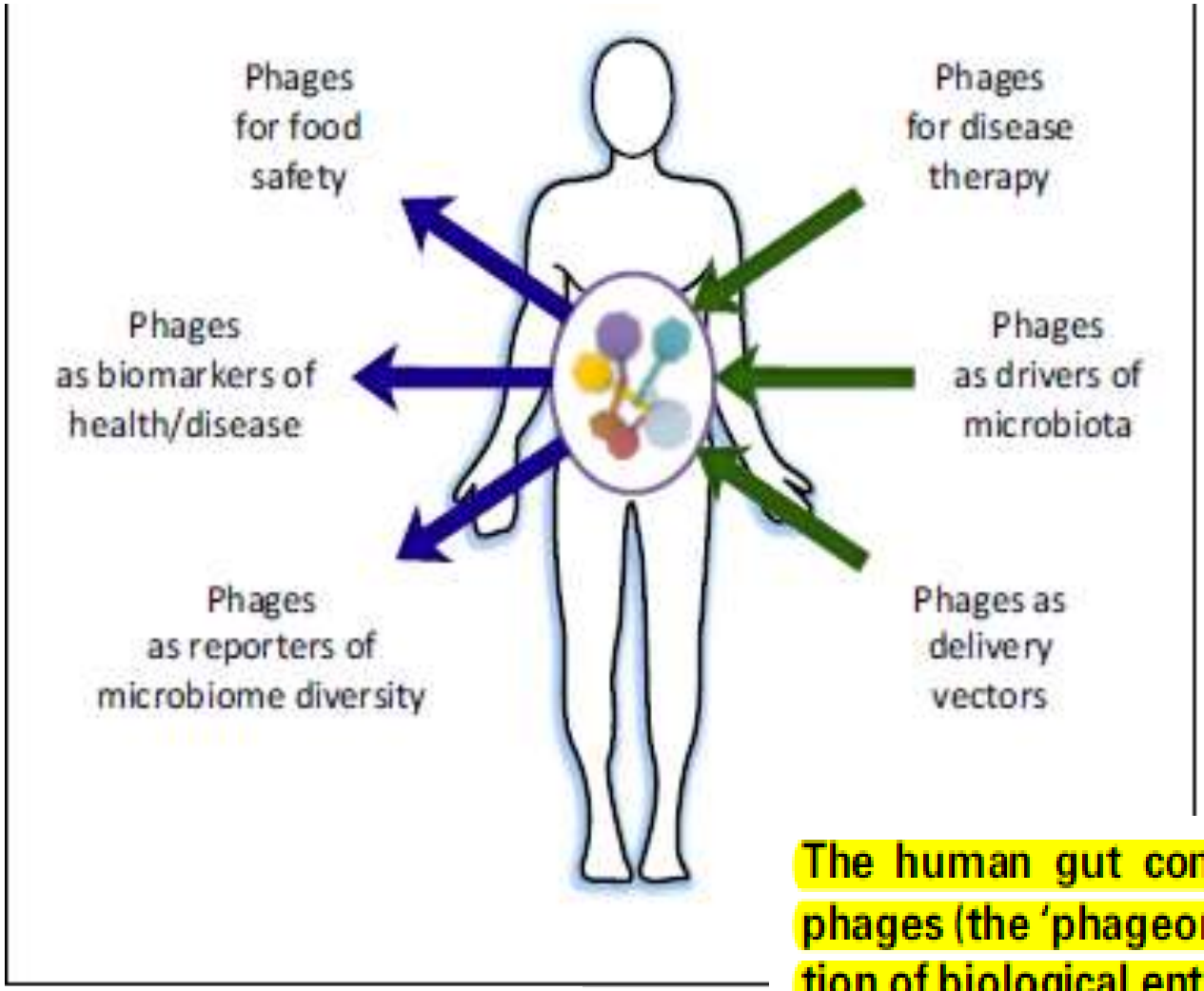
Collège de France
22 janvier 2014

Philippe J Sansonetti

Exploiting gut bacteriophages for human health

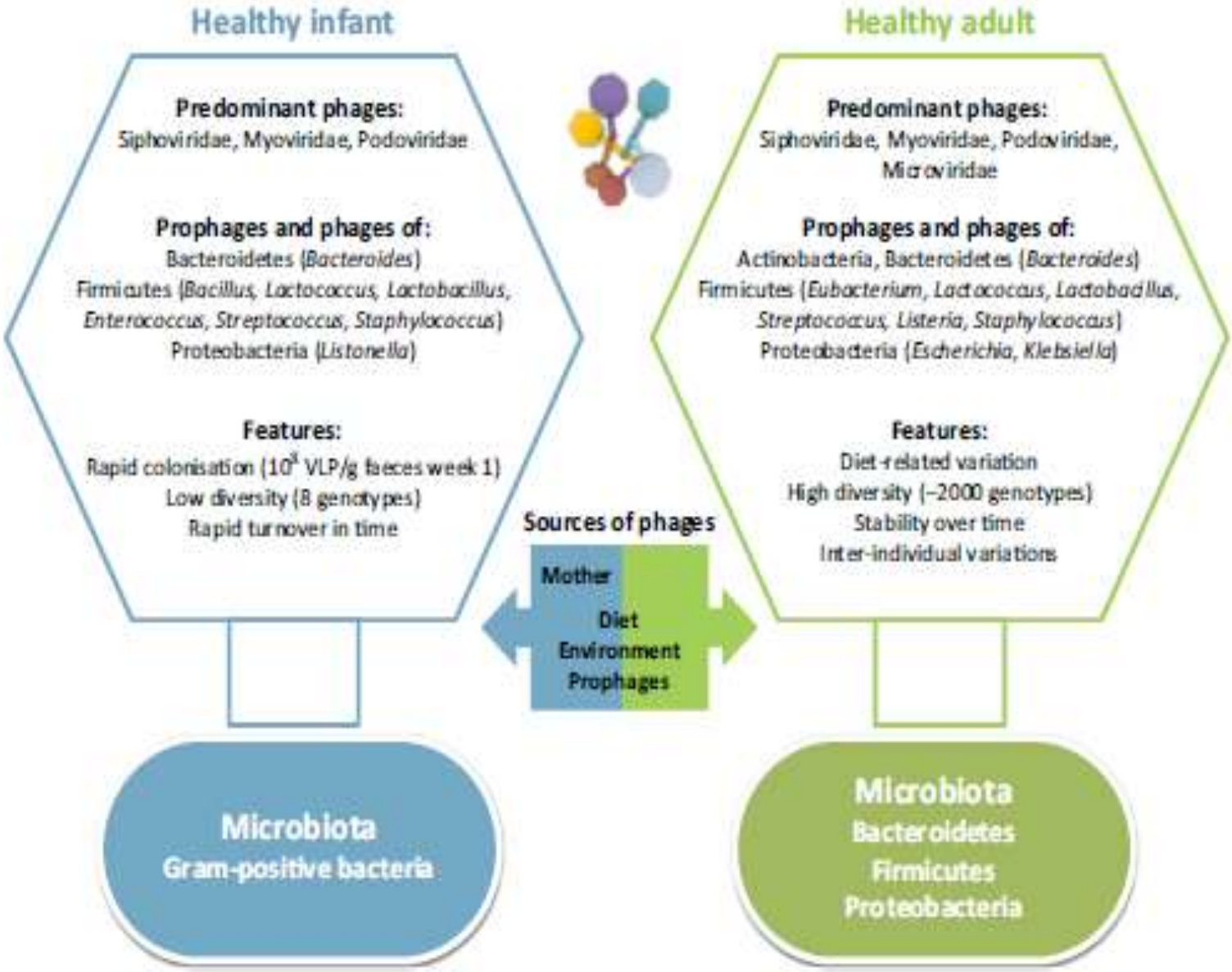
Marion Dalmasso[1,2], Colin Hill[1,2], and R. Paul Ross[2,3]

[1] School of Microbiology, University College Cork, Cork, Ireland
[2] Alimentary Pharmabiotic Centre, University College Cork, Cork, Ireland
[3] Teagasc Biotechnology Centre, Moorepark Food Research Centre, Fermoy, Co. Cork, Ireland



Marion Dalmasso[1,2], Colin Hill[1,2], and R. Paul Ross[2,3]

The human gut contains approximately 10^{15} bacteriophages (the 'phageome'), probably the richest concentration of biological entities on earth. Mining and exploiting

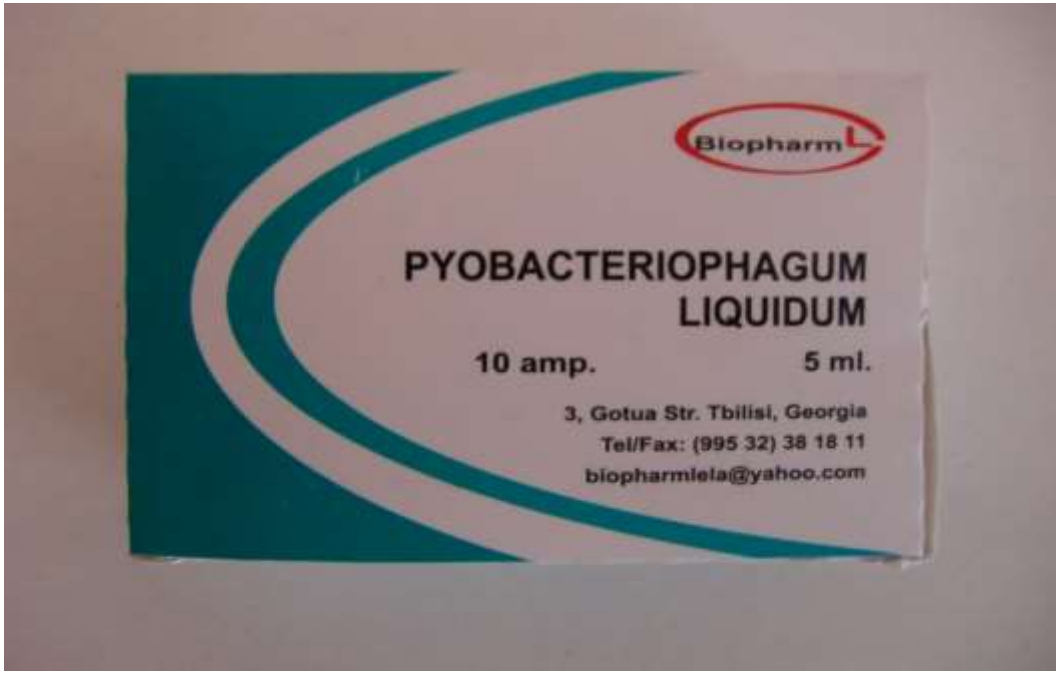


Marion Dalmasso[1,2], Colin Hill[1,2], and R. Paul Ross[2,3]

Félix d'Hérelle [1873-1949] Avant les antibiotiques, la phagothérapie

MICROBIOLOGIE. — *Sur un microbe invisible antagoniste des bacilles dysentériques.* Note (³) de M. F. d'Herelle, présentée par M. Roux.

Des selles de divers sujets convalescents de dysenterie bacillaire, et dans un cas de l'urine, j'ai isolé un microbe invisible doué de propriétés antagonistes vis-à-vis du bacille de Shiga. Sa recherche est particulièrement aisée dans les cas d'entérite banale consécutive à une dysenterie; chez les convalescents ne présentant pas cette complication la disparition du microbe anti suit de très près celle du bacille pathogène. Malgré de nombreux examens, je n'ai jamais trouvé de microbes antagonistes, ni dans les selles de dysentériques à la période d'état, ni dans les selles de sujets normaux.



PHAGES FORMULATIONS

GEEPhage
Phagothérapie

SPECIFIC ANTIBACTERIAL PREPARATION
PHAGESTI
BACTERIOPHAGUM INTESTIN
INFECTIONS INTESTINALES
ENTEROFAGOS
BACTERIOPHAGES POLYVALENTS. — Plus de mille lyses par souche.
BIOPREPARATIONS
ELIAVA
INTESTI
BACTERIOPHAGUM
combinierae liquidum
5 ml No.10
Produced in GEORGIA
ინტესტი
ბაქტერიოფაგი
კომბინირებული თხიერი
ხსნარი შინაბანი მოხმარებისათვის
10 ამპულა 5 მლ
დამზადებულია საქართველოში

L'ACTION BACTÉRICIDE DES EAUX DE LA JUMNA ET DU GANGE SUR LE MICROBE DU CHOLÉRA

PAR M. E. HANKIN

Du laboratoire du gouvernement, Agra, Inde.

l'autoclave. A de l'eau ainsi chauffée et provenant de diverses origines, on a ajouté des microbes du choléra, et on en a fait des cultures aussitôt après l'addition, et à diverses intervalles. Voici les chiffres obtenus :

	Nombre de colonies après							
Eau de	0 h.	1 h.	2 h.	3 h.	4 h.	5 h.	24 h.	28 h.
Jumna bouillie	12,500	20,000	17,500	30,000	32,000	26,000	4,000	5,000
Du robinet —	14,000	17,000	17,500	21,000	20,000	19,000	17,000	15,000
Gange —	10,000	8,000	12,500	5,000	13,000	20,000	18,000	15,000
Zem-Zem —	10,000	21,000	28,000	50,000	60,000	90,000	80,000	100,000

PHAGOTHERAPIE ET CHOLERA

RECHERCHES SUR LE BACTÉRIOPHAGE

Premières observations

Les publications sur le rôle du bactériophage dans le choléra, plutôt rares durant les dix années qui suivirent la découverte de la bactériophagie par Twort (1915) et par d'Hérelle (1917), furent abondantes plus tard. D'Hérelle lui-même (1922; voir aussi d'Hérelle, Malone & Lahiri, 1930), en rapportant ses premières observations sur ce sujet, déclarait:

« Parmi une centaine de cas de choléra étudiés en Indochine, on n'a pu en observer qu'un seul se terminant par la guérison. Dans ce dernier cas, malgré des examens de selles quotidiens, on n'a trouvé un bactériophage actif sur le vibrion que dans un seul échantillon de fèces prélevé au début de la convalescence. Ce phage a donné environ 50 plages par ensemencement sur gélose. En dépit de nombreuses tentatives, il a été impossible de le cultiver par repiquages. Aucun des cas mortels n'a fourni de bactériophage. » [Trad.]

Après ces observations, faites en 1920, d'Hérelle (1923) poursuivit ses recherches sur les selles cholériques; il put alors démontrer régulièrement, la présence d'un principe lytique dans les fèces des cholériques par

a) incubation, pendant 12 heures à 37°C, de dilutions en bouillon ou de suspensions des fèces; *b*) filtration des liquides, d'abord sur terre d'infusoires, puis sur bougies, et *c*) après addition de vibrions cholériques, cultivés sur gélose, pour obtenir une concentration de 100 millions de germes par ml, incubation des mélanges à 37°C pendant 12-18 heures, temps après lequel on constatait la dissolution des vibrions.

Commercialisation des premiers phages anticholéra par d'Hérelle et Eliava à Tbilissi en 1931

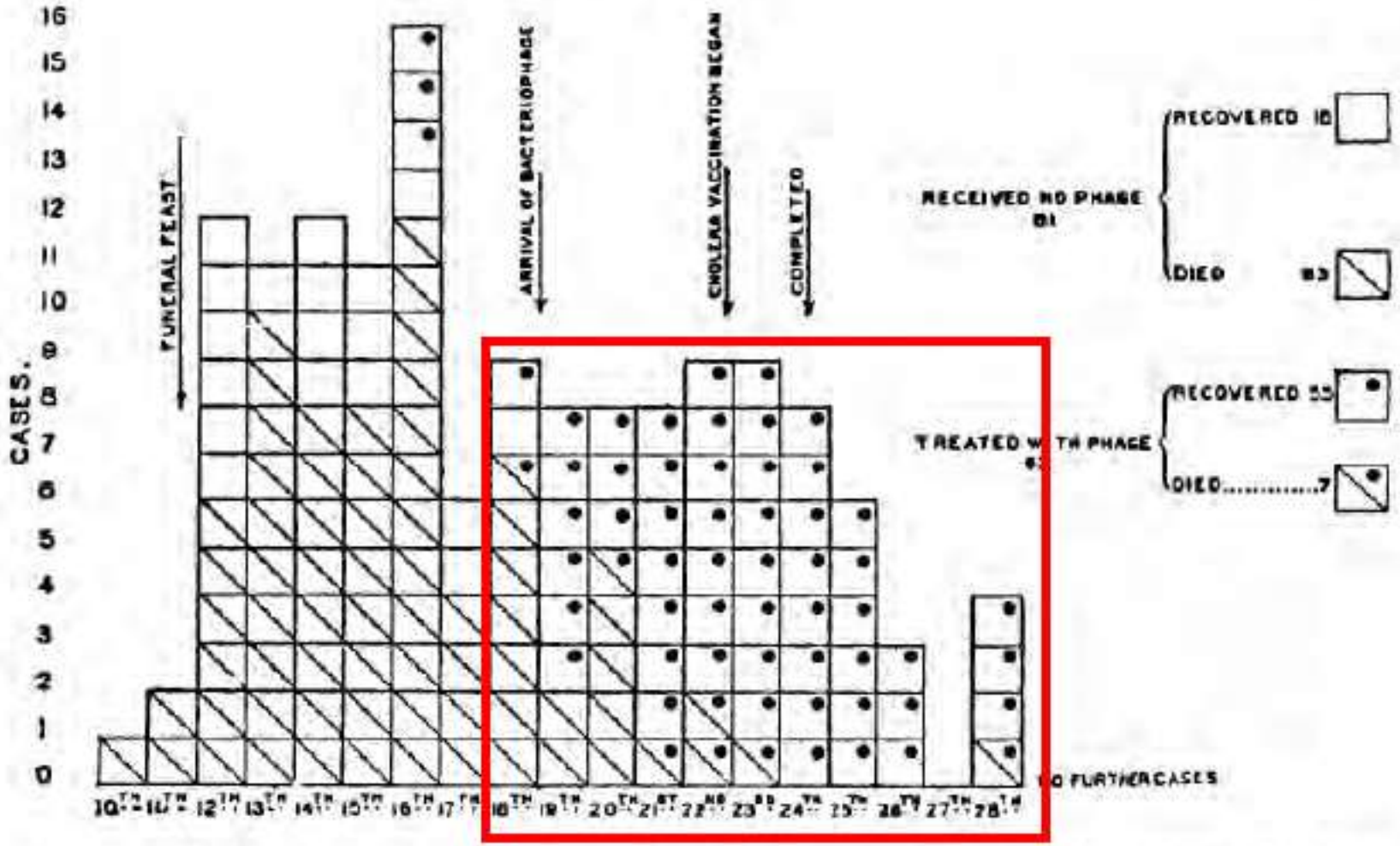


Figure 2. Daily case incidence and mortality during an epidemic of cholera in Jakrem village in Assam. Cases treated with anticholera bacteriophage are indicated. Reprinted with permission of the publisher from J. Morison, (n. 10) *Bacteriophage in the Treatment and Prevention of Cholera*, p. 26.

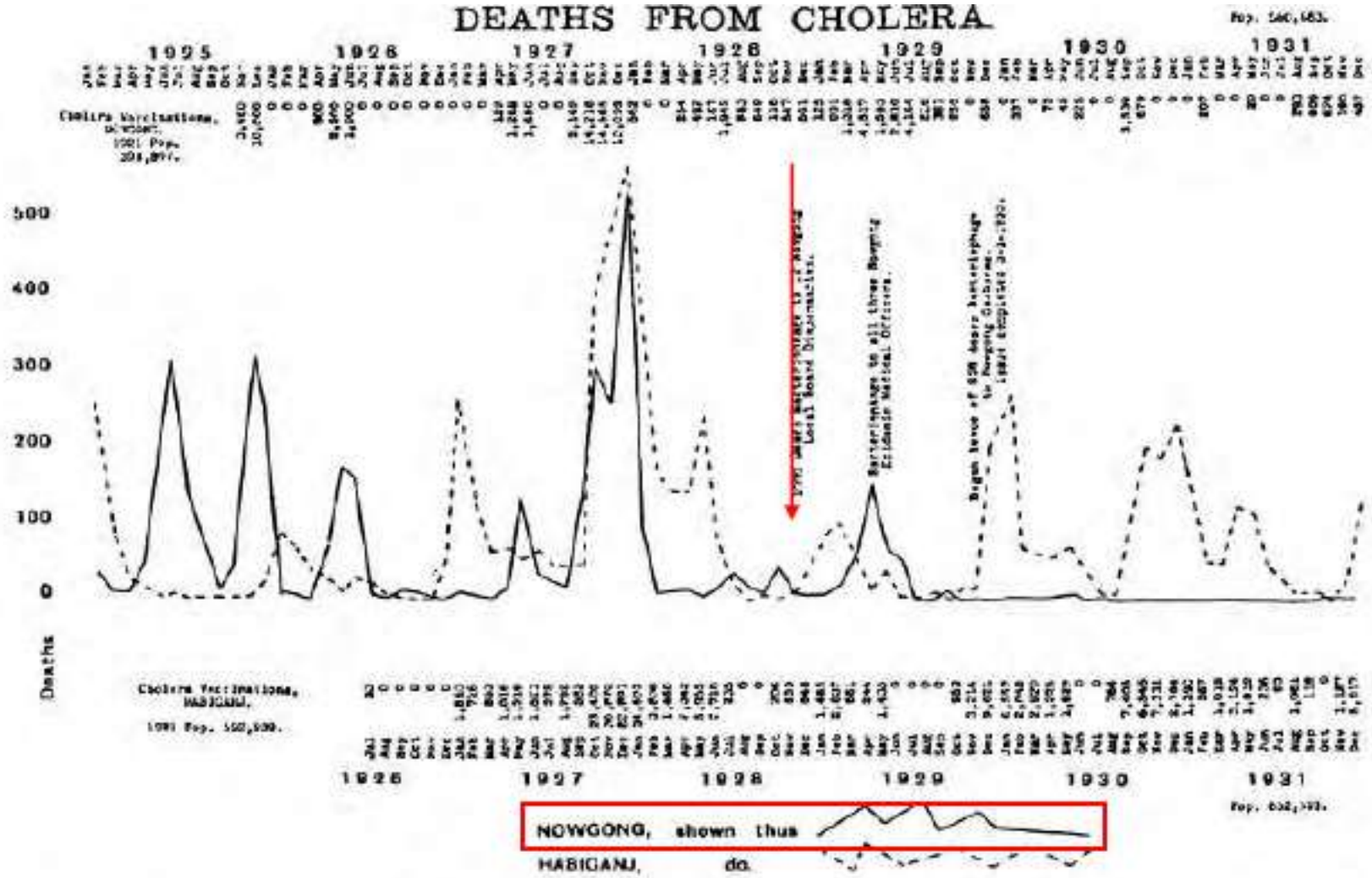


Figure 3. Monthly mortality from cholera in two districts in Assam between 1925 and 1932. In Nowgong district anticholera bacteriophage was widely distributed while in Habiganj it was not generally available. Reprinted with permission of the publisher from J. Morison, (n. 10) *Bacteriophage in the Treatment and Prevention of Cholera*, p. 28.

Bull Org. mond. Santé
Bull. Wld Hlth Org. } 1963, 28, 361-367

Treatment and Prophylaxis of Cholera with Bacteriophage

R. M. SAYAMOV [1]

The treatment of cholera with bacteriophage has, in the past, been unsuccessful, owing to the fact that the phages prepared by the usual method (multiplication on cholera vibrios in broth) proved incapable of parasitizing cholera vibrios in vivo. *In this paper, the author presents the results of therapeutic and prophylactic trials of a phage preparation prepared by a different method—namely, cultivation on cholera vibrios through alternate passages in the small intestine of guinea-pigs and in bile. This preparation was used effectively for the treatment of cholera patients and for the control of epidemic outbreaks in Afghanistan in 1958 and 1960. A single dose of the phage, administered with saline intravenously or intramuscularly, followed by an oral dose daily for three days, gave satisfactory results in the majority of cases, even if the patients were seriously ill and did not receive additional symptomatic treatment. As to the prophylactic value of the phage, when the preparation was administered simultaneously with a single dose of cholera vaccine to the entire population of an epidemic focus, no further cases of the disease occurred in that focus.*

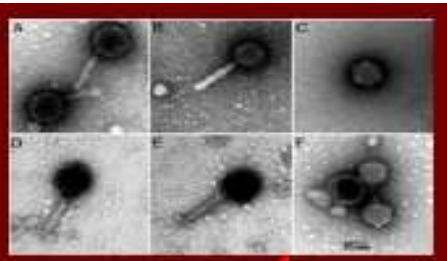
PHAGOTHERAPIE ET CHOLERA

In late 1960s, the World Health Organization (WHO) set up an international trial of phage therapy for cholera in Dhaka. This trial was designed according to the widely accepted international standards and conducted with the support and under the review of the National Institutes of Health, USA. In several WHO sponsored studies in East Pakistan (now Bangladesh) in the 1970s, bacteriophage therapy was compared with tetracycline as the therapeutic agent. It was reported that very high dose phage therapy was comparable to tetracycline in reducing the excretion of vibrios in the stool[17, 18].

17. Monsur, K.A., Rahman, M.A., Huq, F., Islam, M.N., Northrup, R.S. and Hirschhorn, N. Effect of massive doses of bacteriophage on excretion of vibrio, duration of diarrhoea and output of stools in acute cases of cholera. *Bull World Health Organ 42:* 723, 1970.

18. Marcuk, L.M., Nikiforov, V.N., Scerbak, J.F., Levitov, T.A., Kotljarova, R.I., Mammsina, M.S., Dovydov, S.U., Monsur, K.A., Rahman, M.A., Latif, M.A., Northrup, R.S., Cash, R.A., Huq, I., Dey, C. and Phillips RA. Clinical studies of the use of bacteriophage in the treatment of cholera. *Bull World Health Organ 45:* 77, 1971.

Modèle schématique d'une épidémie de choléra



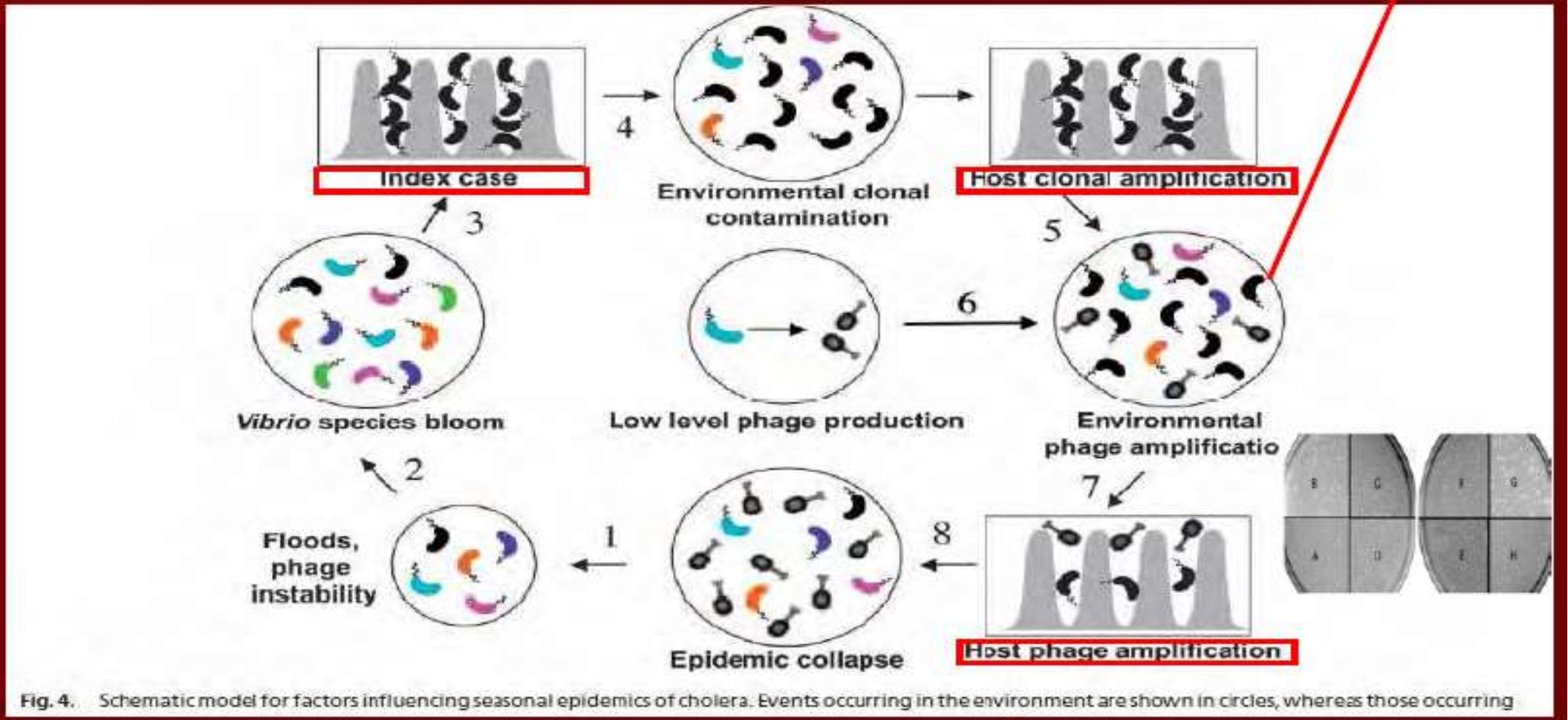
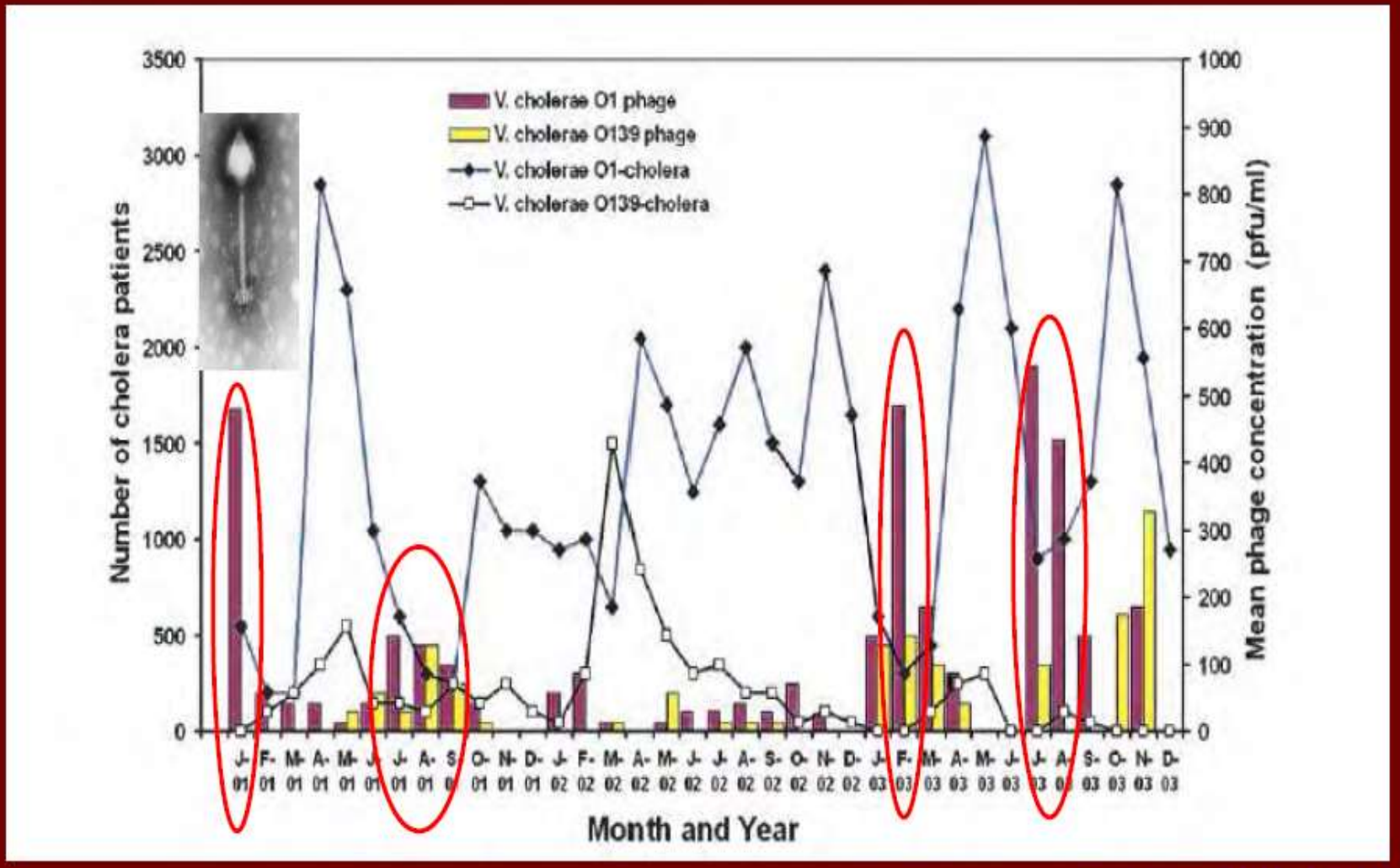


Fig. 4. Schematic model for factors influencing seasonal epidemics of cholera. Events occurring in the environment are shown in circles, whereas those occurring

Faruque. PNAS 2005:6119-6124

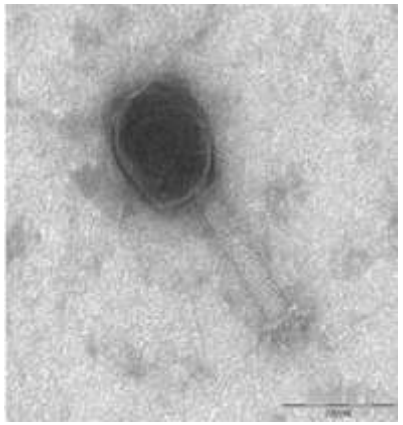
Seasonal epidemics of cholera inversely correlate with the prevalence of environmental cholera phages

Shah M. Faruque*, Iftekhar Bin Naser*, M. Johirul Islam*, A. S. G. Faruque*, A. N. Ghosh†, G. Balakrish Nair*, David A. Sack*, and John J. Mekalanos‡§



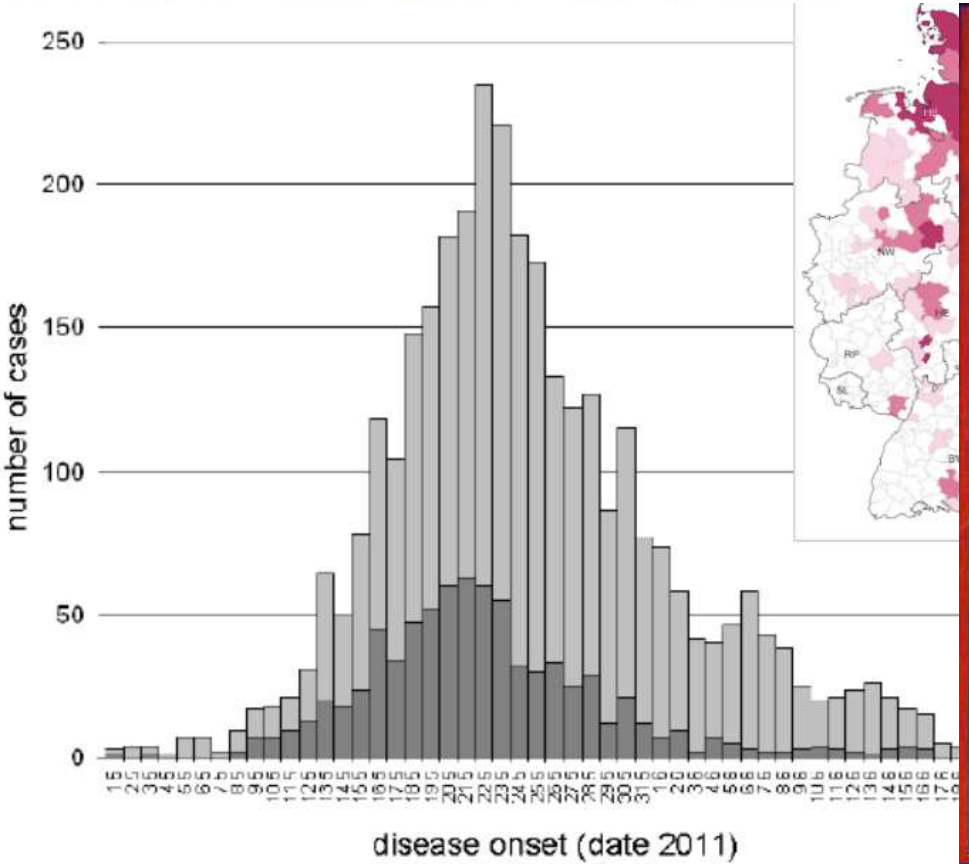
Faruque. PNAS. 2004: 1-6

Selection and Characterization of a Candidate Therapeutic Bacteriophage That Lyses the *Escherichia coli* O104:H4 Strain from the 2011 Outbreak in Germany

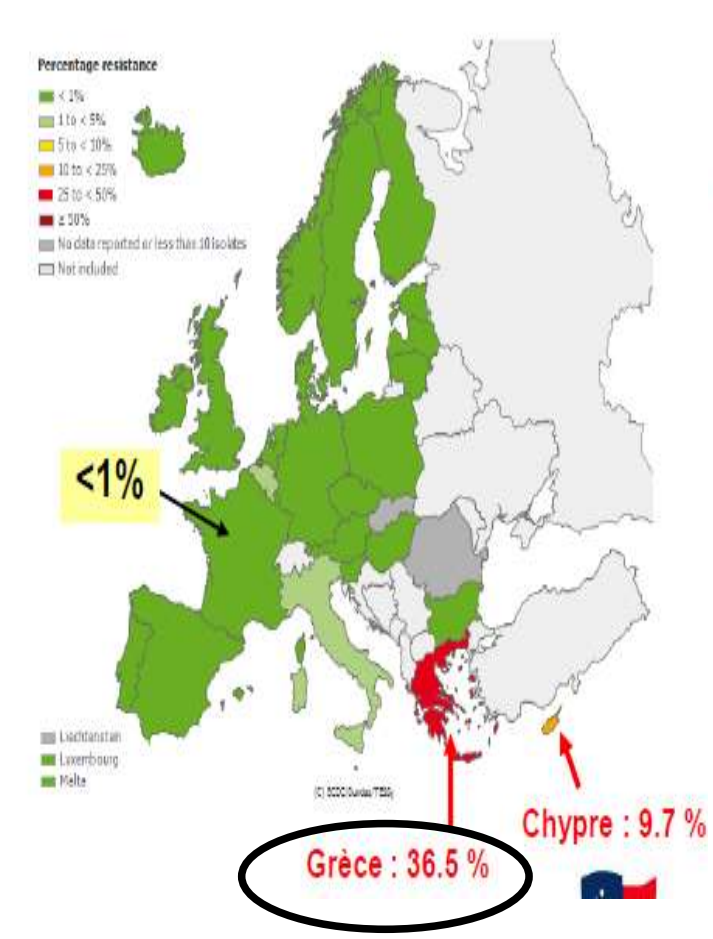


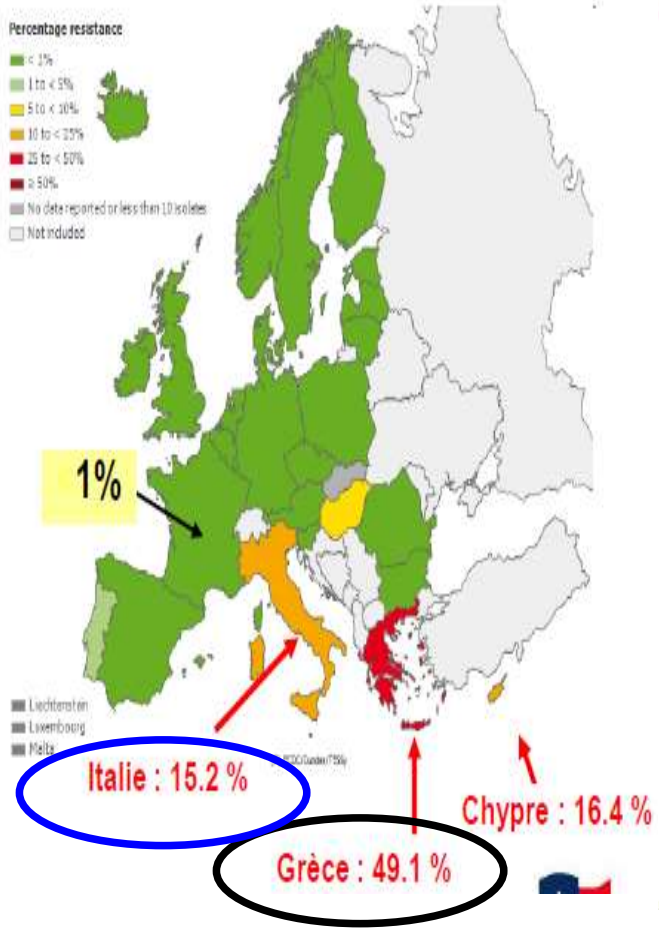
Maia Merabishvili[1,2,3], Daniel De Vos[1], Gilbert Verbeken[1], Andrew M. Kropinski[4,5], Dieter Vandenheuvel[6], Rob Lavigne[6], Pierre Wattiau[7], Jan Mast[8], Catherine Ragimbeau[9], Joel Mossong[9], Jacques Scheres[10,11], Nina Chanishvili[2], Mario Vaneechoutte[3], Jean-Paul Pirnay[1]*

1 Laboratory for Molecular and Cellular Technology, Queen Astrid Military Hospital, Brussels, Belgium, **2** Eliava Institute of Bacteriophage, Microbiology and Virology, Tbilisi, Georgia, **3** Laboratory of Bacteriology Research, Ghent University, Ghent, Belgium, **4** Laboratory for Foodborne Zoonoses, Public Health Agency of Canada, Ontario, Canada, **5** Department of Molecular and Cellular Biology, University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada, **6** Laboratory of Gene Technology, KU Leuven, Heverlee, Belgium, **7** Unit of Highly Pathogenic & Foodborne Zoonoses, Veterinary and Agrochemical Research Centre, Brussels, Belgium, **8** Electron Microscopy Unit, Veterinary and Agrochemical 8 Research Centre, Brussels, Belgium, **9** Surveillance and Epidemiology of Infectious Diseases, Laboratoire National de Santé, Luxembourg, Luxembourg, **10** Maastricht University Medical Centre, Maastricht, The Netherlands, **11** European Centre for Disease Prevention and Control, Stockholm, Sweden

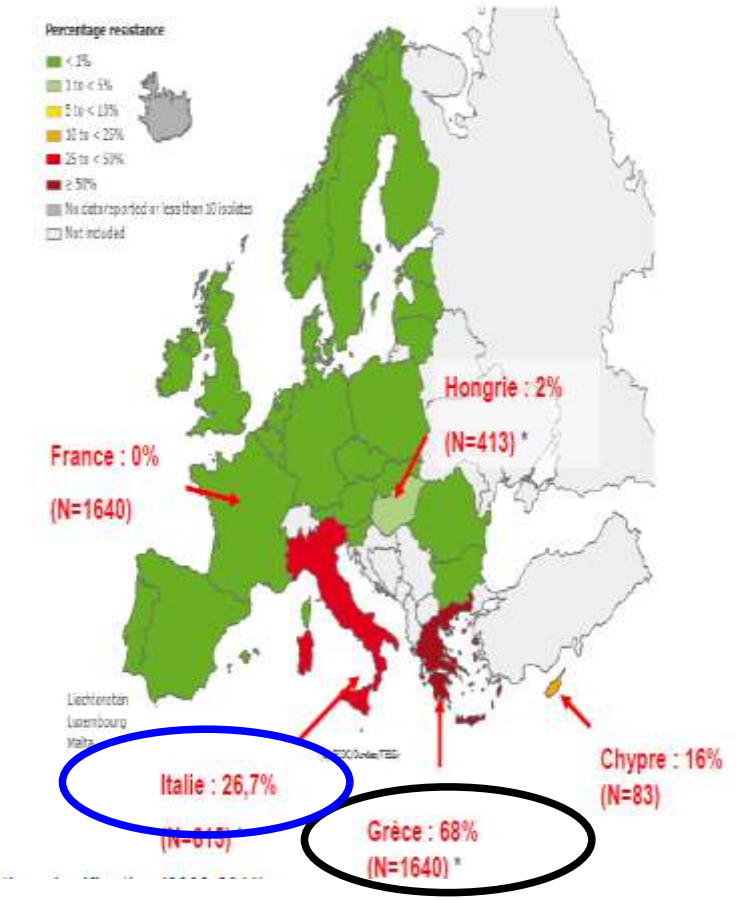


K.pneumoniae and carbapenemases





(rapport EARS-Net à paraître)

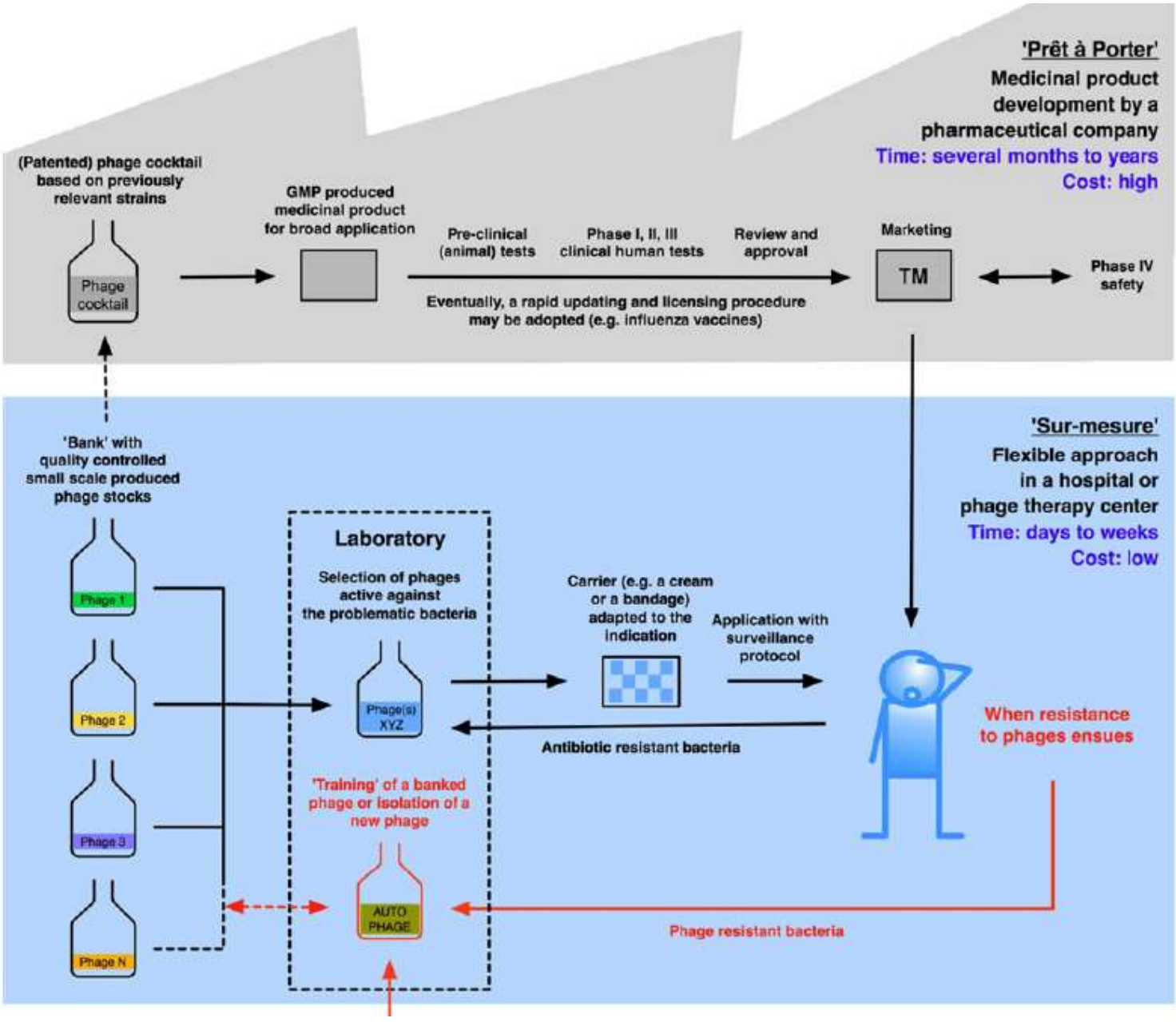


Isolation and Characterisation of Lytic Bacteriophages of *Klebsiella pneumoniae* and *Klebsiella oxytoca*

Natia Karumidze · Ia Kusradze · Sophio Rigvava · Marine Goderdzishvili · Kumar Rajakumar · Zemphira Alavidze

The Phage Therapy Paradigm: *Prêt-à-Porter* or *Sur-mesure*?

Jean-Paul Pirnay • Daniel De Vos • Gilbert Verbeken • Maia Merabishvili • Nina Chanishvili • Mario Vaneechoutte • Martin Zizi • Geert Laire • Rob Lavigne • Isabelle Huys • Guy Van den Mooter • Angus Buckling • Laurent Debarbieux • Flavie Pouillot • Joana Azeredo • Elisabeth Kutter • Alain Dublanchet • Andrzej Górski • Revaz Adamia



GEEPhage
Phagothérapie

Recent advances in bacteriophage therapy: how delivery routes, formulation, concentration and timing influence the success of phage therapy

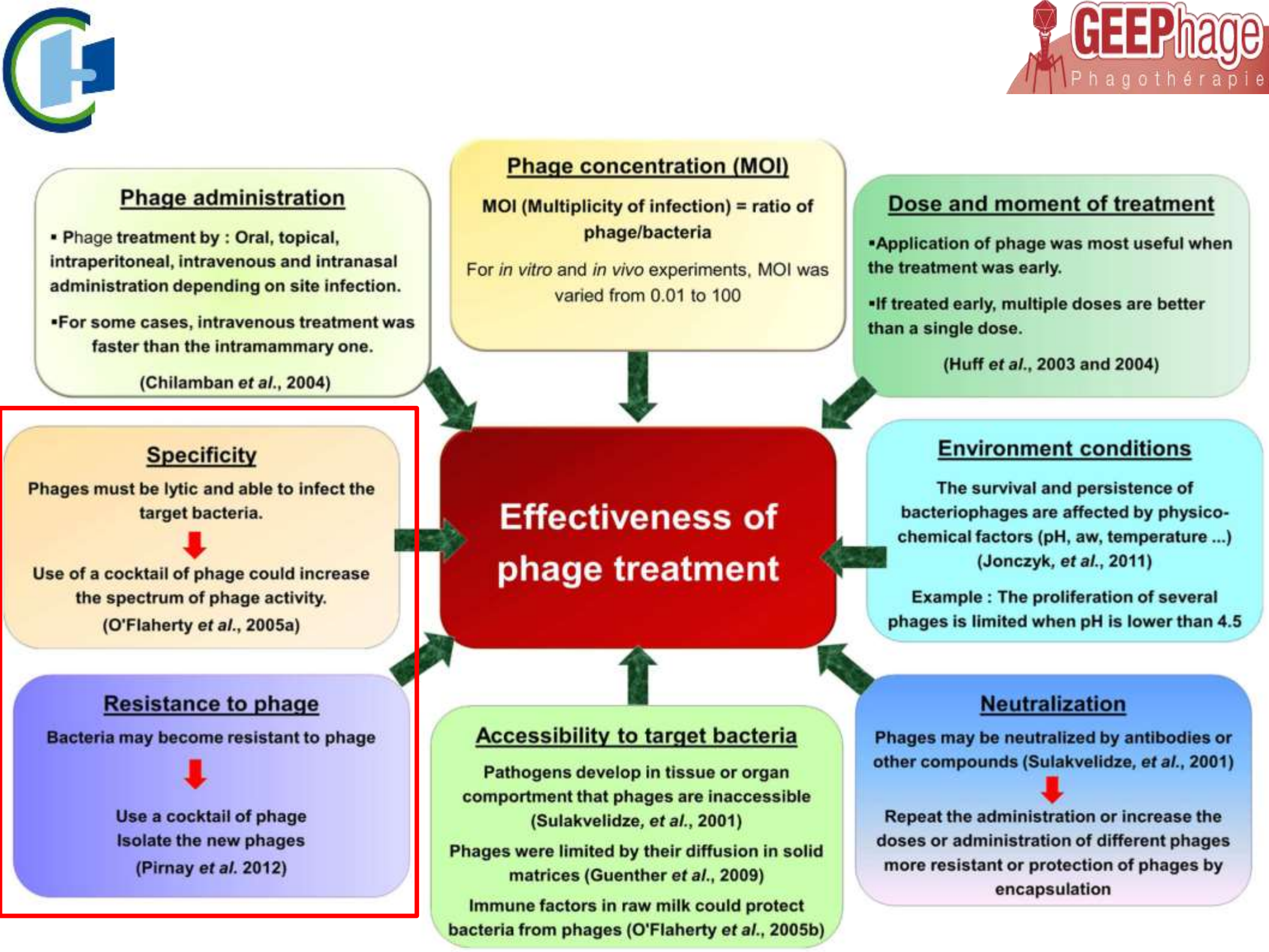
Elizabeth M. Ryan, Sean P. Gorman, Ryan F. Donnelly and Brendan F. Gilmore

School of Pharmacy, Queens University Belfast, Belfast, UK

JPP Journal of Pharmacy and Pharmacology

JPP 2011, ••: ••–••

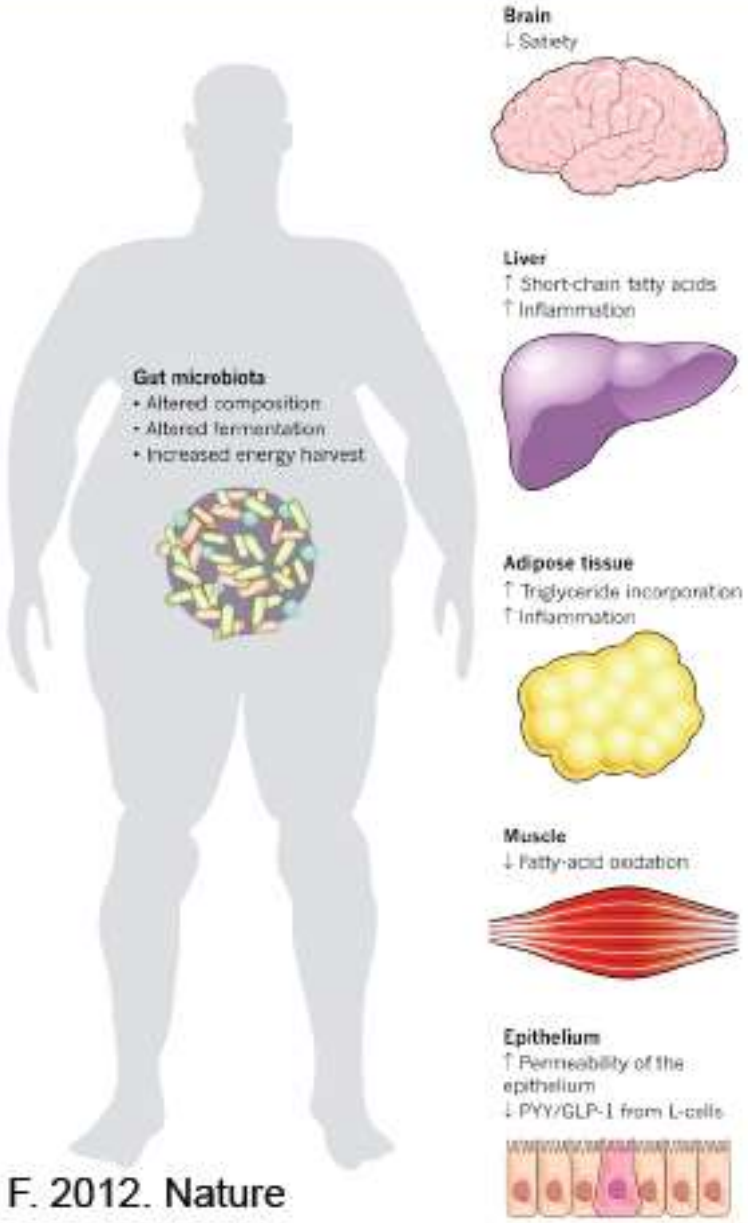
1. Parenteral delivery: intraveinous, intramuscular, intraperitoneal
2. Intrathecal
3. Respiratory : inhalation
4. Oral delivery
5. Intrarectal
6. Cutaneous
7. Intravésical


GEEPhage
Phagothérapie
Phage administration
▪ Phage treatment by : Oral, topical, intraperitoneal, intravenous and intranasal administration depending on site infection.
▪For some cases, intravenous treatment was faster than the intramammary one.
(Chilamban et al., 2004)
Phage concentration (MOI)
MOI (Multiplicity of infection) = ratio of phage/bacteria
For in vitro and in vivo experiments, MOI was varied from 0.01 to 100
Dose and moment of treatment
▪Application of phage was most useful when the treatment was early.
▪If treated early, multiple doses are better than a single dose.
(Huff et al., 2003 and 2004)
Specificity
Phages must be lytic and able to infect the target bacteria.
Use of a cocktail of phage could increase the spectrum of phage activity.
(O'Flaherty et al., 2005a)
Effectiveness of phage treatment
Environment conditions
The survival and persistence of bacteriophages are affected by physico-chemical factors (pH, aw, temperature ...) (Jonczyk, et al., 2011)
Example : The proliferation of several phages is limited when pH is lower than 4.5
Resistance to phage
Bacteria may become resistant to phage
Use a cocktail of phage
Isolate the new phages
(Pirnay et al. 2012)
Accessibility to target bacteria
Pathogens develop in tissue or organ comportment that phages are inaccessible (Sulakvelidze, et al., 2001)
Phages were limited by their diffusion in solid matrices (Guenther et al., 2009)
Immune factors in raw milk could protect bacteria from phages (O'Flaherty et al., 2005b)
Neutralization
Phages may be neutralized by antibodies or other compounds (Sulakvelidze, et al., 2001)
Repeat the administration or increase the doses or administration of different phages more resistant or protection of phages by encapsulation

La faible diversité du microbiote intestinal est caractéristique des maladies associées à une dysbiose

Maladie de Crohn	Mangin 2004, Manichanh 2006, Sokol 2008, De Crutz 2012, Docktor 2012
RCH	Lepage 2011
IBS	Carroll 2012, Durban 2012
Obésité	Le Chatelier unpublished; Cotillard unpublished
Type-2 diabète	Burcelin 2011
Type-1 diabète	Giongo 2011
Maladie coeliaque	Nadal et al., 2007; Collado et al., 2009
Allergie	Abrahamsson 2012, Hanski 2012, Russel 2012
Autisme	Finegold et al., 2002; Paracho et al., 2005
AAD *C.difficile*	Rea Mary 2012
Mucoviscidose	Han 2012

Microbiote intestinal, dysbiose et obésité



Tremaroli V & Bäckhed F. 2012. Nature

Collège de France
22 janvier 2014

Philippe J Sansonetti

Dysbiosis in inflammatory bowel disease: a role for bacteriophages?

MICI - Dysbiose

P Lepage,[1] J Colombet,[2] P Marteau,[3] T Sime-Ngando,[2] J Doré,[1] M Leclerc[1]

[1] Unité d'Ecologie et de Physiologie du Système Digestif, INRA, Domaine de Vilvert, Jouy en Josas cedex, France; [2] Laboratoire de Biologie des Protistes, UMR CNRS 6023, Université Blaise Pascal, Aubière cedex, France; [3] AP-HP, Hôpital Lariboisière, 2 rue A. Paré, Paris, France

Perte de bactéries immunorégulatrices

Emergence de bactéries plus agressives = pathobiotes

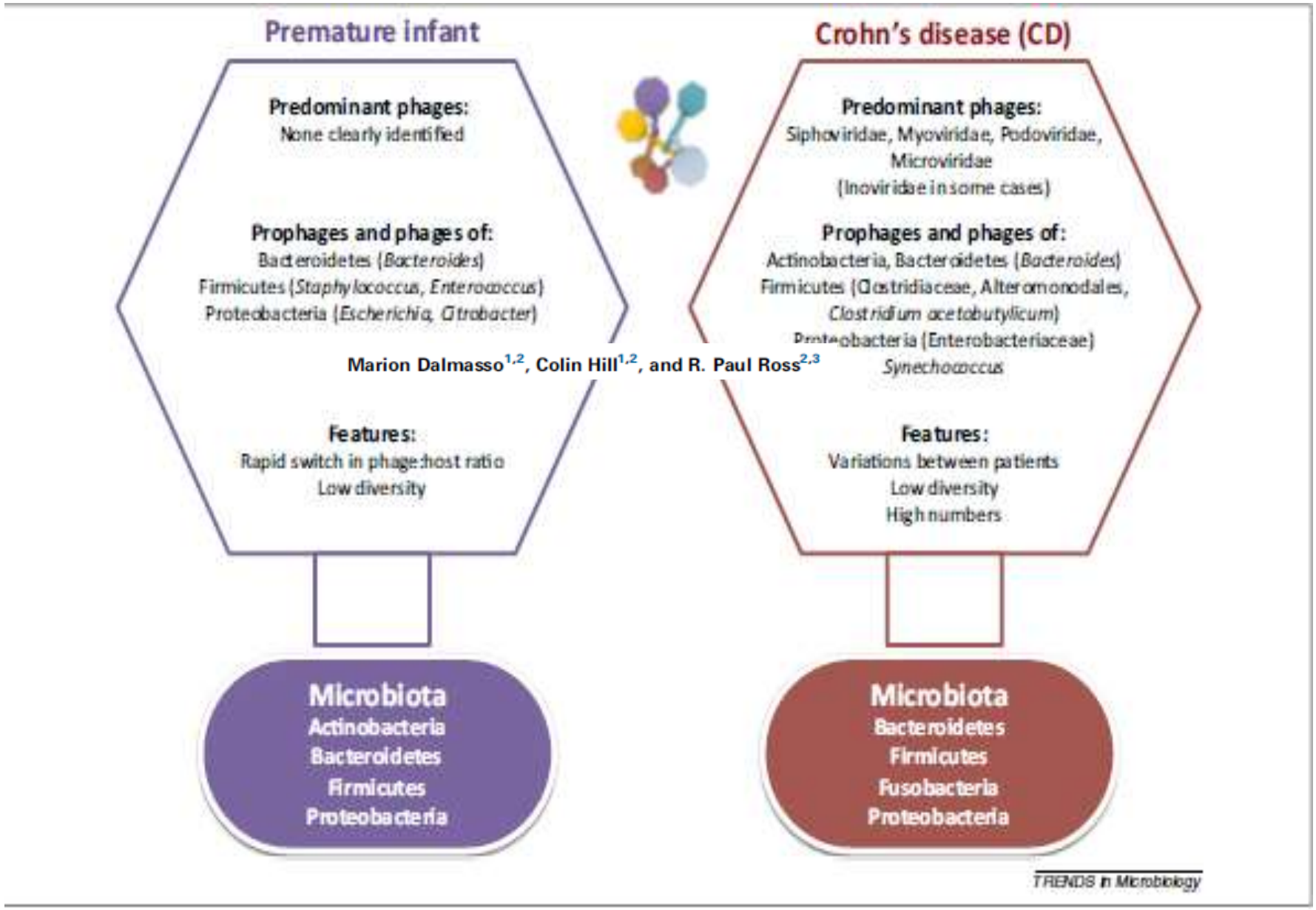
results, we postulate that bacteriophages might also play a key role in the dysregulated immune response of IBD patients to the mucosal-associated bacterial population.

Faecalibacterium prauznitzii
autres (cf tableau)

Protéobactéries (Entérobactéries)
AIEC...

Réduction de la diversité du microbiote du colon des malades atteints de MICI au site de l'inflammation

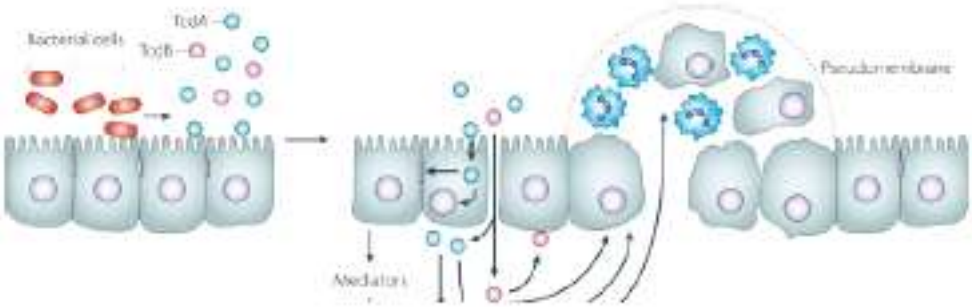
Réduction allant jusqu'à 50 % chez les patients atteints de Maladie de Crohn attribuée en partie à la perte de *Bacteroides, Eubacterium et Lactobacillus* (Ott SJ et al. 2003. Gut)

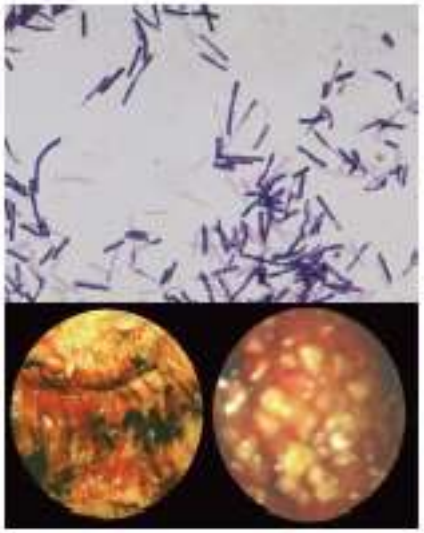


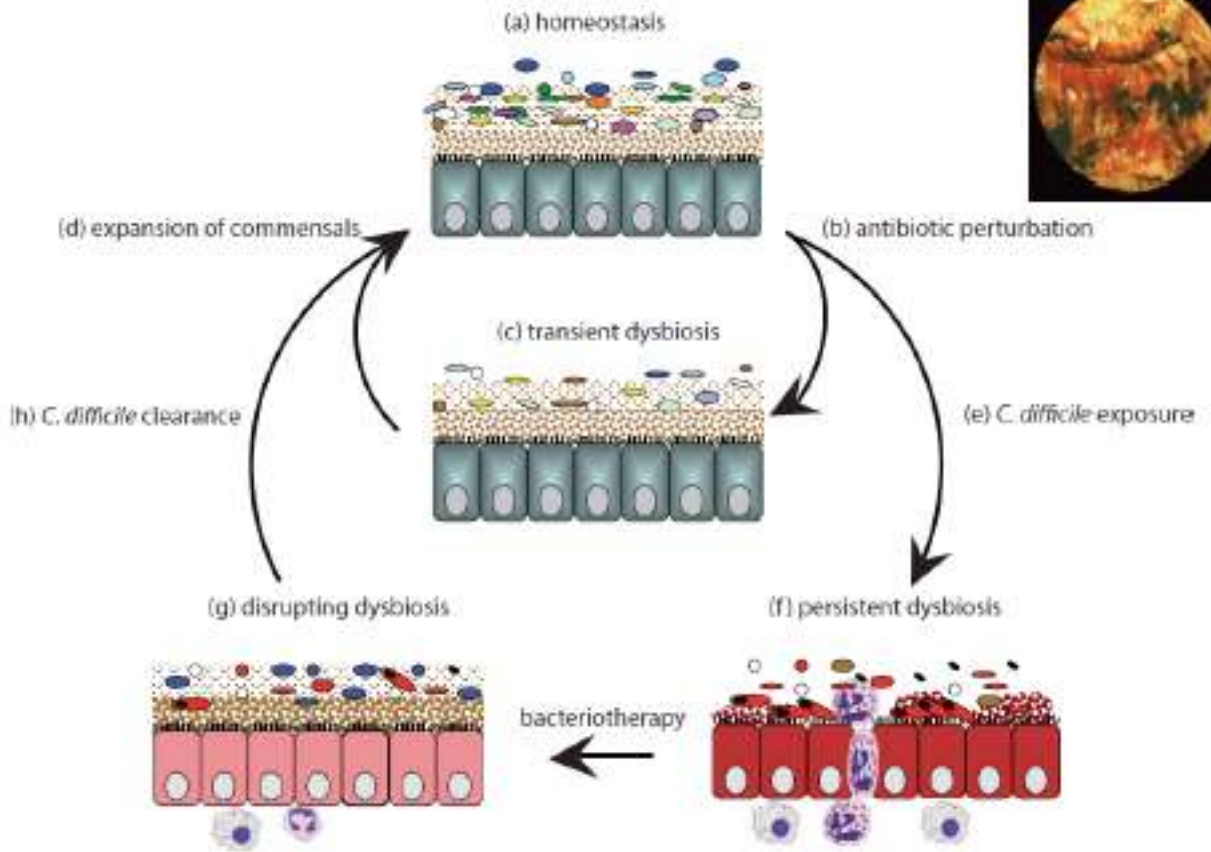
Marion Dalmasso[1,2], Colin Hill[1,2], and R. Paul Ross[2,3]

Marion Dalmasso[1,2], Colin Hill[1,2], and R. Paul Ross[2,3]

Clostridium difficile: inflammation intestinale/dysbiose







Les espoirs de la phagothérapie

SANTÉ | Les phages, des virus naturels pouvant combattre des bactéries, sont utilisés dans certains pays comme la Géorgie. En France, des essais cliniques sont prévus à l'automne

RAPHAËLLE BACQUÉ

Bactériophages T attaquant une bactérie « Escherichia coli ». Chaque phage est composé d'une tête contenant son ADN et d'une queue munie de fibres. Le phage injecte son ADN par ces fibres dans la cellule hôte, la transformant ainsi en machine à répliquer le virus.

A l'automne, des essais cliniques inédits devraient débuter au sein de sept hôpitaux de France, Belgique et Suisse sur les bactériophages, des virus naturels spécifiques des bactéries dont le potentiel médical a déjà fait ses preuves par le passé. Cette ancienne thérapie, dite phagothérapie, suscite de nouveaux espoirs en tant que traitement complémentaire des antibiotiques dans certaines infections à bactéries multirésistantes.

Il y a dix-huit mois, le docteur Alain Dublanchet, microbiologiste et ancien chef de service au centre hospitalier de Villeneuve-Saint-Georges (Val-de-Marne), fervent défenseur de la phagothérapie, se heurtait encore à de nombreux obstacles dans sa croisade pour la réintroduire en France, dans un cadre légal (supplément « Science & médecine » du 18 juin 2012).

A l'époque, la start-up française Pherecydes Pharma débutait les premiers tests précliniques de phages sur des modèles animaux. Les résultats sont depuis atteints d'une « très bonne efficacité des produits », explique Hélène Gabard, le PDG de Pherecydes Pharma. Avec le docteur Patrick Jault, responsable de l'unité des brûlés de l'hôpital Percy, à Clamart (Hauts-de-Seine), et le docteur François Ravat, chef de service du centre des brûlés du centre hospitalier Saint-Joseph – Saint-Luc (Lyon), ils ont alors monté un dossier pour répondre à un appel à projets européen.

Nommé Phagoburn, leur projet a été retenu au mois de juin 2013 par la Commission européenne. Un peu plus de 5,8 millions d'euros lui seront alloués. Phagoburn rassemble aussi bien des partenaires privés que publics et implique des hôpitaux civils comme militaires. Il va inclure 200 patients environ, nous l'avons déjà évoqué. Pherecydes Pharma mettra au point les cocktails de bactériophages, quant à la production, elle sera assurée par Cisac Celis, établissement pharmaceutique basé à Nantes. Deux produits thérapeutiques contre deux espèces bactériennes (coli fécal et pyocyanique) vont être testés sur les brûlures infectées. « Nous espérons en premier lieu montrer que les phages sont aussi efficaces que le traitement de référence, puis observer que la vitesse d'évolution des bactéries est plus grande », résume le docteur François Ravat.

Ce pas en avant vers l'obtention d'une autorisation de mise sur le marché, la phagothérapie le doit aussi aux politiques qui se sont emparés du sujet. La sénatrice Maryvonne Blondin a adressé une question orale à ce propos, en février 2013, à la ministre de la santé, Marisol Touraine. Elle y rappelait que « les scientifiques français avaient développé un savoir-faire reconnu dans ce domaine » et demandait « quelle place la France entend donner à la phagothérapie ». Le député européen Michèle Rivasi, elle, organisait une réunion sur la question au Parlement européen le 17 septembre 2013. Elle a également inscrit le sujet des phages dans le projet pilote de la commission « Horizon 2020 » et prévoit, en 2014, de présenter un rapport d'initiative spécifique sur la phagothérapie.

> « Les produits à base de phages répondront demain à la définition des médicaments biologiques »
>
> ALBAN DHUMEAU
> directeur adjoint de la direction des médicaments anti-infectieux à l'ANSM

Quid des industriels intéressés ? Si les phages ne sont pas brevetables car issus de la nature, tel que me l'a confirmé Hélène Gabard (Pherecydes Pharma) affirme que les cocktails, eux, le sont. « Avec Phagoburn, les industriels vont surtout tester leurs choux-fleurs », pense le docteur Ravat. Michèle Rivasi estime pour sa part que « les laboratoires pharmaceutiques ne sont pas intéressés et je vois d'autre solution que de développer la recherche publique ». Du côté de l'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM), la donne phagothérapie est désormais bien connue. Une réunion de travail sur le sujet aura lieu au cours du premier semestre, coordonnée par l'Agence européenne du médicament. Le statut des bactériophages semble clair : « Les produits à base de phages répondront demain à la définition des médicaments biologiques », explique Alban Dhumeau, directeur adjoint de la direction des médicaments anti-infectieux à l'ANSM.

La donne avance, mais l'utilisation des phages n'est pas encore possible en France. Jean-Marc Chatellier fait partie de ceux qui se sont confrontés à cette réalité. Suivi en neurochirurgie à la suite d'une dilatation des bronches et ayant contracté une infection résistante aux antibiotiques, il n'a pas obtenu d'autorisation pour utiliser des phages et il a été, par conséquent, opéré en urgence. « En Géorgie, la phagothérapie est toujours la référence. Elle est morte à 73 ans d'une complication de l'infection, en janvier 2013. Son fils regrette amèrement qu'elle n'ait pas pu tenter la phagothérapie en dernier recours.

De son côté, le docteur Dublanchet continue, avec d'autres médecins impliqués, à prendre en charge quelques patients – mais limite cette activité. Illégale. « Définir des protocoles pour encadrer l'usage de la phagothérapie » est devenu son cheval de bataille. « Il ne faut pas la laisser libre d'utilisation comme cela a été le cas pour l'antibiothérapie », tient-il en garde. Sa volonté est de faire reconnaître par le ministère de la santé le Centre français d'étude de la phagothérapie envisagé par le médecin. Il pourrait alors fédérer les centres d'autres pays afin d'aboutir à une réflexion commune et être habilité à constituer une banque de phages à usage thérapeutique.

Pour l'heure, l'un des points qui le chagrine encore est qu'il se révèle difficile de garantir la stabilité des cocktails de phages. Le docteur Ravat partage ce scepticisme. C'est pourtant bien un produit stable et prêt à l'emploi qui devra être présenté à l'Agence du médicament.

Tourisme médical en Géorgie

[illegible] qui, infectée par un staphylocoque doré, ne guérissait pas. Lorsque l'amputation a été envisagée, il s'y est refusé et a décidé de tenter le tout pour le tout : aller se faire soigner en Géorgie. Le traitement a fonctionné, et aujourd'hui la plaie est cicatrisée. Après cette aventure, M. Poetzsch a décidé de créer l'association Les phages du futur avec Corinne Gruenberg, journaliste qui s'est prise de passion pour le sujet. Au cours de voyages de trois semaines environ en Géorgie, ils ont rencontré des personnes qui, à cours de traitement efficace, voulaient essayer les phages comme dernier recours. « Pour ne pas les laisser partir sur un constat de carence », explique Corinne Gruenberg. Sur place, à Tbilissi, ils ont négocié les prix du séjour, organisé la logistique, trouvé un interprète. Début janvier, ils réaliseront leur troisième voyage.

Le Monde janvier 2014

NÉCESSITE D'UNE SURVEILLANCE ÉCOLOGIQUE

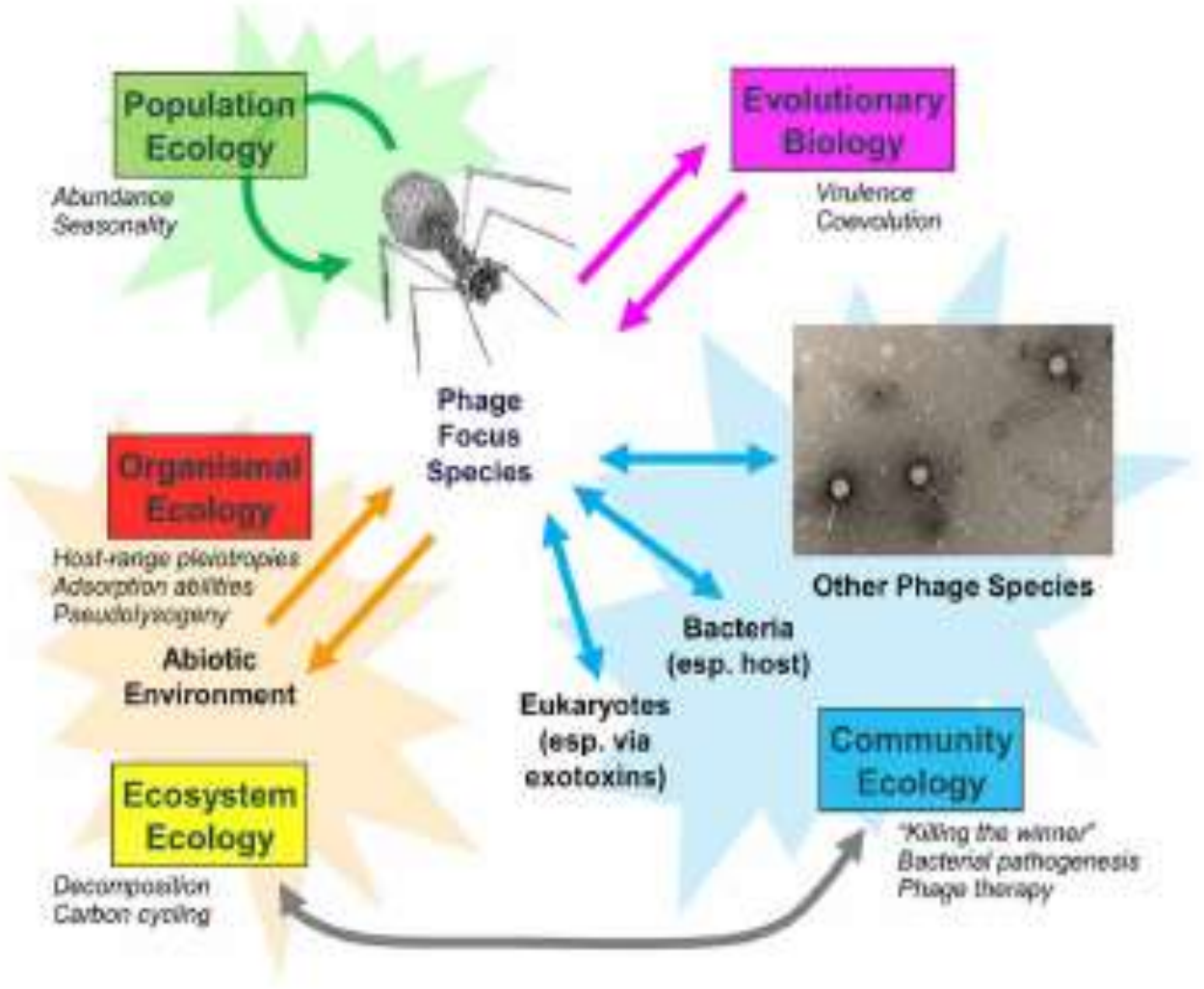


FIGURE 1 | Bacteriophage population, community, and ecosystem impacts. Examples of phage-associated changes are italicized. Adapted from Abedon (2009).