

# Biologie de l'activité lytique des extraits phagiques à Kinshasa : Dynamique de l'évolution temporo-spatiale.

## Biology of the lytic activity of phagic extracts in Kinshasa: time- space evolution dynamics.

Muanda Nsona Astrid<sup>1</sup>, Longo-Mbenza Benjamin<sup>1,2</sup>, Liesse Iyamba Jean-Marie<sup>1</sup>, Vawazola Victor<sup>1</sup>,  
Tsongo Kibendelwa Zacharie<sup>3</sup>, Wembenyama Okitosho Stanis<sup>4</sup>, Matondo Somo Christian<sup>2</sup>,  
Longo Maxime<sup>2</sup>

Pour citer cet article : Nsona AM, Longo-Mbenza B, Iyamba JML, Vawazola V, Tsongo ZK, Wembenyama SO, Matondo CS, Longo M. Biologie de l'activité lytique des extraits phagiques: revue systématique. Kivu Medical Journal 2024 ; 2(2), 1-8

Article reçu : 23-05-2024

Accepté : 10-10-2024

Publié : 15-10-2024

Publisher's Note: KMJ stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright : © 2024. Nsona AM et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

Correspondance :

Benjamin Longo-Mbenza

Faculté des sciences de la santé, LOMO  
University for Research,  
République Démocratique du Congo  
Courriel : [longombenza@gmail.com](mailto:longombenza@gmail.com)

- 1 Université de Kinshasa, Kinshasa, RD Congo
- 2 Lomo University of Research, Kinshasa, RD Congo
- 3 Université de Kisangani, Kisangani, RD Congo
- 4 Université de Lubumbashi, Lubumbashi, RD Congo

### Résumé

Introduction : Nombreuses maladies tirent leurs origines des bactéries retrouvées qui sont des êtres microscopiques pathogènes vivants dans les zones insalubres de la ville de Kinshasa. L'importance des bactériophages dans le traitement des infections bactériennes a été soulignée par la littérature.

L'objectif de ce travail est de mettre en évidence l'activité lytique des extraits phagiques, sur le tapis bactérien du *Staphylococcus aureus*, sur l'*Escherichia Coli* et le *Pseudomonas aeruginosa* ; à partir des égouts à l'Est et à l'Ouest de la ville province de Kinshasa.

Matériel et méthode : Il s'agit d'une étude prospective transversale à visée analytique ayant porté sur l'analyse des souches bactériennes acquises au laboratoire de microbiologie de la Faculté de pharmacie de l'Université de Kinshasa pendant deux ans soit entre 2021 et 2022. Ces études en RDC/Kinshasa est une innovation. Les analyses univariées et multivariées ont été effectuées et les corrélations avec comparaison des valeurs moyennes du diamètre de la zone de lyse ont été réalisés. Une valeur  $p < 0,005$  a été considérée comme étant significative.

Résultats : Au total trente-trois échantillons provenant de l'eau et de la fiente ont été évalués entre 2021 et 2022.

Ils existaient des proportions d'activité lytique plus élevées à l'Est qu'à l'Ouest de la ville de Kinshasa. Les proportions des moyennes de diamètre de la zone de lyse étaient respectivement plus élevées à l'Est qu'à l'Ouest de la ville de Kinshasa.

Les valeurs moyennes de diamètre de zone de lyse étaient maximales dans la commune de N'djili, très élevées dans la commune de Masina contre la proportion plus basse dans la commune de Lemba et Limette.

Les valeurs moyennes de diamètres de zone de lyse étaient supérieures dans le tapis bactérien *Pseudomonas aeruginosa* que celle du tapis bactérien d'*E. Colis* et du tapis bactérien de *Staphylococcus aureus*.

Il existait une association significative entre l'année 2022, les saisons pro inondantes, la commune de Masina, le tapis *Pseudomonas*, et les valeurs les plus élevées du diamètre de zone de lyse.

Conclusion : Nous avons trouvé qu'une association positive entre les sites de prélèvement, la commune, et l'année d'admission, le tapis bactérien, climat pro inondation et la zone Est de Kinshasa et l'activité lytique des phages. Ces résultats suscitent l'usage des phages comme alternatif thérapeutique dans la prise en charge des pathologies bactériennes.

Mot clé : Biologie, bacteriophage, climat, commune, ville de Kinshasa

### Abstract

Introduction : Many diseases originate from bacteria, which are microscopic pathogens living in unsanitary areas of the city of Kinshasa. The importance of bacteriophages in the treatment of bacterial infections has been highlighted in the literature. The aim of this study was to demonstrate the lytic activity of phage extracts on the bacterial mat of *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa*, from sewers in the east and west of the provincial city of Kinshasa.

Materials and method: This is a prospective cross-sectional study with an analytical aim, involving the analysis of bacterial strains acquired in the microbiology laboratory of the Faculty of Pharmacy at the University of Kinshasa over a two-year period between 2021 and 2022. These studies in DRC/Kinshasa are an innovation. Univariate and multivariate analyses were carried out, and correlations with comparisons of mean values of lysis zone diameter were performed. A  $p\text{-value} < 0.005$  was considered significant.

Results: A total of thirty-three samples from water and droppings were evaluated between 2021 and 2022.

Proportions of lytic activity were higher in the east than in the west of the city of Kinshasa. The proportions of mean lysis zone diameter were respectively higher in the east than in the west of the city of Kinshasa.

Mean lysis zone diameter values were highest in the commune of N'djili, very high in the commune of Masina and lowest in the communes of Lemba and Limette.

Mean lysis zone diameter values were higher in the *Pseudomonas aeruginosa* bacterial mat than in the *E. coli* bacterial mat and the *Staphylococcus aureus* bacterial mat. There was a significant association between the year 2022, the pro-flooding seasons, the commune of Masina, the *Pseudomonas* mat, and the highest values of lysis zone diameter.

Conclusion: We found a positive association between sampling sites, commune and year of admission, bacterial mat, pro-flooding climate and the eastern zone of Kinshasa, and phage lytic activity. These results suggest the use of phages as a therapeutic alternative in the management of bacterial pathologies.

Key word: Biology, bacteriophage, climate, commune, city of Kinshasa

## Introduction

La littérature a souligné l'importance de l'utilisation des phages dans le traitement des infections bactériennes. En effet, l'étymologie de phage signifie manger ou phage en grec. C'est pourquoi certains virus sont des bactériophages spécifiques découverts depuis 1917 [1,2]. Les connaissances scientifiques sont encore mal connues sur le cycle pseudolysogène, qui fonctionne comme un intermédiaire entre les cycles lytique et lysogène, fonctionnant avec latence [8-12]

Il est bien établi que les phages virus ubiquitaires interagissent avec certaines bactéries, provoquant la dysenterie et dépendant des systèmes de répllication procaryotes dans les rôles suivants : protéger les cellules eucaryotes des effets secondaires et de leur implication dans l'agression (virulence bactérienne et interface entre résistance bactérienne aux antibiotiques, sécurité alimentaire, et morbidité-mortalité [3-12]

La morphologie des phages, le génome, la classification, le cycle, les preuves liées à l'histoire biologique, le lexique, la taxonomie, la pharmacocinétique, la pharmacodynamique et la pharmacologie clinique.

La phagothérapie est l'un des traitements fondateurs du XXe siècle contre les bactéries [13-16]. Les bactériophages ciblent uniquement les bactéries pathogènes ou les cellules procaryotes, pas les autres cellules [17,43]. La phagothérapie est utilisée en thérapie et prophylaxie animale, humaine, ainsi que dans le domaine phytosanitaire [18-40] La résistance aux antimicrobiens est la résistance des bactéries aux effets des antibiotiques. Les bactéries développent des mécanismes de défense qui rendent les antibiotiques inefficaces. En conséquence, les maladies deviennent plus difficiles à traiter.

La résistance aux antimicrobiens est un phénomène mondial et l'OMS prévoit que d'ici 2050, il y aura 10 millions de décès dus à la résistance aux antimicrobiens. [42].

## Matériel et méthode

Il s'agit d'une étude prospective transversale à visée analytique ayant porté sur l'analyse des souches bactériennes acquises au laboratoire de microbiologie de la Faculté de pharmacie de l'Université de Kinshasa pendant deux ans soit entre 2021 et 2022.

Les échantillons ont été prélevés très tôt le matin, avant le lever du soleil, dans les endroits où les eaux sont censées être les plus sales car les phages cohabitent avec leurs hôtes bactériens [3,7]. Les prélèvements ont été effectués en deux temps. Dans un premier temps, trois échantillons d'eau ont été prélevés à trois endroits différents :

Prélèvement aléatoire sur le site d'étude, notamment à N'djili rivière à proximité de l'égout à 30 cm de la sortie de l'abattoir public de la commune de Masina, de la place, à 50 cm en aval de la sortie de l'égout de Masina, et à 50 cm en amont de l'égout venant de l'abattoir de la commune de Masina. Un prélèvement d'eau a été effectué dans un égout jouxtant les champs des maraîchers dans le quartier 8 de la ville de N'djili. Un échantillon d'eau a été prélevé dans les égouts des caniveaux du District 8 de N'djili à Maba Avenue Maba dans la commune de N'djili et un échantillon d'eau a été prélevé dans les égouts d'un grand caniveau sur la route des poids lourds à proximité de l'arrêt BAT dans la commune de Lemba. Dans un deuxième temps, trois échantillons d'eau ont également été prélevés, dans les égouts du grand Kingabwa caniveau qui s'écoule vers les rizières Paddy de la commune de les prélèvements des échantillons biologiques a été fait chez le canard et chez la vache. Une crotte de canard provenant d'un élevage de canards domestiques de la commune de Lemba et un échantillon de bouse de vache de l'abattoir de Masina ont été pris aux heures matinales dans un écouvillon et gardé au laboratoire par un transport clos.

Les manipulations ont été réalisées au laboratoire d'agronomie. Pour les échantillons d'eaux usées, 500 ml sont prélevés de manière aseptique avec des gants stériles, à l'aide de flacons stériles, à une profondeur de trente centimètres. Un espace laissé à l'extrémité des flacons pour respirer puis les fermer hermétiquement. Pour les échantillons de crottes de canard et de bouse de vache : vingt grammes sont prélevés avec une spatule stérile et conditionnés dans des sachets stériles.

Pour le transport, les échantillons conservés dans une glacière avec des glaçons stériles sont envoyés deux heures plus tard au laboratoire de la faculté des sciences agronomiques de l'Université de Kinshasa et conservés au réfrigérateur. Les échantillons d'eau ont été

centrifugés à 4 500 tours par minute à 4°C. (réf) puis filtré sur membrane de porosité 0,45 micromètre de diamètre ; 5 g de bouse de vache et de crottes de canard ont été mélangés à 45 ml d'eau stérile 18. Le mélange obtenu a été soumis à agitation pendant environ 3 heures, puis centrifugé et filtré . Les filtrats obtenus ont été conservés à 4°C. Le milieu de culture lysogeny Broth ou bouillon lysogène(LB) a été utilisé car étant un milieu de culture nutritif non sélectif. Ce milieu a été complété par des antibiotiques afin de le rendre sélectif. Ceci permettant la culture sélective d'E. Coli recombinants résistants à cet antibiotique [41] À chaque série de 10 ml de chaque filtrat, ont été ajoutés respectivement 10 ml de bouillon LB et 2 ml de chacune des trois souches bactériennes [35]. Après 24 heures d'incubation à 37°C, 1 % (volume/volume) de chloroforme a été ajouté dans chacun des tubes à essai contenant les différentes préparations, qui ont ensuite été laissés 30 minutes à température ambiante. Chaque préparation a été centrifugée à 4 500 tours par minute à 4°C. puis filtré sur membrane de porosité 0,45 micromètres. Les différents filtrats obtenus ont été conservés au frais (0-4°C) [36] Les analyses univariée et multivariée ont été effectuées sur les variables trouvées et les corrélations avec comparaison des valeurs moyennes du diamètre de la zone de lyse ont été réalisés. Une valeur  $p < 0,005$  a été considérée comme étant significative

**Résultats**

**Selon l'Année**

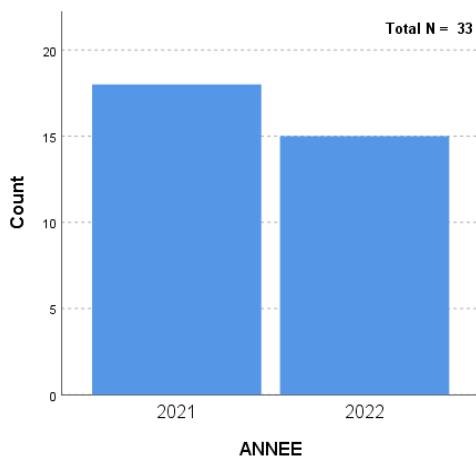


Figure 1: Résultats des échantillons selon les années de prélèvement

Les échantillons ont été respectivement examinés en 2021 (54,5% n=18) et en 2022 (45,5% n=15).

**Le climat local de Kinshasa**

Ainsi le climat local de Kinshasa comprenait. Climat pro inondation : Janvier à Mars, et Octobre à Décembre avec 18 échantillons contre le climat sans inondation (Avril, Mai, Juin – Septembre) avec 15 échantillons.

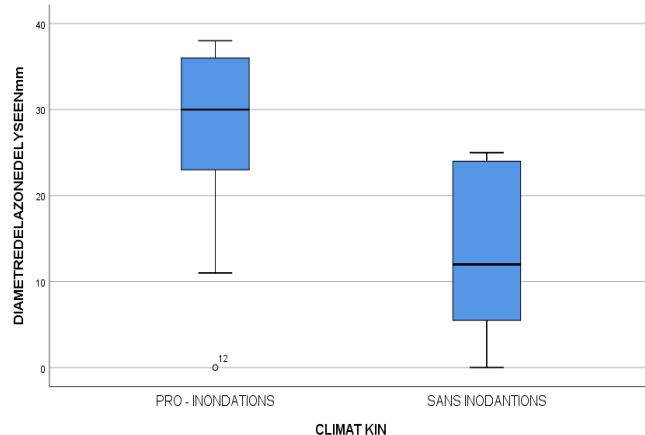


Figure 2: Evaluation des échantillons selon le climat local de Kinshasa

Le climat local de Kinshasa a été défini par des inondation (pluie entre le 20 septembre au 30 décembre 2021 et 2022 et sans inondation entre le mois de janvier et Aout 2021et 2022)

**Commune**

Les échantillons provenaient plus de la commune de Limete (45,5% n=15) et de la commune de Masina (36,4% n=12) que ceux provenant de la Commune de N'djili (9,1% n=3) et de Lemba (9,1% n=3).

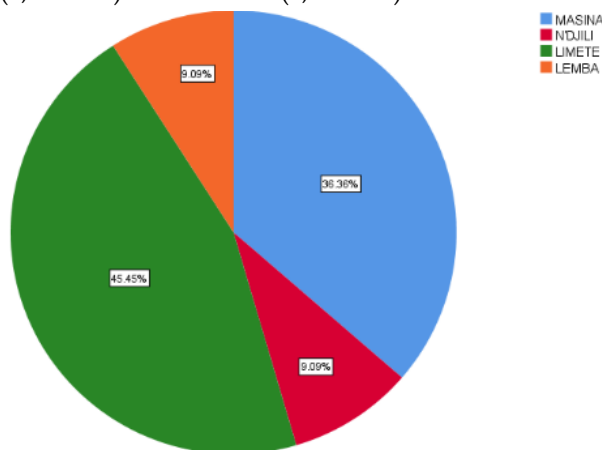


Figure 3: Evaluation des échantillons selon les Communes

Ainsi la commune de Limete faisant partie de la district de Tshangu dans la zone Est peuplée et polluant avec

15échantillons contre la zone Ouest moins surpeuplée / urbanisation mais polluant avec (RHO =0,759 ; P<0,001)

**Site de prélèvement**

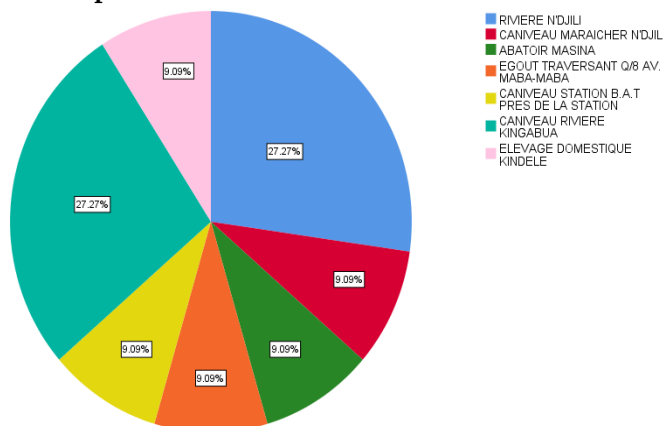


Figure 4: site de prélèvement des échantillons  
Quant aux sites de prélèvement les échantillons étaient disséminés à travers la rivière N’djili (27,3% n=9), caniveau maraicher N’djili (9,1% n=3), abattoir de Masina (9,1% n=3), égout traversant le quartier 8 avenue Maba-Maba (9,1% n=3). Caniveau station BAT près de la station (9,1% n=3), Caniveau rivière Kingabwa (27,3% n=9), Elevage domestique Kindele (9,1% n=3)

**Kinshasa Géo spatiale**

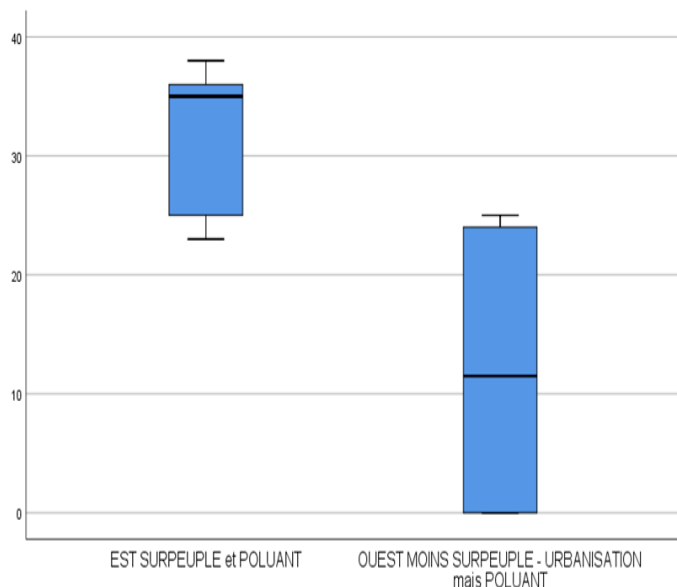


Figure 5: Evaluation des moyennes des diamètres de zone de lyse selon Kin Géo spatiale Interprétation de l’imageLa valeur moyenne du diamètre de la zone de lyse était significativement plus élevée (P=0,012) dans la zone Est et surpeuplée (moyenne égale 31,3±6,1mm que celle noté dans la zone Ouest moins surpeuplée et urbanisée moyenne = 11,2±10mm

**Caractéristique bactériologique**

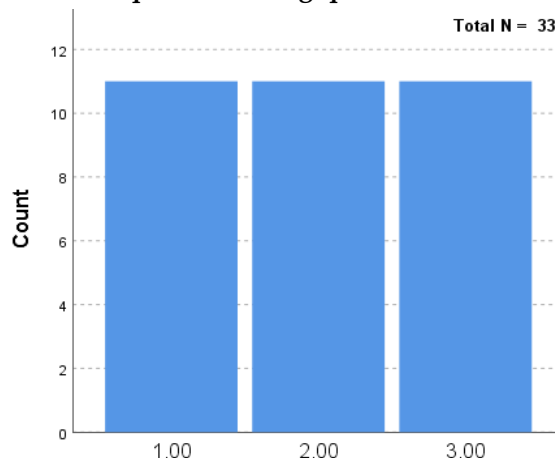


Figure 6: Tapis bactérien  
Les tapis bactériens étaient équitables selon, Staphylococcus aureus (n=11), Escherichia coli (n=11) et Pseudomonas aeruginosa (n=11) (Figure 15).

**Activité lytique des phages**

Plus de la moitié des échantillons étaient étiquetés d’activité lytique des phages positive (54,5% n=18) contre (45,5% n=15) d’échantillons caractérisé négatives

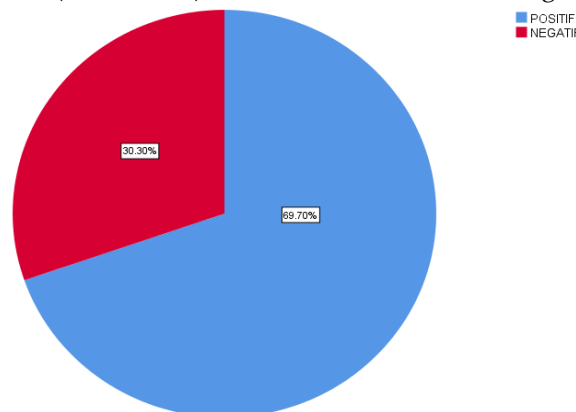


Figure 7: Activité lytique des phages  
**Comparaison des proportions d’activité lytique des phages**

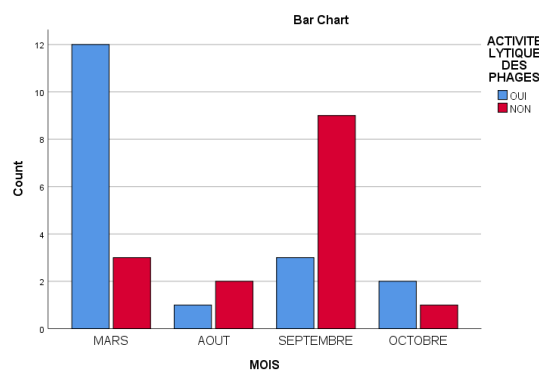


Figure 8: Activité lytique des phages selon les mois

Il existait une variation de proportion d'activité lytique inégale mais significative chi carré de tendance ( $P=0,012$ ) entre le Mois de : Mars (80%  $n=12$ ), Aout (33,3%  $n=1$ ), Septembre (25%  $n=3$ ) et d'Octobre (66,7%  $n=2$ ) (Figure18).

## Discussion

Cette discussion rappelle l'objet de la présente étude mettant en évidence l'activité lytique des extraits phagiques dans la ville province de Kinshasa.

Les prélèvements des échantillons avaient eu lieu après l'avènement de la pandémie Covid19, 2021 et 2022.

Les proportions de l'ordre de 55% au cours de l'année pandémie Covid19, 2021 était similaire à celle de 46% notée au cours de la pandémie Covid19, 2022, en rapport de leurs ratio égale à 1.

En effet, les flambées ou épisode au cours de la Nina 2021-2022, se prolongent vers la sècheresse et l'inondation. Janvier- Février sècheresse qui en outre, est et bien établi que les phages régulent la population bactérienne et jouent un rôle important sur le climat [34,37-41] Et en considérant le climat local de Kinshasa il existait une variabilité discrèpante des proportions des échantillons relatifs au bactériophage sur les prélèvements durant la saison sèche et la saison de pluies (mois de mars 2022 et Aout, Septembre et Octobre de 2021) par rapport aux proportions de la saison des pluies (mois d'octobre 2021 et pendant la saison sèche mois d'Aout 2021 dans la présente étude. De même que Martineau Annie dans sa thèse sur l'isolement des phages à partir des égouts, a trouvé que la détection des phages est aléatoire. Les phages ne sont pas détectés dans tous les échantillons, et ne sont pas toujours détectés à partir des mêmes bactéries. Il y a des essaies pour lequel aucun phage n'a été détecté.

Comme nous l'avons aussi constaté les phages de *Pseudomonas* ont été le plus facile à détecter

Tigris River, Baghdad et al ont aussi isolé les phages contre les Écolos à partir des échantillons d'eau de rivière Tigre à Bagdad ces E-colis phages avaient démontrés une forte activité lytique contre les bactéries multi résistantes [39-42]. A Bangladesh les chercheurs ont isolé les phages E colis à partir des selles diarrhéiques des enfants. Ils ont pu isoler les phages de E-colis mais avec des taux de concentrations très faibles chez des enfants

convalescents. Il n'y avait pas de grande différence avec des pays où le standard d'hygiène est élevé. la survie des E-colis serait faible pendant la sècheresse dans l'environnement. [41]

Certains chercheurs ont aussi isolé les phages contre le Staphylocoque clinique isolé des pieds diabétiques en utilisant aussi les eaux des égouts. ils sont même aller plus loin jusqu'à faire le génome et l'observation au microscope électronique. [44]

## Conclusion

La présente étude a montré une ampleur d'allure épidémique de l'activité lytique des phages provenant des égouts débouchant sur la rivière Ndjili à l'Est de la ville province de Kinshasa, RDC. Les Phénomènes El Nino, l'Ecosystème surpeuplée et pollué sont les facteurs importants dans l'évolution de l'activité lytique des phages.

Les résultats de la présente étude auront des implications dans la Biologie Moléculaire, l'Ecologie et la Santé publique comme proposé par la littérature.

## Contributions des auteurs

Tous les auteurs ont contribué activement à cette recherche.

## Conflit d'intérêt : Aucun

## Références

1. Marie Gonthier, Laurent Debarbieux, Laurent Debarbieux. Planète-Vie. Les bactériophages, 18 juillet 2023.
2. Abedon ST, Kuhl SJ, Blasdel BG, Kutter EM. Traitement phagique des infections humaines. Bactériophage. mars 2011;1(2):66-85.
3. Ansaldi M, Boulanger P, Brives C, Debarbieux L, Dufour N, Froissart R « et al. ». Un siècle de recherche sur les bactériophages. Virologie. février 2018;24(1):9-22.
4. Dublanchet A, Patey O. La phagothérapie. La lettre de l'infectiologue. juillet 2015;(4):142-8.
5. WC d'été. L'étrange histoire de la phagothérapie. Bactériophage. 1 avril 2012;2(2):130-3.
6. D'Herelle F. Sur un microbe invisible antagoniste des bacilles dysentériques : brève note de M. F.

- D'Herelle, présentée par M. Roux. 2007;158(7):553-4.
7. Kasman L.M. Bactériophages. Dans : StatPearls [Internet]. Île au trésor (FL) : StatPearls Publishing ; 2023 [cité 14 juin 2023]. Disponible sur : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK493185/>
  8. Preux O. Assemblage et maturation de la capsid du bactériophage T5 :analyse des processus d'expansion et de décoration [Internet] [Thèmes de doctorat]. Paris 11 ; 2013 [cité 18 juillet 2023]. Disponible sur : <https://www.theses.fr/2013PA114803>
  9. Matti RA, Rufino MC, Hirigoyen U, Mazenod É, Seuzaret G. Un bactériophage exploite le système de communication de son hôte bactérien pour entrer en cycle lytique. *Med Sci (Paris)*. 1er novembre 2020;36(11):1078-80.
  10. Canchaya, Carlos, Ghislain Fournous, Sandra Chibani-Chennoufi, Marie Lise Dillmann et Harald Brüssow. Les phages comme agents de transfert latéral de gènes. *Opinion actuelle en microbiologie* 6, no 4 (août 2003) : 417-24. [https://doi.org/10.1016/s1369-5274\(03\)00086-9](https://doi.org/10.1016/s1369-5274(03)00086-9).
  11. Allard, Lucie. Le bactériophage au service de notre santé : phagothérapie, production d'anticorps monoclonaux thérapeutiques par Phage display et utilisation diagnostique en tant que détecteur de bactéries, 6 juillet 2020,90.
  12. Alizée Breton. La phagothérapie orale - PDF Téléchargement Gratuit Consulté le 19 juillet 2023. <https://docplayer.fr/161896004-La-phagotherapie-orale.html>.
  13. Graham F. Génomique des bactériophages. *Opinion actuelle en microbiologie* 11, n o 5 (octobre 2008) : 447-53. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2008.09.004>.
  14. Dublanchet A, Fruciano E, Brève histoire de la phagothérapie *Médecine et maladies infectieuses*. 2008 ; 38 : 415-20. (Pub Med)
  15. N. Dufour et Laurent Debarbieux : Phagothérapie une arme crédible face à l'antibiorésistance *Med* [http://www.ipubli.inserm.fr/bistream/handle/10608/9179/MSéà&èà"&à;HTML,sequence=16&est\\_authorized=y](http://www.ipubli.inserm.fr/bistream/handle/10608/9179/MSéà&èà) *Sci(Paris)*.33(4) :410-416
  16. Patricia Thelliez. La phagothérapie : la renaissance d'un vieux traitement ? VIDAL.. <https://www.vidal.fr/actualites/24064-la-phagotherapie-la-renaissance-d-un-vieux-traitement.html> . Consulté le 2 août 2023
  17. N. Dufour et coli, traitement des colipneumonies pathogènes extra-intestinales très virulentes à *Escherichia colipneumonie* par des bactériophages. *crit care med*, édition en ligne du 23 mars 2014
  18. Ravat, F., P. Jault, et J. Gabard. Bactériophages et phagothérapie : utilisation de virus naturels pour traiter les infections bactériennes . *Annals of Burns and Fire Disasters* 28, no 1 (31 mars 2015) : 13-20.
  19. Latka, Agnieszka, Barbara Maciejewska, Grazyna Majkowska-Skrobek, Yves Briers et Zuzanna Drulis-Kawa. Enzymes associées aux virions codées par les bactériophages pour surmonter les barrières glucidiques pendant le processus d'infection . *Microbiologie appliquée et biotechnologie* 101, n o 8 (2017) : 3103-19. <https://doi.org/10.1007/s00253-017-8224-6>.
  20. Allard, Lucie. Le bactériophage au service de notre santé : phagothérapie, production d'anticorps monoclonaux thérapeutiques par Phage display et utilisation diagnostique en tant que détecteur de bactéries, 6 juillet 2020, 90.
  21. Mme Emeline Vernhes, thèses de doctorat 30 novembre, 2016. Université Paris Saclay, Maturation de la Capside du Bactériophage T5 Etude structurale et fonctionnelle de la protéine de décoration pb 10
  22. MUYLAERT,A., MINIL JG 2012 .Résistance bactérienne aux antibiotiques : les mécanismes et leur contagiosité 2012\_156\_2\_04.pdf. Consulté le 1 août 2023. [http://www.facmv.ulg.ac.be/amv/articles/2012\\_156\\_2\\_04.pdf](http://www.facmv.ulg.ac.be/amv/articles/2012_156_2_04.pdf)
  23. Résistance aux antimicrobiens. Consulté le 1 août 2023. <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobien-resistance>.
  24. Bobay, Louis-Marie. L'évolution des phages tempérés d'entérobactéries. *Biologie cellulaire*. Université Pierre et Marie Curie-Paris vi,2014. Français. (NNT :2014PA066154).(tél -01077952)
  25. Matti, Rasha Alqs, Miguel Camacho Rufino, Ugo Hirigoyen, Éliisa Mazenod et Guillaume Seuzaret. Un bactériophage exploite le système de

- communication de son hôte bactérien pour entrer en cycle lytique. *médecine/sciences* 36, n o 11 (1er novembre 2020) : 1078 80. <https://doi.org/10.1051/medsci/2020215> .
26. Benech, Nicolas, Lorenzo Chaffringeon, Thomas Briot, Camille Kolenda, Fabrice Pirot, Frédéric Laurent et Tristan Ferry. Les virus au service de la santé : les bactériophages. *médecine/sciences* 38, n o 12 (1 décembre 2022) : 1043 51. <https://doi.org/10.1051/medsci/2022169> .
27. Biquand, Ariane. Les infections à *Pseudomonas aeruginosa* et leurs traitements : THÈSE D'EXERCICE / UNIVERSITÉ DE RENNES l'Université Bretagne en 2017
28. Jode, Mathieu De et Laurent Debarbieux. *Pseudomonas aeruginosa* utilise ses bactériophages filamenteux pour manipuler la réponse immunitaire. *médecine/sciences* 35, n o 11 (1er novembre 2019) : 828 30..
29. Vanessa Magin. Exploitation du potentiel des bactériophages dans le traitement des surfaces en contact avec l'eau, contaminées par un biofilm de *P. aeruginosa*. Ingénierie de l'environnement. École nationale supérieure Mines-Télécom Atlantique, 2019. Français. NNT : 2019IMTA046.
30. Popescu, Medeea, Jonas D. Van Belleghem, Arya Khosravi et Paul L. Bollyky. Bactériophages et système immunitaire. *Revue annuelle de virologie* 8, no 1 (2021) : 415 35.
31. Goulart, LR, de S. Santos, P. (2016). Stratégies de conception de vaccins utilisant des peptides dérivés de Phage Display. Dans : Thomas, S. (éd.) *Vaccine Design. Méthodes en biologie moléculaire*, vol 1404. Humana, New York, NY. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3389-1\\_28](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3389-1_28)
32. Bacteriophage P100 for control of *Listeria monocytogenes* in foods: genome sequence, bioinformatic analyses, oral toxicity study, and application
33. Regul. Toxicol. Pharmacol. X. Chang et al. Determination of antibiotics in sewage from hospitals, nursery and slaughter house, wastewater treatment plant and source water in Chongqing region of Three Gorge Reservoir in China, 2005.
34. Environ Y. Titilawo et al. Antimicrobial resistance determinants of *Escherichia coli* isolates recovered from some rivers in Osun State, South-Western Nigeria: implications for public health, 2015.
35. Bourdin, Gilles, Bertrand Schmitt, Laure Marvin Guy, Jacques-Edouard Germond, Sophie Zuber, Lise Michot, Gloria Reuteler, et Harald Brüssow. « Amplification and Purification of T4-Like *Escherichia coli* Phages for Phage Therapy: From Laboratory to Pilot Scale ». *Applied and Environmental Microbiology* 80, no 4 (février 2014): 1469. <https://doi.org/10.1128/AEM.03357-13>.
36. Javier M, Ana A, Ana I, Julian L, Belen M, Maria LT, Juan Jofre, Francisco Lucena ; Standardised evaluation of performance of a simple membrane filtration –elution methode to concentrate bacteriophages from drinking water, 2003.
37. Thèse Fr Julia Gendre, caractérisation de l'impact des bactériophages sur la, 3 janvier 2022).
38. Thèse. Fr Julia Gendre, caractérisation de l'impact des bactériophages sur la, 3 janvier 2022). Gendre, Julia. « Caractérisation de l'impact des bactériophages sur la conduite de fermentations alimentaires ». These en préparation, université Paris-Saclay, 2022. <https://www.theses.fr/s307984>.
39. Tigris River, Baghdad,. Isolation and purification of *Escherichia coli* bacteriophage " Iraq. Disponible : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2452014420300054> from – ScienceDirect
40. INRAE. Des virus bactériens, auxiliaires de santé animale "Résistance aux antibiotiques" <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/antibiotic-resistance>
41. Isolation of *Escherichia coli* Bacteriophages from the Stool of Pediatric Diarrhea Patients in Bangladesh - PMC" <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC532420/>
42. Résistance aux antibiotiques" *Staphylococcus aureus* et infection du pied diabétique <https://theses.hal.science/tel-0298660>. <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/antibiotic-resistance>