

LES « AMIS » QUI AIDENT DES BACTÉRIES DANGEREUSES À PÉNÉTRER DANS TA SALADE

Megan H. Dixon^{1,2}, Victoria L. Harrod^{1,3,4}, Russell L. Groves⁴ et Jeri D. Barak^{1*}

¹Département de pathologie végétale, Barak Lab, Université du Wisconsin à Madison, Madison, WI, États Unis

²Programme doctoral de microbiologie, Université du Wisconsin-Madison, Madison, WI, États Unis

³Département d'entomologie, Laboratoire Groves, Université du Wisconsin à Madison, Madison, WI, États Unis

⁴Département d'entomologie, Université du Wisconsin à Madison, Madison, WI, États Unis

Salmonella enterica est une bactérie qui peut nous provoquer des vomissements et des diarrhées. Normalement, cette espèce de salmonelles meurt lorsqu'elle se trouve à la surface des feuilles de plantes saines. C'est compter sans ses « amis » qui peuvent l'aider à survivre. Les insectes phytophages (qui se nourrissent de plantes) et les bactéries responsables de maladies des plantes peuvent en effet aider les salmonelles dangereuses à atteindre de nouveaux endroits où elles trouvent de nouvelles sources de nourriture. Les insectes phytophages peuvent aussi transporter les salmonelles d'une plante à l'autre et leur fournir de précieux nutriments par leurs excréments. Les bactéries de la plante (phytobactéries) peuvent aussi aider à rendre les feuilles malades, en créant un environnement qui aide les salmonelles à pénétrer dans la feuille, les protège et leur fournit des nutriments. La présence simultanée de salmonelles et d'insectes ou de phytobactéries sur les cultures est une recette parfaite pour que nous aussi nous

tombions malades à cause de fruits ou de légumes frais contaminés.

QU'EST-CE QU'UN AGENT PATHOGÈNE D'ORIGINE ALIMENTAIRE ?

As-tu déjà été très, très malade en mangeant des aliments ? Si tu as eu des vomissements, des douleurs d'estomac et des diarrhées, il est probable que tu as souffert d'une **infection alimentaire**. Les agents **pathogènes** d'origine alimentaire sont des **micro-organismes** qui, en contaminant les aliments, nous rendent malade. Bien sûr tous les micro-organismes ne sont pas nocifs. De nombreux micro-organismes, en particulier certaines bactéries présentes dans notre corps, sont inoffensifs et même nécessaires à notre santé. Cependant, d'autres bactéries peuvent nous rendre malade. Dans cet article, nous nous concentrons sur une bactérie appelée *Salmonella enterica* qui provoque une infection intestinale appelée **gastro-entérite**. Plusieurs agents pathogènes d'origine alimentaire peuvent provoquer une gastro-entérite ; la maladie causée par des salmonelles est appelée salmonellose.

Comment les salmonelles se retrouvent-elles dans les aliments que nous consommons ? Les salmonelles vivent généralement dans l'intestin d'animaux comme les vaches, les porcs et les poulets. Contrairement à nous, les salmonelles ne rendent pas malade ces animaux. Les salmonelles de l'intestin des animaux peuvent être transférées à des parties que nous mangeons, telles que la viande des hamburgers, les côtelettes de porc et les œufs. La plupart des gens ont conscience du risque de salmonellose dans les produits d'origine animale. Par contre, ils ne savent pas qu'il est devenu aujourd'hui fréquent de contracter des infections alimentaires à partir de produits frais tels que les tomates, les graines germées et les légumes verts à feuilles [1]. Des produits comme les tomates sont cultivés dans de grands champs, où des salmonelles peuvent exister naturellement dans l'environnement. Toutes les étapes entre le champ et ton assiette (la culture dans le champ, la récolte, la transformation des aliments et la préparation des repas) peuvent être des occasions pour les salmonelles de se retrouver dans tes aliments. Dans les pires situations, les salmonelles provoquent de grandes **épidémies** de salmonellose. Mais comment les salmonelles arrivent-elles dans les champs où sont cultivés et récoltés nos produits frais ?

Les salmonelles peuvent vivre dans de nombreux endroits ; elles sont naturellement présentes dans l'eau et le sol et peuvent rester dans l'environnement pendant de longues périodes. Les salmonelles quittent l'intestin d'un animal par ses excréments et peuvent ensuite être transportées par l'eau jusqu'à nos cultures. L'eau d'irrigation contaminée (l'eau utilisée pour arroser les plantes) a été associée à des épidémies d'infections alimentaires [2]. L'eau d'arrosage peut être pulvérisée ou éclaboussée sur les feuilles ou sur les fruits, déposant des salmonelles sur les plantes. Les salmonelles ont alors des difficultés pour survivre, mais elles ont des "amis" qui les aident à faire face à cette situation.

INFECTION ALIMENTAIRE.

Maladie causée par la consommation d'aliments contaminés par un agent pathogène.

PATHOGÈNE.

Micro-organisme qui rend malade son hôte ; différents types de pathogènes peuvent causer des dommages aux humains, aux autres animaux et aux plantes.

MICRO-ORGANISME.

Minuscule organisme tel que les bactéries, certains champignons, les archées et les virus qui ne peut être observé qu'à l'aide d'un microscope.

GASTRO-ENTÉRITE.

Maladie de l'estomac et des intestins caractérisée par des vomissements et des diarrhées, pouvant être causée par des bactéries et des virus d'origine alimentaire.

ÉPIDÉMIE.

Maladie infectieuse contagieuse qui frappe en même temps et en un même endroit un grand nombre de personnes

QUI SONT LES « AMIS » DES SALMONELLES DANS LES PLANTES ?

Lorsqu'une salmonelle arrive sur une plante, elle a une vie stressante car il n'y a pas de nourriture. Imagine un chat errant. Il est probablement affamé, assoiffé et mal à l'aise, et cherche désespérément de la nourriture, de l'eau et de l'ombre. Crois-le ou non, une salmonelle connaît des problèmes similaires. La nourriture est rare pour les bactéries présentes sur les plantes, l'environnement est sec et les bactéries sont bombardées par les dangereux rayons ultraviolets du soleil [3]. Les chats errants sont aidés par des amis humains qui leur offrent de la nourriture, de l'eau et un abri. Quels sont les « amis » qui peuvent fournir de la nourriture à la salmonelle ?

PHYTOBACTÉRIES. Micro-organismes qui vivent sur les plantes ; certains peuvent être pathogènes pour les plantes et provoquer des maladies.

Insectes et **phytobactéries** sont fréquents dans les champs où sont cultivés nos fruits et nos légumes (Figure 1). Lorsque des insectes ou des phytobactéries attaquent les plantes, ils en font des environnements favorables aux salmonelles. Ces agresseurs des plantes aident les salmonelles à atteindre de nouveaux endroits et à avoir accès à des nutriments. Sans ces « amis », les salmonelles présentes sur les plantes mourraient lentement. Voyons un peu plus en détail comment ces amis aident les salmonelles.

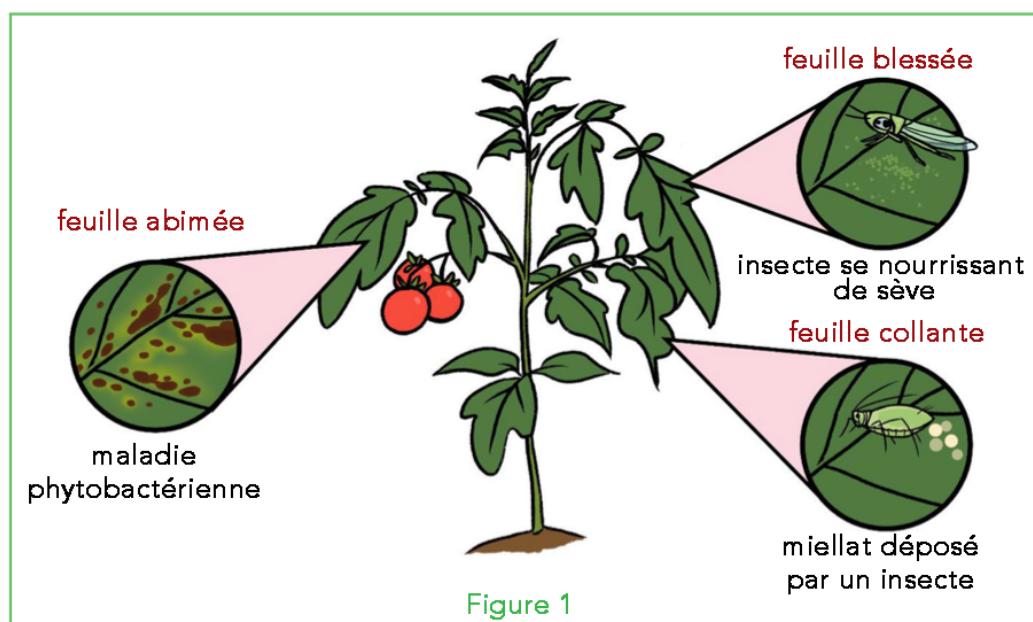


Figure 1. Les cultures que nous produisons peuvent être affectées par les insectes et les phytobactéries dans les champs. L'alimentation des insectes peut entraîner des dommages visibles sur les feuilles, et le **miellat** laissé sur place par des insectes peut rendre les feuilles collantes. Les phytobactéries peuvent provoquer des taches brunes et un jaunissement des feuilles.

MIELLAT. Excrément produit par les insectes qui se nourrissent dans la vascularisation des plantes ; il contient de grandes quantités de sucre et ressemble à une gouttelette transparente.

ATTEINDRE DE NOUVEAUX ENDROITS

De ceux qui pollinisent à ceux qui piquent, les insectes sont omniprésents dans les champs. Ils se déplacent facilement et sont capables de transmettre des bactéries. Un insecte qui marche sur une feuille contaminée par des salmonelles peut ensuite marcher sur de nouvelles feuilles, déplaçant ainsi les bactéries d'une feuille à l'autre (Figure 2), tout

comme quelqu'un qui traîne de la boue dans toute la maison après avoir joué dehors [4] ! En plus de se déplacer entre les feuilles, les insectes peuvent voler sur de grandes distances, dispersant les bactéries sur leur passage. Imaginez un champ fortement infesté d'insectes et récemment arrosé avec de l'eau contaminée par des salmonelles. Après avoir exploré et s'être nourris de plantes contaminées par des salmonelles, certains insectes peuvent voler jusqu'à un champ éloigné et y répandre les salmonelles.

Les autres « amis » de la salmonelle, les phytobactéries, sont très répandus. Bien que de nombreuses phytobactéries ne soient pas dangereuses pour les plantes, chaque plante possède au moins une phytobactérie qui peut la rendre malade (les plantes aussi sont malades !). Les maladies causées par les phytobactéries peuvent se traduire par des taches brunes/vert foncé et un jaunissement à la surface des feuilles. Les phytobactéries sont très petites (environ 100 fois plus petites que la largeur d'un cheveu humain). Cependant, malgré leur taille, elles peuvent causer de gros dommages aux plantes cultivées, et aider les salmonelles à s'installer en transformant l'intérieur d'une feuille en un environnement humide (Figure 2) [5].

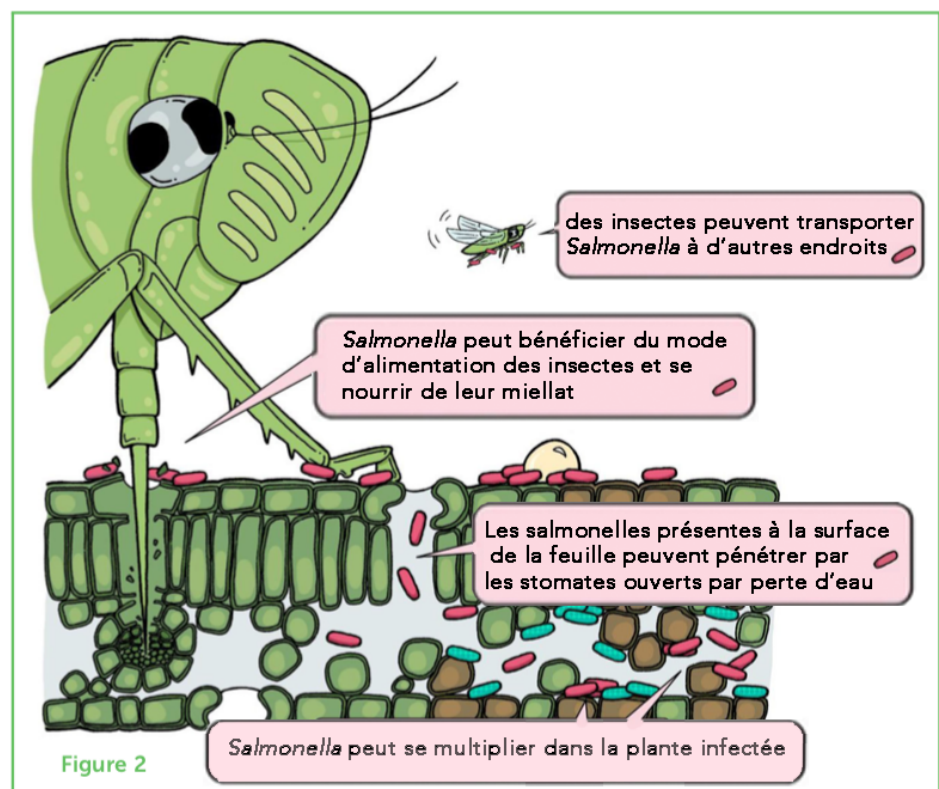


Figure 2. Insectes et phytobactéries (bâtonnets bleus) aident les salmonelles (bâtonnets rouges) à se déplacer vers de nouveaux endroits et créent des conditions qui favorisent leur multiplication dans les feuilles. L'image montre un insecte phytophage aspirant des nutriments dans un vaisseau de la plante et une goutte de miellat (jaune) qu'il a excrétée et dont se nourrissent les salmonelles. La feuille est représentée en coupe transversale. Les cellules malades de la feuille (en brun) se vident de leur contenu vers l'intérieur de la feuille (bleu clair). Les salmonelles présentes à la surface de la feuille peuvent alors entrer à l'intérieur par les stomates (petites ouvertures naturelles à la surface de la feuille) et s'y multiplier. Note que les objets ne sont pas dessinés à l'échelle.

STOMATES. Ouvertures microscopiques à la surface des feuilles qui permettent à la vapeur d'eau, au dioxyde de carbone et à d'autres gaz d'y pénétrer et d'en sortir ; les bactéries peuvent s'en servir pour pénétrer dans les feuilles.

SYSTÈME VASCULAIRE. Réseau de tubes qui transportent l'eau, les minéraux et la nourriture à travers les tiges, les racines et les feuilles d'une plante afin qu'elle puisse se développer.

PIÈCES BUCCALES. Éléments articulés à la base de la tête d'un insecte et qui lui permettent de saisir sa nourriture.

Lorsque certaines phytobactéries infectent les feuilles, elles provoquent une perte de liquide par les cellules de la feuille, ce qui crée un environnement humide (on peut parler de diarrhée végétale !). Ce suintement provoqué par les phytobactéries permet aux salmonelles présentes à la surface de la feuille de se glisser à l'intérieur par des ouvertures naturelles appelées **stomates**. Ces stomates servent d'entrée à une sorte de "toboggan aquatique" qui mène à une "piscine intérieure" créée par le suintement d'eau produit par les phytobactéries.

La distance que les salmonelles peuvent parcourir de l'extérieur à l'intérieur d'une feuille gorgée d'eau est assez faible comparée aux grandes distances parcourues quand elles sont transportées par les insectes. Cependant, l'entrée dans ce nouvel environnement peut faire une énorme différence pour les salmonelles. Lorsque les salmonelles descendent par le toboggan aquatique et pénètrent dans la fabuleuse piscine intérieure, elles sont protégées de la sécheresse et des rayons UV et elles y trouvent quantité de nourriture.

DES CASSE-CROÛTES POUR LA SALMONELLE

Comment les insectes et les phytobactéries fournissent-ils de la nourriture aux salmonelles ? Cela commence quand certains insectes se nourrissent du contenu du **système vasculaire** de la plante ; ce système est constitué de vaisseaux transportant les nutriments dans toute la plante (racine, tige et feuilles). Les scientifiques ont identifié plus d'un million d'espèces d'insectes dotées de toutes sortes de **pièces buccales** particulières. Les cicadelles utilisent des pièces buccales perforantes et suceuses pour atteindre le système vasculaire de la plante, un peu comme si elles poussaient une paille dans une boîte de jus de fruit. Les thrips, quant à eux, utilisent leurs pièces buccales suceuses et broyeuses pour détruire la surface des feuilles et se nourrir ensuite du contenu de ces cellules. L'intérieur de la feuille étant à découvert, la nourriture est désormais disponible pour les salmonelles qui n'auraient pas pu y accéder par elles-mêmes (**Figure 2**). Cette ouverture dans la feuille est une corne d'abondance de nourriture pour les salmonelles qui y trouvent aussi une protection et la possibilité de se développer, augmentant ainsi la probabilité d'épidémies d'origine alimentaire [6].

Manger, c'est aussi excréter, et les insectes ne font pas exception à la règle. Le miellat désigne l'excrément aqueux produit par des insectes tels que les pucerons et les cicadelles qui se nourrissent uniquement dans le système vasculaire des plantes. En se nourrissant, les insectes filtrent la plupart des sucres, mais une partie est excrétée [7], ce qui rend leur crotte aussi sucrée que du miel. Elle ressemble même à une goutte de rosée matinale. Contrairement à nos propres excréments, le miellat des insectes n'est pas perdu. Comme il est riche en sucres, des insectes (tels que les fourmis et les abeilles) et les bactéries comme la salmonelle le consomment, ce qui les aide à survivre sur les feuilles (**Figure 2**).

Les phytobactéries ne laissent pas de crottes sucrées derrière elles comme les insectes. Mais elles créent un environnement humide et riche en nutriments en provoquant le suintement du contenu des cellules de la plante, riche en nutriments, et qui se répand partout à l'intérieur de la plante ! A l'intérieur d'une feuille, les phytobactéries se prélassent et se régalent des sucres et des nutriments qu'elles ont fait suinter dans une sorte de « piscine intérieure » qu'elles ont créée pour elles-mêmes. Les salmonelles ne rendent pas les plantes malades et ne peuvent pas construire seules une piscine sucrée et aqueuse à l'intérieur des feuilles. Mais si les phytobactéries ont déjà fait ce dur travail et qu'elles tiennent grand ouvert un accès privilégié (les stomates), les salmonelles peuvent profiter de tous ces avantages. Lorsque les salmonelles atteignent l'intérieur sucré des feuilles infectées par les phytobactéries, elles utilisent cette nourriture pour se multiplier, produisant de plus en plus de bactéries (Figure 2) [5]. Plus de salmonelles peut entraîner de gros problèmes...

COMMENT CES AMIS DE LA SALMONELLE PEUVENT-ILS NOUS AFFECTER ?

Les feuilles infestées d'insectes ou infectées par des phytobactéries peuvent abriter des populations de salmonelles plus importantes que les plantes saines (Figure 3). Des populations de salmonelles plus grandes sur les fruits et les légumes augmentent la probabilité d'infections alimentaires. Les amis des salmonelles sur les plantes (insectes et phytobactéries) nuisent directement à l'agriculteur en réduisant la récolte, et indirectement aux consommateurs en augmentant les risques de salmonellose.

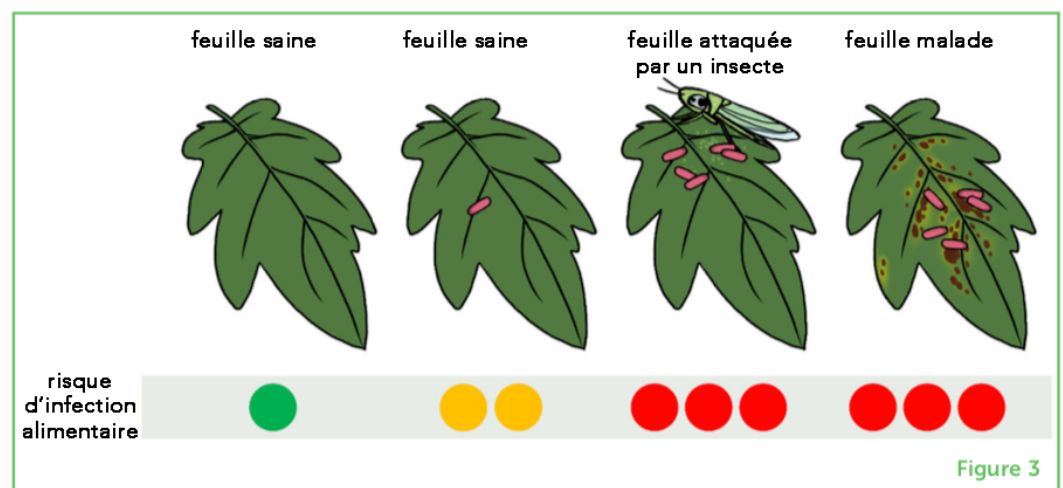


Figure 3. Des populations de salmonelles plus importantes augmentent le risque d'épidémies de salmonellose. Les comportements des insectes (comme se nourrir et faire ses besoins) et les maladies phytobactériennes permettent l'augmentation de la population de salmonelles sur la plante.

Les champs cultivés ne sont pas exempts de dangers. Selon l'endroit où un insecte se pose ou celui où une goutte d'eau contenant une bactérie éclabousse, une tempête d'épidémies d'origine alimentaire peut se former. Mais sache que les épidémies sont rares par rapport aux tonnes de

légumes qui sont récoltés et se retrouvent dans ton assiette. Nous espérons donc que tu continueras à savourer tes fruits et légumes frais préférés !

REMERCIEMENTS

Ce document est basé sur des travaux financés par une Graduate Research Fellowship de la National Science Foundation (subvention n° DGE-1747503) à MHD, par une subvention de l'USDA-HATCH (n° WIS0322) à JDB, une subvention de l'USDA-NIFA (n° 2016-67017-24422) à JDB et RLG, et de l'Institut de recherche alimentaire de l'Université du Wisconsin-Madison à JDB.

RÉFÉRENCES

- [1] Dyda, A., Nguyen, P., Chughtai, A. A., and Macintyre, C. R. 2020. Changing epidemiology of *Salmonella* outbreaks associated with cucumbers and other fruits and vegetables. *Glob Biosecur.* 1:1–13. doi: 10.31646/gbio.49
- [2] Alegbeleye, O. O., Singleton, I., and Sant'ana, A. S. 2018. Sources and contamination routes of microbial pathogens to fresh produce during field cultivation: A review. *Food Microbiol.* 73:177–208. doi: 10.1016/j.fm.2018.01.003
- [3] Teplitski, M., Barak, J. D., and Schneider, K. R. 2009. Human enteric pathogens in produce: un-answered ecological questions with direct implications for food safety. *Curr Opin Biotechnol.* 20:166–171. doi: 10.1016/j.copbio.2009.03.002
- [4] Soto-Arias, J. P., Groves, R. L., and Barak, J. D. 2014. Transmission and retention of *Salmonella enterica* by phytophagous hemipteran insects. *Appl Environ Microbiol.* 80:5447–5456. doi: 10.1128/AEM.01444-14
- [5] Dixon, M. H., Cowles, K. N., Zaacks, S. C., Marciniak, I. N., and Barak, J. D. 2022. *Xanthomonas* infection transforms the apoplast into an accessible and habitable niche for *Salmonella enterica*. *Appl Environ Microbiol.* 88:e0133022. doi: 10.1128/aem.01330-22
- [6] Harrod, V. L., Groves, R. L., Guillemette, E. G., and Barak, J. D. 2022. *Salmonella enterica* changes *Macrosteles quadrilineatus* feeding behaviors resulting in altered *S. enterica* distribution on leaves and increased populations. *Sci Rep.* 12:1–13. doi: 10.1038/s41598-022-11750-3
- [7] Shaaban, B., Seeburger, V., Schroeder, A., and Lohaus, G. 2020. Sugar, amino acid and inorganic ion profiling of the honeydew from different hemipteran species feeding on *Abies alba* and *Picea abies*. *PLoS ONE.* 15:1–17. doi: 10.1371/journal.pone.0228171

VERSION FRANÇAISE

Cet article d'accès libre est une traduction avec modifications d'un article publié par Frontiers for Young Minds (doi: 10.3389/frym.2023.1124186 ; Dixon M, Harrod V, Groves R and Barak J (2023) The "Friends" That Help Dangerous Bacteria Get Into Your Salad. *Front. Young Minds.* 11:1124186).

TRADUCTION : Nicole Pasteur, Association Jeunes Francophones et la Science

ÉDITION : Catherine Braun-Breton, Association Jeunes Francophones et la Science.



MENTORS SCIENTIFIQUES : Sylvie Boussès-Hurtrez et Marie Péquignot, Association jeunes Francophones et la Science

JEUNES EXAMINATEURS :

CLÉMENT ET JOAN, 10 ANS

Clément et Joan sont élèves en CM2, à Teyran, une commune du sud de la France. Ils ont beaucoup apprécié leur travail d'éditeurs pour s'assurer que cet article était bien intéressant et adapté à des jeunes de leur âge. Ils ont aussi appris beaucoup de choses sur les plantes, les insectes et *Salmonella*.

ARTICLE ORIGINAL (VERSION ANGLAISE)

SOUMIS le 14 décembre 2022. **ACCEPTÉ** le 18 septembre 2023.

PUBLIÉ EN LIGNE le 12 octobre 2023.

ÉDITION : Valeria Costantino

MENTORS SCIENTIFIQUES : Alessia Caso , Parameswaran Ramakrishnan

CITATION : Dixon M, Harrod V, Groves R and Barak J (2023) The "Friends" That Help Dangerous Bacteria Get Into Your Salad. *Front. Young Minds*. 11:1124186. doi: 10.3389/frym.2023.1124186

DÉCLARATION DE CONFLIT D'INTÉRÊT

Les auteurs déclarent que les travaux de recherche ont été menés en l'absence de toute relation commerciale ou financière pouvant être interprétée comme un conflit d'intérêts potentiel.

DROITS D'AUTEURS

Copyright © 2023 Dixon, Harrod, Groves and Barak

Cet article en libre accès est distribué conformément aux conditions de la licence Creative Commons Attribution (CC BY). Son utilisation, distribution ou reproduction sont autorisées, à condition que les auteurs d'origine et les détenteurs du droit d'auteur soient crédités et que la publication originale dans cette revue soit citée conformément aux pratiques académiques courantes. Toute utilisation, distribution ou reproduction non conforme à ces conditions est interdite.

JEUNES EXAMINATEURS

IC-DE FILIPPO VICO, CLASS 1D, 11–12 ANS

La classe 1D est composée de seize élèves (quatre filles et douze garçons) qui ont entre onze et douze ans. C'est une classe vivante, mais les élèves peuvent parfois être très gentils et adorables. Ils étudient beaucoup de matières et sont très bons en anglais. Ces élèves s'intéressent toujours à de nouveaux sujets. Ils s'entraident autant que possible !

SATYA, 15 ANS

Satya a 15 ans et est actuellement en deuxième année de lycée. Elle aime participer à des tournois de discours et de débats et jouer du violon classique indien. Depuis son plus jeune âge, Satya s'intéresse à la

médecine et est toujours à la recherche de nouvelles opportunités pour acquérir de l'expérience dans le domaine des sciences de la santé.

IC-DE FILIPPO VICO, CLASS 1C, 11–12 ANS

Notre classe est composée de 18 élèves (sept filles et onze garçons). Nous avons tous des caractères différents mais nous nous aimons bien. Nous sommes tous de très bons amis, et en cas de problème, nous essayons toujours de nous aider les uns les autres. En classe, nous nous concentrons généralement sur les cours, mais nous sommes parfois un peu bruyants ! Nous aimons passer du temps ensemble à l'école et à la maison.

AUTEURS

MEGAN H. DIXON

Megan Dixon est doctorante en microbiologie. Elle aime les sciences de la vie et examiner comment de minuscules éléments peuvent être à l'origine de gros problèmes. Passionnée par l'alimentation et la santé publique, Megan espère utiliser ses connaissances en microbiologie pour contribuer à améliorer la sécurité alimentaire. Elle prend régulièrement le temps de tricoter, de faire du crochet, de jouer de la guitare et de créer des œuvres d'art.

VICTORIA L. HARROD

Dr. Victoria Lason Harrod est consultante en sécurité alimentaire et spécialisée dans l'impact des insectes sur les épidémies d'origine alimentaire. Grâce à sa passion pour l'agriculture et à son engagement en faveur de la sécurité alimentaire, elle est en mesure de fournir des recommandations éclairées aux agriculteurs et aux entreprises du secteur alimentaire sur les moyens d'améliorer leurs pratiques en matière de sécurité alimentaire. Lorsqu'elle n'est pas sur le terrain ou en train de visiter des installations de transformation des aliments, tu peux la trouver en train d'explorer le marché local, de jouer à des jeux vidéo et de faire des gâteaux !

RUSSELL L. GROVES

Russell L. Groves est professeur et directeur du Département d'entomologie de l'Université du Wisconsin-Madison. Il est spécialiste des insectes nuisibles qui affectent les cultures maraîchères. Ses recherches se concentrent sur le développement de solutions de lutte intégrée contre les ravageurs et mettent l'accent sur les maladies vectorielles, la dispersion et le déplacement des insectes, et la gestion de la résistance aux insecticides. Des détails sur son programme de recherche sont disponibles [ici](#) et les risques liés aux insectes et aux risques de maladies dans l'État du Wisconsin [ici](#).

JERI D. BARAK

Dr. Jeri Barak a étudié plusieurs disciplines de la biologie et a choisi la pathologie végétale pour sa carrière. Elle est intriguée par le système complexe qui nous nourrit. Elle adore visiter des exploitations agricoles et

rapporter ses observations au laboratoire afin d'identifier les facteurs de risque en matière de sécurité alimentaire. Elle se pose de nombreuses questions sur la biologie qu'elle observe dans la nature. Jeri est impatiente de partager ses connaissances avec les agriculteurs pour leur offrir des solutions concrètes et avec les consommateurs pour les aider à prendre des décisions éclairées. [*barak@plantpath.wisc.edu](mailto:barak@plantpath.wisc.edu)