

Séquence de classe

Diversité des micro-organismes et antibiotiques

Séquence de classe

Diversité des micro-organismes et antibiotiques

Sciences de la vie et
de la Terre

Cycle 4

Introduction

Les micro-organismes occupent une place importante dans l'actualité scientifique. L'intérêt porté au microbiote ainsi que la pandémie liée au SARS-CoV-2 amènent les enseignants à apporter des connaissances sur le monde microbien et à construire des savoirs scientifiques pour permettre une compréhension étayée des informations diffusées. Dans cette séquence fondée sur l'investigation, composée de six séances, les élèves travaillent sur la diversité des micro-organismes. Après avoir réalisé une observation microscopique d'une communauté microbienne, ils classent une sélection de micro-organismes selon différents critères. La classification obtenue permet de distinguer des grands groupes de micro-organismes. Puis les élèves se concentrent sur les différences entre les bactéries et les virus. Les caractères structuraux de ces deux types de microbes associés à la découverte de quelques modes d'action des antibiotiques permettent de comprendre comment les antibiotiques agissent sur les bactéries et pourquoi ils sont sans effet sur les virus.

Thématiques traitées	Micro-organismes, biodiversité, santé, corps humain, microbiotes, pathogènes, pandémie, virus, bactéries, antibiotiques
Objectifs	Découvrir la diversité du monde microbien. Comprendre les différences entre les bactéries et les virus. Comprendre pourquoi les antibiotiques sont sans effet sur les virus (mais agissent sur des bactéries).
Discipline engagée	Sciences de la vie et de la Terre
Durée	Six séances de 1 h à 1 h 20

Séance 1 : Observer une communauté de micro-organismes

Le début de la séquence porte sur l'observation d'une communauté de micro-organismes dans des grains de kéfir de fruit.

Les élèves réalisent une préparation microscopique et l'observent. Ils décrivent la communauté microbienne observée : diversité des formes, des tailles, des mobilités. Les observations sont complétées par l'étude de documents scientifiques apportés par l'enseignant sur les deux grands groupes de micro-organismes observables dans la préparation : les levures et les bactéries.

Résumé	
Discipline	Sciences de la vie et de la Terre
Déroulé et modalités	Les élèves observent et décrivent une communauté de micro-organismes (levures et bactéries) et étudient des documents scientifiques sur les levures et les bactéries.
Durée	1 h à 1 h 20
Matériel	- Préparation à base de grains de kéfir de fruit - Lames, lamelles, pipettes en plastique - Microscope optique et caméra - Un vidéoprojecteur et un écran pour diffuser les vidéos/images recueillies par les élèves en fin de séance pour la mise en commun.
Message à emporter	
Dans l'écosystème des grains de kéfir, on peut observer une communauté de micro-organismes principalement constituée de différentes espèces de levures et de bactéries. Généralisation faisant appel aux connaissances des élèves : des micro-organismes sont présents partout, dans le sol, dans notre tube digestif, dans certains aliments fermentés, dans l'air, dans l'eau...	

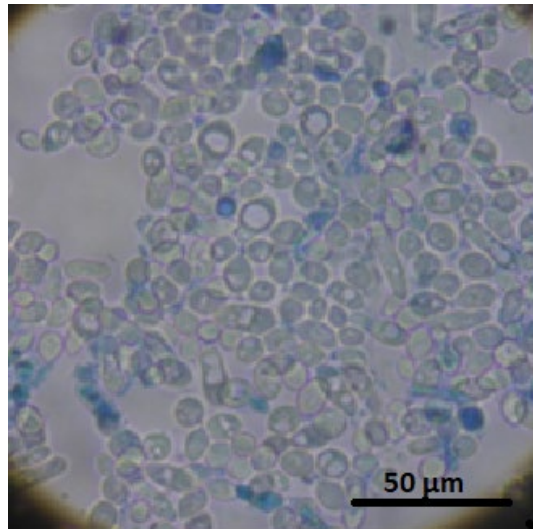
Déroulé possible

Phase 1 : Situation de départ

Le professeur propose aux élèves d'utiliser les microscopes optiques pour observer une préparation à base de kéfir de fruit (préparée en amont si la séance dure 1 heure, ou préparée par les élèves si elle dure 1 h 20). Il leur est demandé de dessiner les micro-organismes observés, de les décrire.

Le kéfir est une boisson issue de la fermentation de jus de fruits sucrés, préparés à l'aide de grains de kéfir, un levain constitué essentiellement de bactéries lactiques et de levures.

Quelques photographies d'observations microscopiques réalisées en classe avec un microscope en classe :



On observe de nombreux micro-organismes unicellulaires : des levures de forme sphérique, des levures de forme allongée et des bactéries. Ces dernières, beaucoup plus petites que les levures, sont plus difficiles à observer. Mais certaines se remarquent par leur mobilité.

Phase 2 : Distinguer levures et bactéries

Des documents scientifiques sur les levures et les bactéries sont ensuite distribués aux élèves pour les aider à les différencier parmi les micro-organismes observés.

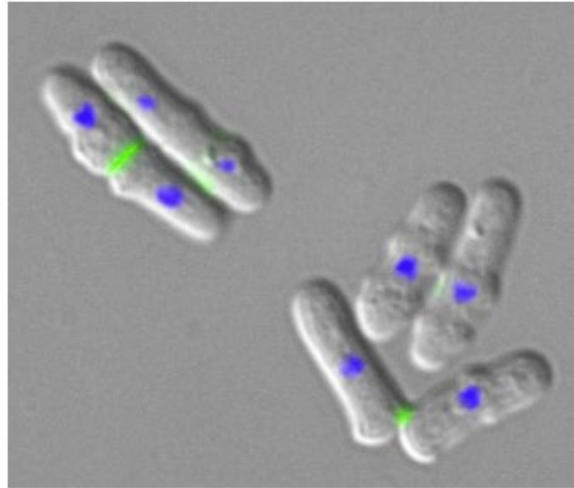
Quelques groupes de micro-organismes représentés dans le kéfir

Les levures sont des champignons microscopiques formés d'une seule cellule (organismes unicellulaires) contenant un noyau.

Il existe plusieurs milliers d'espèces de levures :

- La plupart des espèces de levures sont inoffensives pour l'être humain.
- Certaines espèces sont pathogènes pour l'être humain, c'est-à-dire capables de provoquer des maladies : par exemple, le muguet des jeunes enfants est provoqué par la levure de l'espèce *Candida albicans*.
- Certaines espèces sont exploitées par l'homme pour fabriquer des aliments. La levure la plus utilisée pour transformer des matières premières végétales ou animales en aliments est la levure de boulanger, ayant pour nom scientifique *Saccharomyces cerevisiae*. La transformation des sucres de céréales ou de fruits par cette levure est une fermentation alcoolique. Elle produit de l'alcool éthylique et du dioxyde de carbone. Lorsqu'on place une suspension de levure de boulanger dans une solution glucosée peu oxygénée, cette dernière fermente.

La levure de boulanger (*S. cerevisiae*) se multiplie par bourgeonnement. Elle a une forme sub-sphérique. La levure *Schizosaccharomyces pombe* se multiplie par fission dans le sens de la longueur. Elle a une forme cylindrique (3 à 4 µm de large pour 6 à 15 µm de long) : elle est courte lorsqu'elle vient de se diviser, et longue quand elle va bientôt se diviser.



Photomicrographs of growing fission yeast (*S. pombe*), with the nucleus (blue) and the septum (green) stained with fluorescent dyes.
 Author : [Dom Helmlinger](#) (CRBM, CNRS)

Les bactéries sont des micro-organismes unicellulaires sans noyau.

Extrêmement abondantes sur Terre, les bactéries ont colonisé tous les milieux. On a nommé plus de 30 000 espèces de bactéries, mais leur diversité spécifique est bien supérieure à cela :

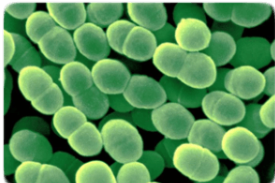
- la plupart des espèces de bactéries sont inoffensives pour l'être humain ;
- certaines espèces sont pathogènes pour l'être humain (exemple : *Salmonella*) ;
- certaines sont constitutives du microbiote humain, elles vivent par exemple sur la peau ou dans le tube digestif (ex : *Escherichia coli*) ;
- certaines sont utilisées dans l'industrie alimentaire, pour la fabrication de yaourt (ex. *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*), de fromage...

Les lactobacilles sont des bactéries qui vivent dans le tube digestif, de la bouche au gros intestin. Elles ne sont pas pathogènes. Elles peuvent empêcher le développement et la prolifération des bactéries pathogènes ainsi que des champignons. Certaines sont utilisées industriellement pour produire du yaourt.



Taille de 1 à 6 μm

Les lactocoques sont des bactéries de forme sphérique également rencontrées dans le kéfir de fruit.



***Lactococcus lactis*.**

Taille : 0,5 à 1,5 micromètre.

<http://www.moncoursdesvt.fr/lhomme-et-le-monde-microbien.html>

Phase 3 : Mise en commun et institutionnalisation

Les élèves utilisent le vidéoprojecteur pour confronter leurs idées. Ils mettent en relation leurs observations (en s'appuyant sur les photos recueillies et les dessins réalisés) avec les documents scientifiques remis par l'enseignant. Ils débattent et se mettent d'accord sur l'identification des deux grands groupes de micro-organismes observés (levures et bactéries). L'enseignant distribue la parole et régule les débats scientifiques, apporte son expertise pour l'institutionnalisation. Il oriente ensuite les débats vers une généralisation.

« Dans l'écosystème des grains de kéfir, on peut observer une communauté de micro-organismes principalement constituée de différentes espèces de levures et de bactéries. Plus généralement, des micro-organismes sont présents partout, dans le sol, dans notre tube digestif, dans certains aliments fermentés, dans l'air, dans l'eau... »

Les espèces citées ci-dessus ont les numéros : 4932, 4896, 5476, 28901, 562, 1308, 1585



Séance 2 : Catégoriser les micro-organismes

Les élèves disposent d'un jeu de cartes qui présente différents micro-organismes, sélectionnés pour représenter la diversité microbienne. La plupart de ces micro-organismes sont connus des élèves : certains sont responsables de maladies, d'autres font partie du microbiote humain, d'autres encore sont faciles à prélever dans l'environnement. Les élèves s'appuient sur les cartes pour les catégoriser.

Résumé.	
Discipline	Sciences de la vie et de la Terre
Déroulé et modalités	Les élèves proposent une ou des catégorisations des micro-organismes en s'appuyant sur leurs caractéristiques, indiquées sur des cartes.
Durée	1 h à 1 h 20
Matériel	- Un vidéoprojecteur et un écran pour projeter les cartes en début de séance et expliquer le travail à réaliser. - Un jeu de 27 cartes par groupe d'élèves. - Des feuilles et des stylos de couleur pour noter les critères de classification retenus.
Message à emporter	
Les micro-organismes sont nombreux et variés. On peut les classer sur le critère du partage de caractères, comme on le fait pour les organismes macroscopiques.	

Déroulé possible

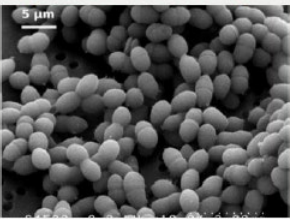
Phase 1 : Situation de départ

Le professeur projette sur écran un jeu de 27 cartes et explique aux élèves que chacune est une sorte de carte d'identité d'un micro-organisme particulier : photographie, nom scientifique, quelques caractères observables et des informations telles que le milieu de vie et des utilisations éventuelles du micro-organisme par l'être humain. L'enseignant sollicite les élèves pour clarifier les indications présentées sur les cartes.



Le jeu de 27 cartes utilisé pour construire une classification des micro-organismes

Streptococcus thermophilus



5 µm

Unicellaire
 Membrane formée de deux couches de molécules (lipides)
Matériel génétique
 ADN circulaire localisé directement dans le cytoplasme
Métabolisme propre
Habitat
 Lait des mammifères et microbiote
Taille
 Environ 1 µm
Autres informations
 Rôle de facilitateur dans la fabrication des yaourts

Un exemple de carte : la carte *Streptococcus thermophilus* donne des indications sur la composition de la membrane (lipides), le matériel génétique situé directement dans le cytoplasme, le métabolisme propre au micro-organisme : ces caractères sont utilisés par les élèves pour classer les bactéries.

Note scientifique pour les professeurs :

- Les archées ressemblent beaucoup aux bactéries. Ce sont aussi des unicellulaires dont l'ADN est localisé dans un nucléoïde. La cellule a le plus souvent une forme de coccus ou de bacille ; elle peut être recouverte de pili et posséder un ou plusieurs flagelles. La membrane est souvent recouverte par une couche de glycoprotéines. Une différence notable avec les bactéries est la constitution de la membrane : celle-ci n'est pas organisée en bicouche lipidique, mais en une monocouche de chaînes isoprènes ramifiées. Les isoprènes sont des molécules carbonées. La structure membranaire contribue à la capacité des archées à résister à des conditions extrêmes.
- *Plasmodium falciparum* est un eucaryote unicellulaire, vecteur du paludisme (voir le tutoriel « Les maladies infectieuses » sur le site <https://elearning-lamap.org/>).
- Les levures sont des eucaryotes unicellulaires du groupe des champignons, aptes à provoquer la fermentation des matières organiques animales ou végétales. *Saccharomyces cerevisiae* est connue des élèves pour l'étude de la fermentation réalisée en classe.
- Les virus sont des édifices supramoléculaires situés à la frontière du vivant. Leur dimension est de quelques dizaines à quelques centaines de nanomètres. Ils sont connus des élèves en raison des épidémies ou des pandémies qu'ils entraînent. Ils sont dépourvus d'organites et de métabolisme. Ils ne respirent pas et ne digèrent pas. Tous contiennent soit de l'ADN, soit de l'ARN contenu non pas dans un nucléoïde comme les bactéries, mais dans une coque protéique appelée capsid. Leur cycle passe par un stade intracellulaire lorsqu'ils se répliquent et par un stade extracellulaire quand ils se disséminent dans le milieu. Ils sont ici classés parmi les micro-organismes en raison de leur petite taille. Ils ne sont pas considérés comme des organismes en tant que tels, car ils ne sont pas autonomes d'un point de vue métabolique et informationnel. Ils sont associés aux infections, au même titre que les bactéries, et sont source de confusion pour les élèves. (voir « Pour aller plus loin » dans ce tutoriel, avec les présentations détaillées d'Emmanuel Drouet).
- Un bactériophage est inclus dans le jeu de 27 cartes. Présenter ce groupe permet d'envisager une prolongation à la séquence : les bactériophages sont étudiés comme moyens de remplacement des antibiotiques dans la lutte contre les infections bactériennes. Un bactériophage est un virus n'infectant que des bactéries, présent dans l'ensemble de la biosphère, mais en quantité plus importante dans les excréments, le sol et les eaux d'égout (Blanchet, C. 2020. *Dictionnaire thématique de biologie*. Éditions Ellipses).

Lien : [lien vers le PDF « Cartes des micro-organismes »](#)

Phase 2 : Situation d'investigation

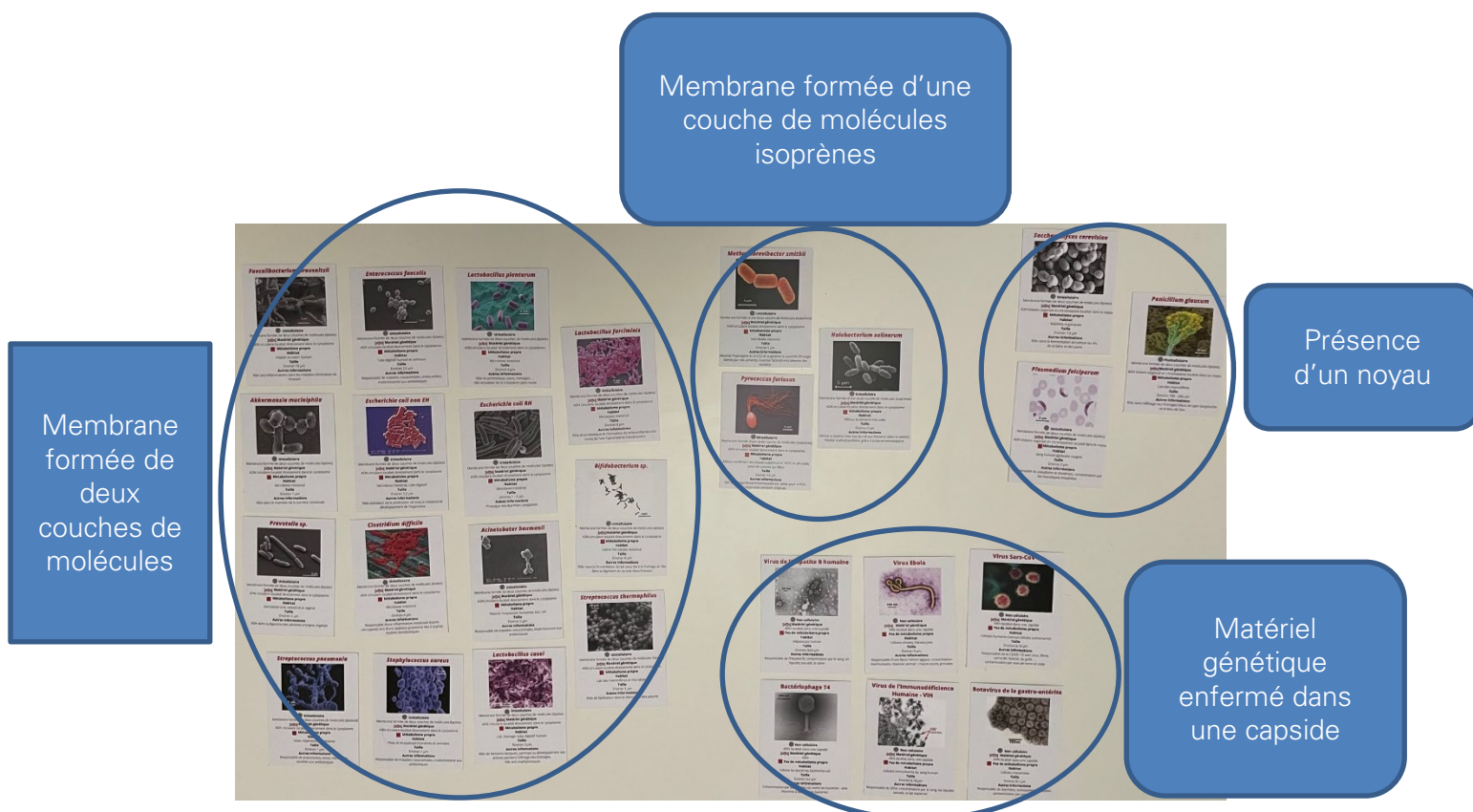
Les élèves travaillent par groupe, discutent et argumentent pour proposer une ou plusieurs classifications des 27 micro-organismes. Ils rencontrent parfois des difficultés au niveau du vocabulaire présent sur les cartes et sont amenés à chercher des informations pour argumenter leur choix.

- Les classifications les plus courantes regroupent les micro-organismes sur la base des caractères cellulaires/ non cellulaires, du matériel génétique, du type de métabolisme. Quelques groupes d'élèves proposent une classification à partir des milieux de vie. Enfin, certains travaillent sur la pathogénicité ou encore sur le rôle bénéfique du micro-organisme.
- Une confrontation des idées est nécessaire pour classer tous les micro-organismes. Les choix des micro-organismes connus ou en lien avec les enseignements de SVT entraînent la constitution de groupes déséquilibrés en nombre d'exemples présents sur les cartes. Les micro-organismes choisis pour former le jeu de cartes ont été sélectionnés en lien avec les contenus des enseignements de SVT (microbiote, organismes unicellulaires, transmission vectorielle de maladies « connues »).

Phase 3 : Présentation des classifications réalisées

Chaque groupe choisit un rapporteur des travaux : il expose à l'oral une des classifications retenues et souligne les difficultés éventuellement rencontrées pour élaborer la classification. C'est le cas notamment lorsque les caractères présentés sur les cartes ne sont pas partagés par des micro-organismes qui se ressemblent comme les bactéries et les archées. Il est nécessaire d'argumenter pour justifier les choix effectués

Exemple de classification proposée par les élèves :



Lexique complémentaire mis à la disposition des élèves souhaitant utiliser la rubrique « Autres informations », en bas des cartes :

Activateur de polysaccharides anti-stress : active des molécules complexes assurant à la bactérie qui les produit un avantage compétitif vis-à-vis de son environnement.

ADN polymérase thermostable : enzyme faisant partie du complexe enzymatique intervenant dans la réplication de l'ADN au cours du cycle cellulaire, elle est résistante à la température.

Affinage des fromages : l'affinage est la période de maturation pendant laquelle le fromage repose et reçoit des soins à la cave ou dans un hâloir.

Axe hypothalamo-hypophysaire : ensemble situé à la base du cerveau, qui contrôle plusieurs organes.

Bactériorhodopsine : petite protéine qu'on trouve chez certaines archées et qui permet à elle seule d'assurer toute la chaîne de la photosynthèse.

Dysbiose : altération ou perte de la diversité du microbiote.

Endocardite : infection de l'endocarde (couche interne du cœur), des valves cardiaques ou de l'aorte.

Fermentation lactique : métabolisme énergétique à l'issue duquel les glucides sont transformés en acide lactique.

Fièvre hémorragique : maladie caractérisée par de la fièvre et des hémorragies.

Maladie nosocomiale : maladie contractée au cours d'un séjour dans un hôpital, aussi appelée infection associée aux soins.

Bactérie multirésistante aux antibiotiques : bactérie possédant des facteurs de résistance à de nombreuses familles d'antibiotiques.

Probiotique : micro-organismes vivants ajoutés à des aliments comme le yaourt ou les céréales, qui donnent un bénéfice en matière de santé à l'hôte sain.

PCR : méthode de biologie moléculaire qui permet de répliquer en grand nombre des séquences d'ADN.

Réservoir animal : milieu vivant permettant la survie ou la multiplication d'un pathogène, et le mettant à la portée de différents hôtes.

Rôle activateur : qui accélère la sécrétion d'une molécule.

Rôle anti-staphylocoques : qui empêche la réplication et la vie des bactéries appelées staphylocoques.

Toxine nécrosante : substance protéinique d'origine biologique qui entraîne la mort des cellules et des tissus.

Il existe une grande diversité de micro-organismes. Pour les classer, on s'appuie sur l'observation de leurs caractéristiques morphologiques et moléculaires : on rassemble alors dans un groupe les micro-organismes ayant des caractéristiques communes.

En effet, on considère que le partage de ces caractéristiques témoigne de la parenté de ces micro-organismes puisqu'elles ont été héritées d'un ancêtre qui leur est commun.

Ainsi, les virus ont en commun un matériel génétique enfermé dans une capside, l'absence de métabolisme propre ; ils sont non cellulaires.

Les bactéries ont en commun une membrane formée de deux couches de lipides, un matériel génétique dans le cytoplasme et un métabolisme propre ; elles sont unicellulaires.

Les archées ont en commun une membrane formée d'une couche de molécules isoprènes, un matériel génétique situé dans le cytoplasme et un métabolisme propre ; elles sont unicellulaires.

Les eucaryotes unicellulaires ont en commun une membrane formée de deux couches lipidiques, un matériel génétique enfermé dans un noyau et un métabolisme propre.

Les milieux de vie et les interactions avec l'espèce humaine ne sont pas des caractéristiques pertinentes pour élucider les parentés. Par exemple, tous les groupes de micro-organismes comportent des espèces pathogènes pour l'être humain et d'autres qui ne le sont pas. Regrouper tous les pathogènes pour l'Homme donnerait un groupe très hétérogène, dont les membres ne seraient pas plus apparentés entre eux qu'avec les autres micro-organismes.

Mots clés

Micro-organismes, virus, bactéries, protozoaires, champignons, archées, métabolisme, microbiote, pathogène.

Séance 3 : Différencier les virus des bactéries

Les bactéries et les virus sont deux catégories de micro-organismes souvent confondues par les élèves car associées aux infections qu'ils rencontrent dans la vie courante.

Les bactéries sont connues des élèves et après le travail de classification réalisé en séance 1, ils savent que les bactéries sont des cellules dépourvues de noyau. La notion de cellule est acquise progressivement depuis la classe de sixième. La cellule étant l'unité structurale qui compose les êtres vivants, elle est aussi « par défaut » aussi la structure de référence pour étudier la composition d'un virus : c'est ce point qui est travaillé dans cette activité où on cherchera à mettre en évidence les différences entre les bactéries et les virus, en termes de taille, puis au niveau structural.

Résumé.	
Discipline	Sciences de la vie et de la Terre
Déroulé et modalités	Les élèves travaillent sur des documents présentant les bactéries et les virus pour établir les points communs et les différences de structure et de fonctionnement.
Durée	1 h à 1 h 20
Matériel	Chaque binôme de travail a accès aux documents présentés dans l'ENT.
Message à emporter	
Les bactéries et les virus ont en commun d'être invisibles à l'œil nu, ce qui peut amener à les confondre. Pourtant, ils possèdent des caractères très différents, tant du point de vue de la structure que de la façon de se répliquer.	

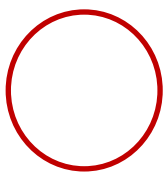
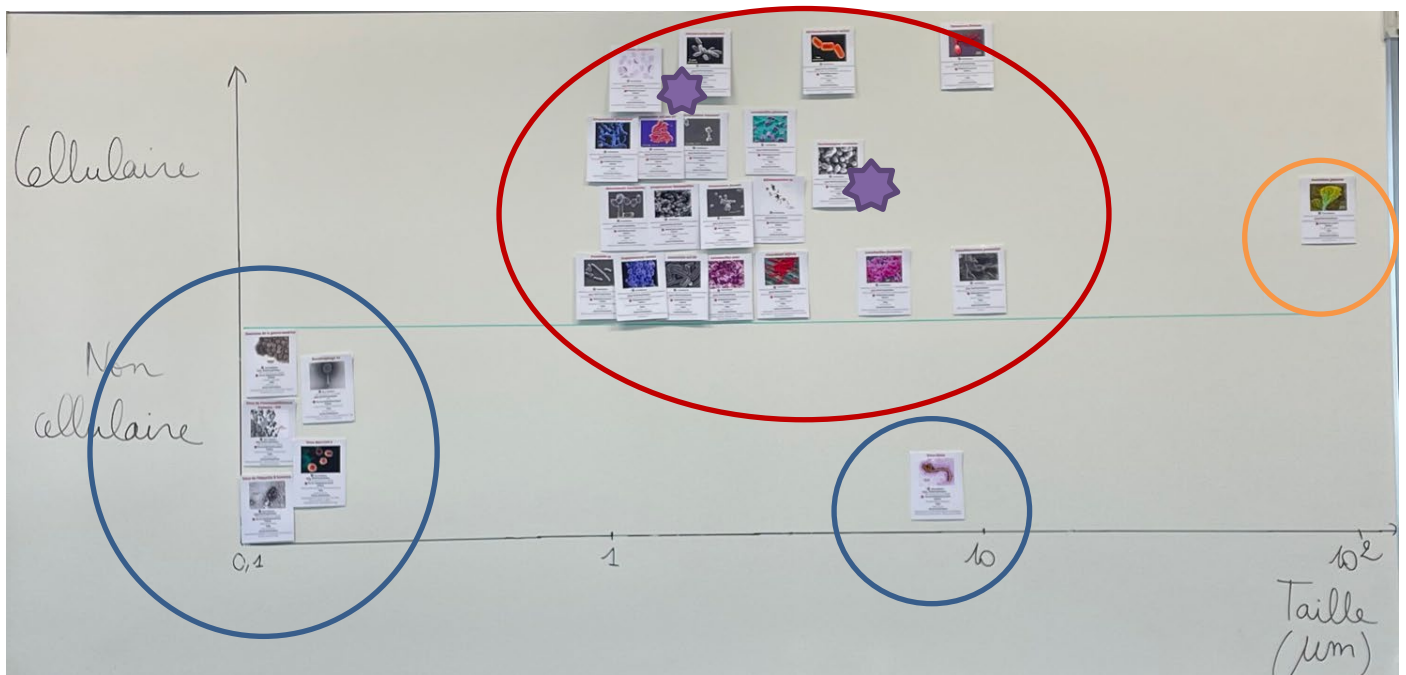
Phase 1 : Situation de départ

Le professeur invite les élèves à se remémorer la séance d'observation sur le kéfir, et leur demande si des virus avaient été observés. La réponse attendue est non. Un travail avec les cartes présentant les micro-organismes est alors proposé.

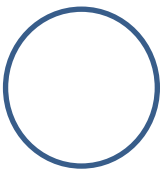
Chaque élève dispose d'une carte et vient la positionner sur un diagramme avec la taille du micro-organisme en abscisse.

Les élèves remarquent alors les différences de taille entre bactérie, virus. On peut leur faire repérer sur ce diagramme les limites de ce qui est observable avec un microscope optique.

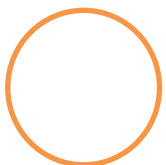
Les micro-organismes répartis selon leur taille et le caractère « cellulaire »/ « non cellulaire »



CELLULAIRES SANS NOYAU dont les bactéries



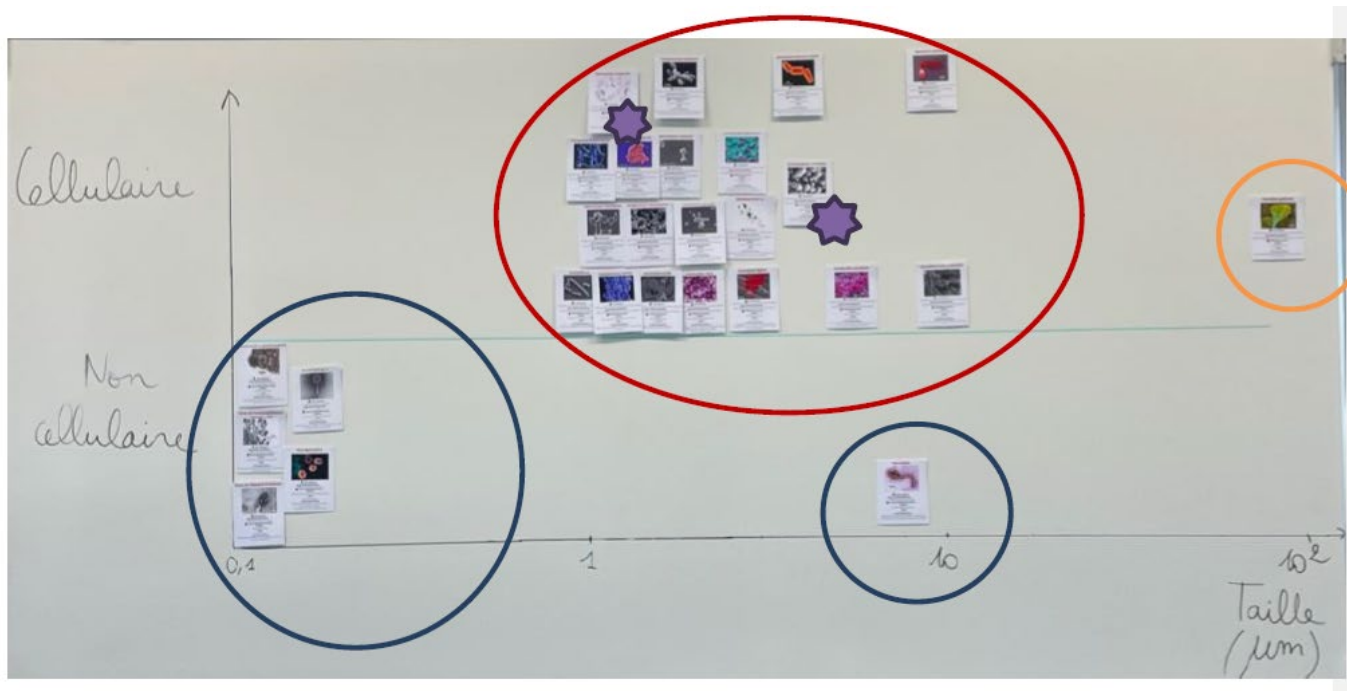
VIRUS



Pluricellulaires



Unicellulaires avec noyau



Le diagramme montre les différences de taille entre les virus non cellulaires et les micro-organismes cellulaires, dont les bactéries. Deux ensembles de micro-organismes apparaissent, mais il y a des « intrus » dans ces groupes :

- un virus de « grande taille » qui se rapproche de la taille d'une bactérie ;
- des micro-organismes cellulaires avec le matériel génétique enfermé dans un noyau parmi les bactéries et les archées possédant un chromosome libre dans le cytoplasme.

Ces observations permettent la discussion avec les élèves : la notion de diversité est une nouvelle fois illustrée. Les limites d'une classification réalisée avec un nombre de caractères limité ressortent également. Chaque micro-organisme possède un nombre de caractères important qui lui confère des spécificités.

Note scientifique

Ces caractères de classification sont utilisés au niveau du cycle 4. Les recherches récentes, avec la mise en lumière des virus géants, rendraient cette répartition discutable avec des élèves de lycée. Pour avoir une vue d'ensemble de ces nouvelles recherches, il peut être utile de lire Étonnant vivant - Découvertes et promesses du XX^e siècle (CNRS, sous la direction de Catherine Jessus, 2017).

Phase 2 : Vidéo illustrant la différence entre virus et bactéries

<https://www.youtube.com/watch?v=K8XUQmEhorw>

Note pour l'enseignant

La vidéo présente des inexactitudes qu'il peut être intéressant de faire retrouver aux élèves pour aborder ces points avec la classe et travailler l'esprit critique :

Les microbes désignent les êtres vivants qui provoquent des maladies : les virus ne sont pas classés dans les êtres vivants, tous les microbes ne sont pas pathogènes.

Les bactéries sont composées d'une paroi : elles sont délimitées par une paroi et elles ont d'autres composants.

Virus – « poison » en latin, « infectieux » : tous les virus ne sont pas dangereux ; notre génome comprend 8 à 10% d'ADN d'origine virale qui n'est pas dangereux.

La bande dessinée *Coucou, c'est nous les virus !*, téléchargeable à partir du lien ci-après peut être utilisée pour poursuivre le travail sur les virus avec la classe

<https://location.partageonslessciences.com/147739-2>.

Les élèves peuvent partir de cette bande dessinée pour construire une présentation orale organisée des virus et des caractères découverts dans le document.

Institutionnalisation :

Les bactéries et les virus sont invisibles à l'œil nu, ce qui peut amener à les confondre par erreur.

Pourtant, ils possèdent des caractères très différents, tant au point de vue de la structure que de la façon de se répliquer.

Les virus sont des parasites intracellulaires obligatoires, qui doivent détourner la machinerie de la cellule hôte pour se multiplier.

Séance 4 : Comment choisir un antibiotique pour traiter une infection bactérienne ?

Résumé.	
Discipline	Sciences de la vie et de la Terre
Déroulé et modalités	Étude de deux documents (analyse d'urine révélant une infection urinaire à <i>E. coli</i>) et risque de complication.
Durée	1 h à 1 h 20
Matériel	Boîte de Petri, agar-agar pour gélose, pincettes fines, pastilles de papier filtre, marqueur, acide chlorhydrique, portoirs, tubes Eppendorf, rouge phénol 2 à 4 % ou autre indicateur coloré (2,5 ml de phénolphthaléine pour 100 mL d'éthanol additionné de rouge Congo).
Message à emporter	
Les antibiotiques sont des molécules qui empêchent la division des bactéries, le développement de l'infection est ralenti et les défenses immunitaires de l'organisme sont en mesure d'éliminer les bactéries moins nombreuses.	

Phase 1 : Situation de départ

Arthur, 14 ans, est malade (fièvre, gorge gonflée, maux de tête). Il a déjà été malade une semaine auparavant avec des symptômes semblables et le médecin avait prescrit du repos et du paracétamol pour lutter contre la fièvre et la douleur, ce qui n'a pas permis de guérir Arthur. Il se rend de nouveau chez son médecin traitant qui réalise un prélèvement avec un écouvillon dans la gorge afin de savoir si les maux de gorge sont provoqués par un virus ou par une bactérie.

Votre travail :

Déterminer et justifier l'origine de l'angine d'Arthur, puis définir le traitement qui lui permettra de guérir.

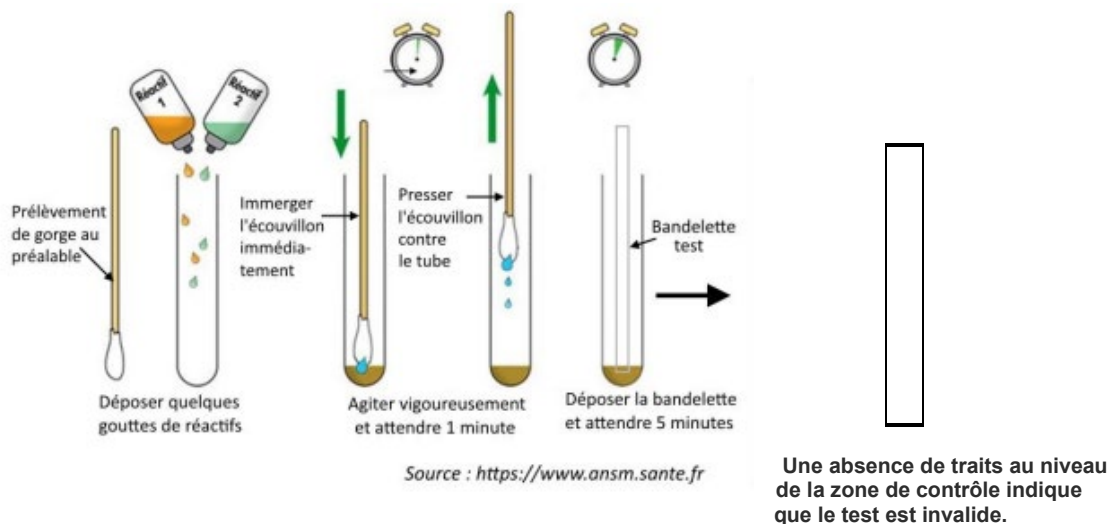
Détermination de l'origine de l'angine

Un test de diagnostic rapide permet de déterminer si l'origine de l'angine est virale ou bactérienne. Ce test est indolore et livre son résultat en quelques minutes, donc pendant le temps de la consultation.

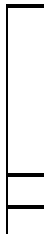
Le principe du test :

L'écouvillon ayant servi au prélèvement dans la gorge est placé dans un tube contenant quelques gouttes de deux réactifs destinés à extraire certains constituants des bactéries provoquant des angines. Une bandelette de papier destinée à révéler la présence de ces constituants est ensuite placée dans ce tube. Le liquide imbibe la bandelette et des traits apparaissent dans la zone de contrôle, et éventuellement dans la zone de test.

La disposition des traits sur la bandelette permet de déterminer l'origine de l'angine :
si le test est positif, il s'agit très probablement d'une angine bactérienne ;
si le test est négatif, il s'agit très probablement d'une angine virale.



Le résultat du test d'Arthur, après quelques minutes :



La comparaison des résultats du test effectué sur Arthur avec le document montrant les résultats possibles indique que le test est positif.

L'origine bactérienne de l'angine d'Arthur est prouvée. Le médecin traitant souhaite savoir quel antibiotique va permettre à Arthur de guérir en éliminant les bactéries pathogènes. Un antibiogramme va être réalisé au laboratoire.

Phase 2 : Réalisation de l'antibiogramme

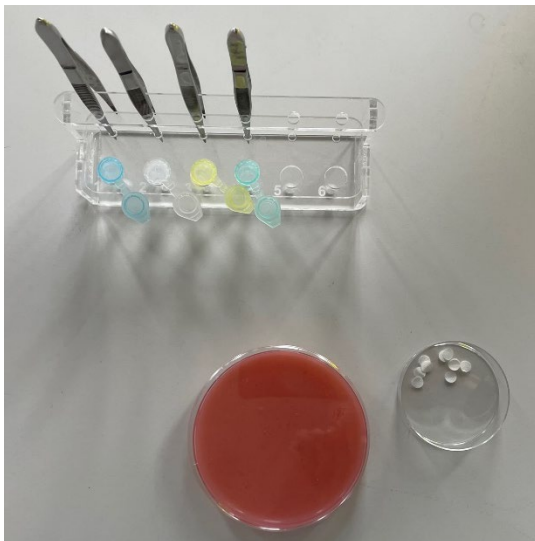
Vous êtes technicien de laboratoire : vous êtes chargé de réaliser l'antibiogramme qui permettra de déterminer quel antibiotique sera efficace pour soigner Arthur. Après avoir réalisé l'antibiogramme, vous rédigerez un rapport d'analyse destiné au médecin traitant d'Arthur, afin de prescrire l'antibiotique adapté. Dans ce rapport, vous devrez présenter les résultats obtenus.

Deux possibilités pour la réalisation de l'antibiogramme : un antibiogramme réalisé avec des produits de substitution ou un antibiogramme réalisé avec des bactéries vivantes non pathogènes (kit collègue Sordalab).

ANTIBIOGRAMME RÉALISÉ AVEC DES PRODUITS DE SUBSTITUTION : MODÉLISATION DE LA SPÉCIFICITÉ D'UN ANTIBIOTIQUE PAR DES RÉACTIONS CHIMIQUES

Matériel donné aux élèves :

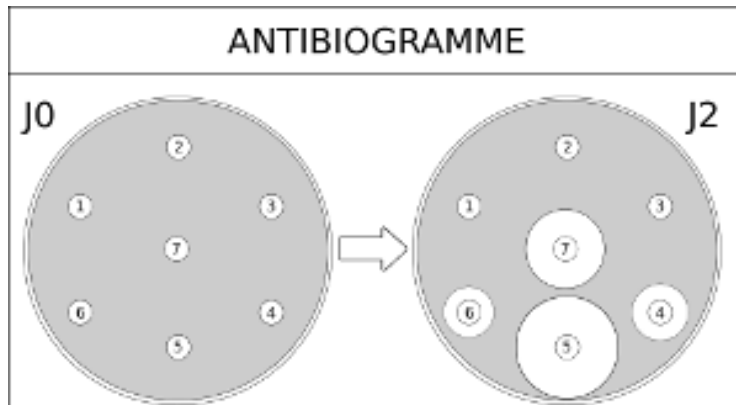
- un portoir avec quatre tubes Eppendorf contenant les différents antibiotiques testés ;
- une boîte de Petri contenant la culture de bactéries prélevées dans la gorge d'Arthur ;
- des pastilles de papier filtre ;
- quatre pinces fines ;
- un feutre ;
- des gants et des lunettes.



Principe de l'antibiogramme :

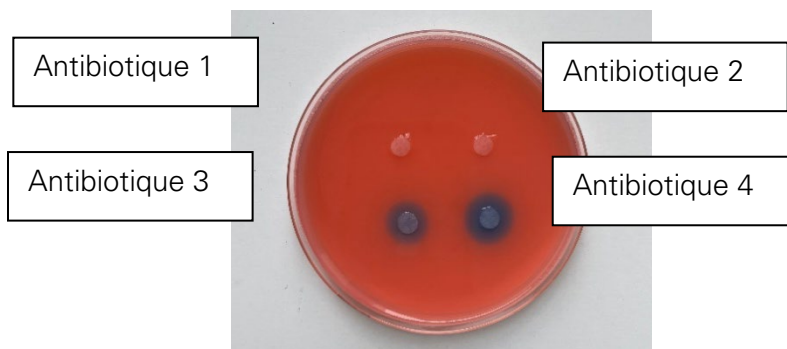
Dans la boîte de Petri, les bactéries sont cultivées sur un gel où elles trouvent tout ce dont elles ont besoin pour se reproduire (eau, sucre, éléments minéraux). Elles se reproduisent par division cellulaire, c'est-à-dire qu'une bactérie va donner deux bactéries par division, toutes les 20 à 30 minutes.

Un antibiogramme est une technique de laboratoire visant à tester la sensibilité d'une bactérie vis-à-vis de plusieurs antibiotiques. Le principe consiste à placer la culture de bactéries en présence de pastilles imbibées d'antibiotiques.



Lecture de l'antibiogramme :

- Développement des bactéries avec les antibiotiques 1, 2 et 3 : les bactéries sont résistantes à l'antibiotique ; ce dernier n'empêche pas leur division.
- Pas de développement des bactéries au niveau des disques centrés sur la pastille d'antibiotique 4, 5, 6 et 7.
- Les bactéries sont surtout sensibles aux antibiotiques 5 et 7.



Le résultat du test montre que les antibiotiques 1 et 2 sont sans effet sur les bactéries qui poursuivent leurs divisions et leur développement. Au niveau des pastilles 3 et 4, on observe une zone colorée qui correspond à la destruction des bactéries ou à leur absence de division.

Le disque autour de l'antibiotique 4 a un diamètre supérieur ; il a une plus grande efficacité sur les bactéries responsables de l'infection.

ANTIBIOGRAMME RÉALISÉ À PARTIR D'UN KIT DU COMMERCE

Ces kits montrent les variations de l'efficacité des antibiotiques sur les espèces bactériennes.

La manipulation est sans risque pour les élèves : les bactéries utilisées sont non pathogènes et les antibiotiques sont fournis sur disque de papier.

Manipulation :

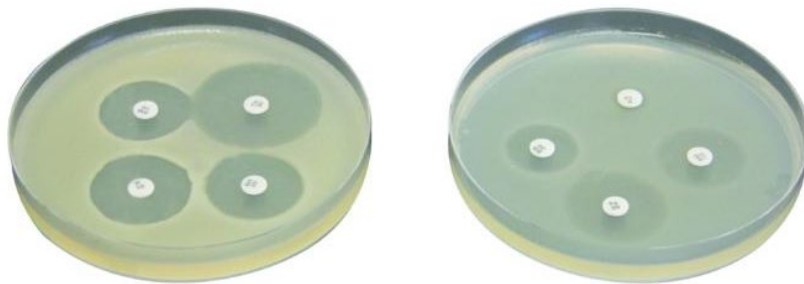
Les bactéries sont mises en culture sur une gélose nutritive et les disques d'antibiotique sont déposés sur la gélose. Les antibiotiques vont diffuser autour des pastilles et former un gradient de concentration dans la gélose. La résistance de chaque souche aux différents antibiotiques pourra être étudiée en mesurant les diamètres d'inhibition autour des pastilles.

Composition commune :

- 1 L de milieu Columbia à couler ;
- 66 boîtes de Petri ;
- 20 inoculateurs ;
- 1 étalon MacFarland.

Exemple de kit www.sordalab.com/FR/catalogue/svt/antibiogramme,C-ANTICOL.php

Résultat obtenu :



Antibiogrammes obtenus avec l'utilisation des antibiotiques mis au contact de bactéries *E.coli* non pathogènes.

Le principe de l'antibiogramme peut être utilisé pour la lecture des résultats, quelle que soit la ressource – kit du commerce ou modèle à partir des produits de substitution – utilisée pour la manipulation par les élèves.

Notes pour l'enseignant :

Le kit avec des bactéries vivantes permet une manipulation qui correspond davantage à la situation réelle (respect du temps de réaction nécessaire à la réalisation de l'antibiogramme et des résultats qu'il faut lire 24 à 48 heures après l'ensemencement et le dépôt des pastilles d'antibiotiques). La manipulation devra être réalisée en conditions stériles. Le résultat sera conditionné à la concentration de la solution de bactéries utilisées pour l'ensemencement. Ces dernières forment un voile bactérien à la surface du milieu nutritif qui permet aux élèves de visualiser la présence de ces micro-organismes.

Le modèle a l'avantage d'être très peu onéreux et d'avoir un résultat rapide sans manipuler de bactéries. La réaction intervient à l'intérieur de la gélose et non en surface ; on ne voit pas de voile bactérien. Le dosage des produits de substitution garantit la compréhension de la spécificité de l'antibiotique.

Note scientifique pour l'utilisation du modèle :

Son utilisation est accompagnée d'un travail sur la limite de la modélisation : cela permet de modéliser la spécificité d'action de l'antibiotique, mais ne permet pas la manipulation avec des bactéries réelles à ensemercer sur un milieu gélosé. Les résultats sont identiques pour tous les élèves, car liés aux réactions chimiques contrôlées par les concentrations indiquées. Il n'y a pas de « vivant » dans les boîtes de Petri.

Les limites du modèle peuvent faire l'objet d'une activité pour développer l'esprit critique des élèves.

Séance 5 : Comment agissent les antibiotiques ?

En France, les antibiotiques sont surconsommés, ce qui entraîne des résistances limitant l'efficacité de ces molécules sur les bactéries visées par le traitement. Ces antibiotiques ne peuvent pas détruire les virus ou les empêcher de se reproduire. Il est donc inutile voire dangereux de les consommer si cela n'est pas nécessaire. Cette activité permettra de découvrir les modes d'action des antibiotiques et de rechercher si ces molécules peuvent aussi agir sur les virus.

Résumé.	
Discipline	Sciences de la vie et de la Terre
Déroulé et modalités	Les élèves recensent quelques modes d'action simples des antibiotiques puis ils cherchent à savoir si ces antibiotiques sont susceptibles d'agir sur le virus SARS-CoV-2 responsable de la pandémie de Covid-19.
Durée	1 h à 1 h 20
Matériel	Chaque binôme de travail a accès aux documents présentés dans l'ENT.
Message à emporter	
Les antibiotiques présentent différents modes d'action sur les bactéries. Les virus ne possèdent pas les éléments structuraux cibles des antibiotiques qui sont donc inefficaces pour le traitement des infections virales.	

Phase 1 : Situation de départ

Activité de mise en lien avec une problématique actuelle de société.



Cette séance peut faire l'objet d'un temps de problématisation avec la classe. Cette phase de construction du problème débute par un questionnement collectif à partir du contenu de l'affiche présentée.

Un moment propice aux débats et aux échanges, et l'occasions pour les élèves de poser des questions : quel est le sens du message délivré sur l'affiche ? Quels éléments avons-nous besoin de connaître pour comprendre totalement le message indiqué sur l'affiche ? Pourquoi cette affiche a-t-elle été créée ?

On recherche ce qu'il est nécessaire de connaître et de comprendre d'un point de vue scientifique pour expliquer cette affiche.

On a besoin de savoir :

- Quand et pourquoi sont utilisés les antibiotiques ?
- Comment expliquer la prescription d'antibiotiques, alors qu'ils ne sont pas efficaces pour soigner une infection ?
- Comment expliquer que les antibiotiques ne soignent pas les infections virales ?

Lien possible avec la situation de la séance 4 : Arthur a été soigné avec des antibiotiques choisis après la réalisation d'un antibiogramme. Lors de la première consultation le médecin avait pensé à une infection virale et n'avait pas prescrit d'antibiotiques. Lors de la deuxième consultation et lorsque le test a révélé l'infection bactérienne, des antibiotiques ont été prescrits.

Nous allons chercher à comprendre comment un antibiotique soigne une infection bactérienne puis nous chercherons à savoir si cet antibiotique peut agir sur les virus.

Phase 2 : Découverte des modes d'action des antibiotiques

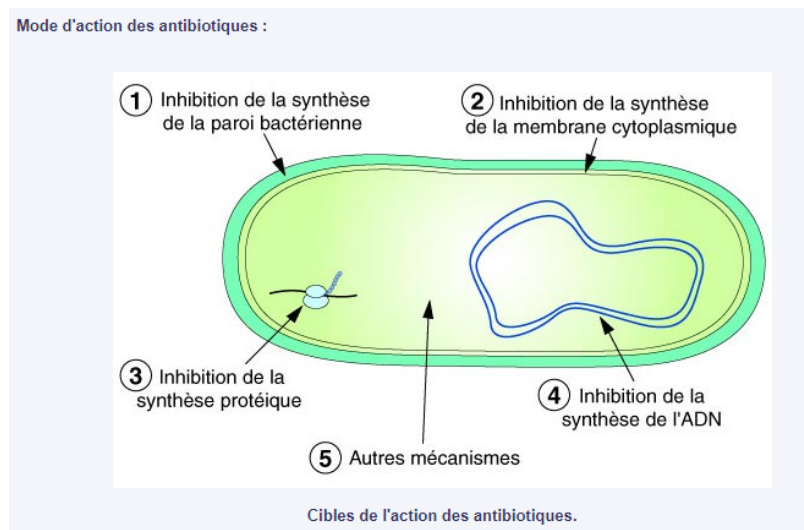
Les élèves recherchent les différents modes d'action des antibiotiques à partir d'un document didactisé pour le niveau du cycle 4 : les sites d'action des antibiotiques sont connus par les élèves. Ce sont des constituants déjà rencontrés lors de l'étude de la cellule.

Votre travail :

Nous cherchons à connaître les différentes cibles des antibiotiques sur les bactéries afin de comprendre comment ils agissent sur ces dernières.

Les **antibiotiques** utilisés en médecine sont fabriqués à partir de cultures de micro-organismes. Ils sont aussi parfois des produits de synthèse. Ils réduisent ou bloquent la multiplication des bactéries.

Ils ont différents modes d'action résumés sur le schéma ci-contre.



Les protéines sont des molécules essentielles à la vie de la bactérie et à la fabrication de sa membrane

Les antibiotiques agissent sur les bactéries soit en inhibant la synthèse de l'ADN, soit en inhibant la synthèse de la membrane plasmique ou de la paroi bactérienne. Ils peuvent aussi empêcher la synthèse de protéines nécessaires à la vie de la cellule. Un antibiotique agit sur une ou plusieurs éléments constitutifs de la bactérie et cela empêche celle-ci de se diviser limitant alors sa prolifération dans l'organisme.

Notes scientifiques :

- Les antibiotiques sont des substances capables d'empêcher la reproduction des bactéries ou de les détruire en bloquant certaines réactions enzymatiques. De nombreux antibiotiques sont produits par des micro-organismes (bactéries, champignons actinomycètes).
- Le peptidoglycane¹ (ou muréine, ou mucocomplexe, ou encore mucopeptide) est un composant de la paroi bactérienne maintenant la forme des cellules et assurant une protection mécanique contre la pression osmotique. Il forme une couche fine chez les bactéries à Gram négatif et une couche épaisse chez les bactéries à Gram positif. C'est un élément dit constant et discriminant chez toutes les bactéries, au même titre que la présence d'un génome ADN et d'une paroi.

Phase 3 : Recherche des cibles des antibiotiques au niveau des virus

Les élèves découvrent l'organisation du virus SARS-Cov-2 responsable de la pandémie de Covid-19. Ils reprennent un à un les modes d'action découverts lors de la phase précédente et constatent que les antibiotiques n'ont pas de cibles sur la structure virale du coronavirus. Les virus partagent un certain nombre de caractères, ce qui permet de généraliser et de comprendre qu'il est inutile de prendre des antibiotiques lors d'une infection virale.

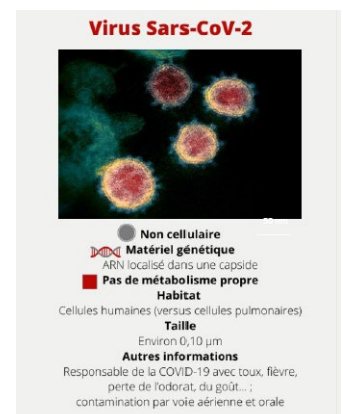
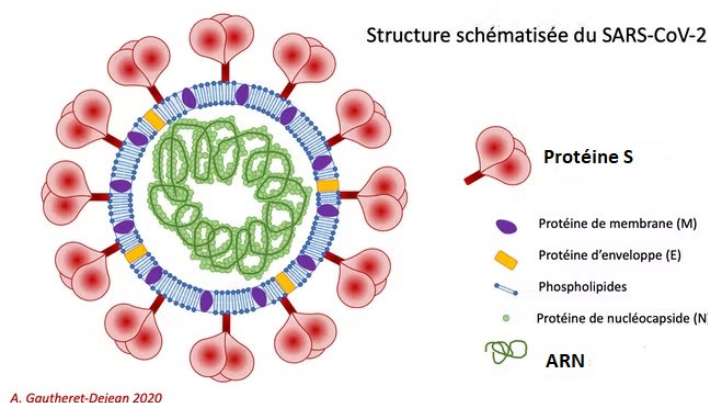
Votre travail :

Nous avons découvert comment agit un antibiotique sur une bactérie. Nous cherchons à savoir si l'antibiotique peut avoir les mêmes effets sur un virus.

Documents supports pour l'activité de recherche :

Le SARS-CoV-2 est un virus entouré d'une enveloppe composée de lipides et de protéines. Parmi les protéines de l'enveloppe, on trouve la protéine S impliquée dans l'attachement du virus à la cellule qu'il s'apprête à infecter.

La protéine S recouvre tout le virus et forme une « couronne » autour de ce dernier quand on l'observe au microscope électronique. Ceci a donné son nom au coronavirus (virus « à couronne »). À l'intérieur de l'enveloppe virale se trouve le génome du virus composé d'ARN qui porte l'information génétique nécessaire à sa réplication.



La carte du jeu peut être associée au schéma du SARS-Cov-2 :

Une particule virale du Sars-Cov-2 :

- ne possède pas de paroi ;
- ne fabrique pas de membrane plasmique (son enveloppe est un fragment de membrane plasmique pris à la cellule lorsqu'il est rentré dans celle-ci) ;
- ne fabrique pas de protéines (ses protéines ont été fabriquées par la cellule qu'il a parasité) ;
- ne possède pas de molécule d'ADN.

Les virus ne possèdent pas dans leur structure les éléments cibles des antibiotiques : ils ne comprennent pas de paroi ni de membrane plasmique, ils ne fabriquent pas de protéines et ne synthétisent pas de molécules d'ADN. La consommation d'antibiotiques est inutile dans une infection virale. Les symptômes d'une infection virale et d'une infection bactérienne étant parfois très proche, il est important de chercher la présence de bactéries avant de prescrire des antibiotiques.

Ces derniers peuvent être toxiques, ils sont également à l'origine de la résistance bactérienne. Ils ne peuvent pas agir sur les virus. Les infections virales sont parfois soignées avec des médicaments antiviraux qui limitent la réplication des virus dans les cellules hôtes.

La vidéo suivante illustre le développement de l'antibiorésistance lors de la consommation d'antibiotiques.

<https://www.youtube.com/watch?v=plVk4NVIUh8>

Les antibiotiques agissent spécifiquement sur certaines activités des cellules bactériennes, par exemple la synthèse de la paroi bactérienne. Les virus ne possèdent pas les mêmes structures et les mêmes mécanismes de réplication que les bactéries. Ils ne sont donc pas sensibles aux antibiotiques.

Mots clés :

Virus, bactéries, membrane, capsid, paroi bactérienne, peptidoglycane, ADN, ARN, nucléotide, réplication.

Bibliographie :

Blanchet, C. *Dictionnaire thématique de biologie*. Éditions Ellipses.

Palka, L. *Le peuple microbien*. Éditions Quæ.

Louis, T. *La folle histoire des virus*. Éditions Humen Sciences.

Coucou, c'est nous les virus ! - <https://location.partageonslessciences.com/147739-2>

Contributeurs

Laurence BARILLER (Maison pour la Sciences Alpes-Dauphiné)

Claire CALMET (Fondation *La main à la pâte*)

Remerciements

Nathalie VUILLOD (*Maison pour la Sciences en Alpes-Dauphiné*)

Nathalie GIORGI (Fondation *La main à la pâte*)

Frédéric PÉREZ (Fondation *La main à la pâte*)

Maison pour la science en Alpes Dauphiné



Date de publication

Février 2023

Licence

Ce document a été publié par la Fondation *La main à la pâte* sous la licence Creative Commons suivante : Attribution + Pas d'Utilisation Commerciale + Partage dans les mêmes conditions.



Le titulaire des droits autorise l'exploitation de l'œuvre originale à des fins non commerciales, ainsi que la création d'œuvres dérivées, à condition qu'elles soient distribuées sous une licence identique à celle qui régit l'œuvre originale.

Fondation *La main à la pâte*

43 rue de Rennes

75 006 Paris

01 85 08 71 79

contact@fondation-lamap.org

Site : www.fondation-lamap.org

