

Séquence de classe

La gloire de Pasteur, la vaccinologie

Projet Pasteur -
Germes & vaccins
Cycle 4

Résumé et objectifs

Cette séquence porte sur la vaccinologie, discipline qui se focalise sur la production de vaccins comme moyen de lutte contre les maladies infectieuses principalement. En SVT, il s'agira d'aborder le principe de la vaccination et les conditions qui ont permis sa découverte. En mathématiques, le cas de la rage illustre le moment où la médecine s'est confrontée à une nouvelle catégorie de pathogènes alors impossibles à observer, car de très petite taille : les virus. C'est l'occasion de mener un travail sur la proportionnalité, les unités de mesure et les différentes échelles d'organisation du monde. Enfin, la mise au point du vaccin contre la rage représente encore aujourd'hui un épisode marquant de l'histoire des sciences. Nous l'étudierons sous divers angles...

Disciplines engagées

SVT, mathématiques, histoire, français, EMI

La compréhension des mécanismes qui sous-tendent le fonctionnement des vaccins, leur production et les méthodes pour évaluer leur efficacité et leur sécurité revêt aujourd'hui une importance fondamentale. Le recours à l'histoire permet d'aborder le sujet avec une distance bienvenue.

Il peut sembler étonnant d'aborder la vaccination avant l'étude du système immunitaire, comme cela est classiquement réalisé. Pourtant, l'histoire des sciences nous apprend que la vaccination, puis les vaccins ont été découverts grâce à une approche empirique et de multiples allers-retours entre observations et expérimentations, bien avant que nous n'ayons pu envisager une explication à ces phénomènes.

La séquence s'ouvre par une étude des travaux de Jenner. L'enseignant peut commencer par récolter les préconceptions des élèves : qu'est-ce qu'un vaccin ? Comment fonctionne-t-il ? Les élèves auront certainement beaucoup d'idées et d'interrogations sur le sujet. Il est intéressant qu'ils puissent les exprimer en début de séquence, même si des réponses seront données tout au long des différentes activités.

Avant de commencer...

Le concept de vaccination est si familier que l'on peut surestimer le niveau de compréhension que l'on en a. En sciences cognitives, on parle d'une **illusion de profondeur explicative**. Pour que les élèves parviennent à s'approprier des concepts scientifiques majeurs, il est légitime d'y consacrer un effort pédagogique supplémentaire. Dans les activités 1, 2 et 4 de cette séquence, nous présentons une manière de faire : exposer plusieurs fois les élèves au principe de la vaccination, en s'appuyant sur différents exemples historiques, chacun ancré dans un contexte différent. L'objectif est d'amener les élèves à percevoir la structure profonde du concept de vaccination (en faisant ressortir les points communs à toutes les situations, quelles que soient les époques ou les maladies traitées). Pour guider les élèves, nous leur proposons de remplir, pour chaque cas étudié, la grille ci-dessous.

Cas n°		
Qui est/sont le(s) sujet(s) concerné(s) ?		
Humain	Animal non humain	
▪ Nom (si disponible) :	▪ Espèce :	
Le sujet a été inoculé par un élément qui l'a protégé par la suite. L'inoculation était-elle accidentelle ou volontaire ?		
Accidentelle	Volontaire	
Quel était cet élément ?		
Le micro-organisme responsable de la maladie dont on veut se protéger.	Un autre micro-organisme, similaire à celui responsable de la maladie dont on veut se protéger.	Le micro-organisme responsable de la maladie dont on veut se protéger, mais sous une forme rendue inoffensive par l'Homme.
Le sujet inoculé (volontairement ou non) présentait-il des symptômes de la maladie ?		
Oui	Non	
Cette inoculation a-t-elle pu rendre le sujet malade ?		
Oui, certaines fois, on peut même en mourir	Non, sauf de légers symptômes	
Le sujet est-il tombé malade lorsqu'il a été ensuite confronté à la maladie ? <i>Note : Si plusieurs sujets ont été testés en même temps, donner la tendance générale.</i>		
Oui	Non, il était immunisé	

Les grilles seront remplies à l'issue de chaque activité, sous la forme d'un bilan. Elles seront reprises une dernière fois après l'Activité 4. La comparaison de l'ensemble des grilles permet de conclure que la vaccination est une inoculation (volontaire dans la majorité des cas) d'une forme inoffensive du pathogène responsable de la maladie dont on cherche à protéger l'individu. Lorsque l'individu reçoit cette inoculation, il peut déclencher des symptômes, mais dans la très grande majorité des cas, ils resteront mineurs. L'individu est ensuite immunisé, c'est-à-dire qu'il a une plus faible chance de tomber gravement malade s'il rencontre ultérieurement le micro-organisme pathogène.

Activité 1 : La première vaccination

Résumé

Disciplines

SVT

Déroulé et modalités

Les élèves vont prendre connaissance de différentes études de cas menées par Edward Jenner, le père de la vaccination. En comparant les histoires de ces personnages, ils découvriront le principe de la vaccination.

Durée

1 heure

Matériel

- Fiches *Études de cas* (Annexe 1)

Message à emporter

Le principe de la vaccination consiste à mettre un organisme en contact d'un microbe pathogène modifié (ou une molécule modifiée du microbe) de manière à déclencher une réaction immunitaire contre la maladie, mais sans provoquer la maladie elle-même. Si l'organisme vacciné vient ultérieurement à entrer en contact avec le même microbe pathogène, sa réaction immunitaire sera plus efficace que s'il n'avait pas été vacciné.

Phase 1 : Une plongée dans l'histoire

L'enseignant présente à la classe le contexte historique de la situation. Il pourra s'inspirer du texte suivant :



Il y a fort longtemps, on avait remarqué qu'on ne pouvait pas avoir deux fois la même maladie. C'était notamment le cas d'une maladie terrible et très contagieuse, la variole, qui couvrait le corps des victimes de pustules pleines de pus et entraînait des infections qui se révélaient mortelles. Une pratique consistait alors à mettre en contact des enfants en bonne santé avec le pus d'un malade, pour éviter qu'ils ne contractent la maladie à un moment de leur vie où ils seraient plus fragiles. Cette technique était cependant risquée. Au XVIII^e siècle, un médecin anglais, **Edward Jenner** (1749-1823), met au point une technique bien plus sûre : la vaccination.

Phase 2 : Études de cas

Les élèves sont répartis par groupes. Au cours de la séance, ils vont découvrir quatre histoires :

- la première concerne la variolisation ;
- les trois autres sont des études de cas menées par Jenner, dont l'une est devenue très célèbre car elle correspond à la toute première vaccination d'un être humain.

Les élèves doivent lire chaque histoire et focaliser leur attention sur le point suivant : comment protège-t-on les individus de la variole ? Pour chacun des quatre cas présentés (les enfants variolisés, Sarah Portlock, Madame H. et James Phipps), les élèves doivent remplir une grille-bilan (cf. p. 2).

Il est possible d'organiser la séance de la façon suivante : dans un premier temps, des groupes de quatre élèves sont constitués et chaque élève du groupe reçoit un scénario. Dans un deuxième temps, les élèves de la classe ayant lu le même scénario se regroupent : l'enseignant s'assure de leur bonne compréhension du texte. Dans un troisième temps, les élèves reforment les groupes initiaux et partagent les informations collectées. Dans un dernier temps, ils remplissent les grilles-bilan.

Éléments de correction

Le tableau suivant, à destination de l'enseignant uniquement, présente de manière synthétique les différents cas étudiés.

Scénarios	Éléments clés du scénario	Points communs avec les autres scénarios	Différences avec les autres scénarios
A Lady Montagu	Il s'agit de variolisation : on inocule la maladie à partir du pus d'un individu faiblement malade.	Comme dans B, C et D : il s'agit de protéger l'individu d'une forme grave de la maladie en lui inoculant une forme atténuée.	Pour obtenir la forme atténuée, on choisit des individus faiblement malades. Mais c'est bien la variole que l'on injecte. Cette pratique est relativement efficace, mais assez dangereuse.
B Sarah Portlock	SP a été naturellement infectée avec la vaccine. Elle n'a pas attrapé la maladie quand elle a nourri son enfant malade de la variole, ni après variolisation.	Comme dans B, C et D : il s'agit de protéger l'individu d'une forme grave de la maladie en lui inoculant une forme atténuée. Comme dans C et D : on inocule les patients avec la vaccine et non la variole. Comme dans C : la première inoculation a été accidentelle.	Contrairement au cas A, l'individu a été mis en contact avec la vaccine et non la variole humaine. Contrairement aux cas A et D, l'inoculation initiale n'est pas volontaire.
C Madame H.	Mme H. a été naturellement infectée avec la vaccine. Elle n'a pas attrapé la maladie quand elle s'est occupée de ses parents malades, ni après variolisation.	Comme dans B, C et D : il s'agit de protéger l'individu d'une forme grave de la maladie en lui inoculant une forme atténuée. Comme dans C et D : on inocule les patients avec la vaccine et non la variole. Comme dans B : la première inoculation a été accidentelle.	Contrairement au cas A, l'individu a été mis en contact avec la vaccine et non la variole humaine. Contrairement aux cas A et D, l'inoculation initiale n'est pas volontaire.

<p style="text-align: center;">D</p> <p style="text-align: center;">James Phipps</p>	<p>JP se voit injecter du pus d'une personne contaminée par la vérole de vache. Il ne tombera pas malade après variolisation.</p>	<p>Comme dans B, C et D : il s'agit de protéger l'individu d'une forme grave de la maladie en lui inoculant une forme atténuée.</p> <p>Comme dans C et D : on inocule les patients avec la vaccine et non la variole.</p>	<p>Contrairement au cas A, l'individu a été mis en contact avec la vaccine et non la variole humaine.</p> <p>Contrairement aux cas B et D, l'inoculation initiale est volontaire. Elle se fait depuis un individu atteint de vaccine et non directement par une vache infectée.</p>
--	---	---	---

Voici quelques éléments de correction relatifs aux grilles que les élèves doivent remplir :

- Les individus variolisés se voient injecter le micro-organisme responsable de la maladie dont on souhaite les protéger. Des accidents arrivent et certains individus sains en meurent.
- Dans les scénarios B et C, les inoculations sont involontaires, mais elles correspondent bien à des cas de vaccination.
- Dans les scénarios B, C et D, on inocule un micro-organisme similaire, mais pas identique à celui responsable de la maladie. On dit que Jenner a découvert la vaccination, mais que c'est Pasteur qui, le premier, a mis au point un vaccin en rendant inoffensif le pathogène responsable de la maladie (cf. Activité 2).
- Dans le scénario D, on illustre la toute première vaccination volontaire d'un être humain.

À l'issue de l'activité, l'enseignant peut résumer la découverte de Jenner. Le scientifique a étudié la vaccine (ou vérole de vache). Vaccine vient de *vacca* – la vache en latin – car c'était une maladie de bovins, mais il arrivait que les vachères puissent la contracter. Elles développaient alors quelques pustules passagères, mais rien de plus.

Jenner a établi un lien entre cette maladie et une maladie humaine bien plus grave : la variole. Il a notamment remarqué que les vachères qui contractaient la vaccine n'attrapaient généralement pas la variole. On retrouve l'idée de « non-récidive » : il est fréquent qu'une fois qu'on a contracté une maladie, on ne peut généralement pas l'avoir une seconde fois. Sauf que dans le cas précis, il ne s'agissait pas exactement de la même maladie ! La vaccine semblait donc être une forme atténuée pour l'organisme de la terrible variole.

Jenner a testé son idée en réalisant la première vaccination de l'histoire : il a conféré une immunité à un enfant en lui inoculant du pus d'une personne ayant contracté la vaccine. Pour prouver que l'enfant était bien immunisé, il lui a injecté la variole et a montré qu'il ne déclenchait pas les symptômes de la maladie.

Activité 2 : Le premier vaccin

Résumé

Disciplines

SVT, français (en prolongement optionnel)

Déroulé et modalités

À l'aide d'un livret, les élèves retracent quelques grandes étapes de la découverte du premier vaccin. Ils comprendront que la démarche scientifique est une entreprise longue, complexe et faite de tâtonnements.

Durée

1 heure

Matériel

- Livret d'enquêtes et carnet à remplir (Annexe 2)
- Cartes *Poules* à imprimer en couleur recto-verso (Annexe 3)

Messages à emporter

Une des techniques de production des vaccins consiste à présenter à l'organisme des agents pathogènes atténués. L'organisme déclenche ainsi une réaction immunitaire contre ces microbes, sans attraper la maladie elle-même. Si par la suite, l'organisme rencontre réellement le pathogène actif, il pourra se défendre de manière bien plus efficace qu'en l'absence de vaccination.

La production de savoirs est le résultat d'une démarche longue et exigeante. C'est à ce prix que l'on peut obtenir des connaissances fiables et dignes de confiance.

Phase 1 : Une plongée dans l'histoire

Note : L'activité permet de présenter le principe de la vaccination, tout en faisant vivre aux élèves une expérience plus réaliste du processus de découverte scientifique (cf. conclusion). Il est suggéré de donner, en amont de l'activité, une présentation claire du processus de vaccination (grâce à l'Activité 1 ou de manière transmissive).

L'enseignant présente à la classe le contexte historique de la situation. Il pourra s'inspirer du texte suivant :



En 1878, **Louis Pasteur** (1822-1895) pense de manière récurrente au défi de la vaccination. Il répète sans cesse à ses collaborateurs : « Il faut immuniser contre les maladies infectieuses dont nous cultivons les virus. » Comprendre une maladie (Séquence 1), puis isoler l'agent responsable de cette maladie (Séquence 2) ne sont que les deux premières étapes d'un processus qui doit se terminer par l'élaboration d'un vaccin. Pasteur connaît les travaux de Jenner ; mais comment vacciner lorsqu'il n'existe pas une maladie similaire à la maladie que l'on combat ? Pasteur cherche une autre technique, qui pourrait fonctionner pour toutes les maladies infectieuses...

Phase 2 : Une enquête de longue haleine

L'enseignant explique aux élèves qu'ils vont mener une enquête difficile sur les traces de Louis Pasteur. Ils vont étudier une maladie nommée choléra des poules, qui touche les animaux domestiques. Par groupes, les élèves disposent d'un livret : ils doivent lire le scénario chapitre par chapitre et prendre des décisions. Ils ont également un jeu de cartes qui représentent des poules sur lesquelles ils vont réaliser leurs expériences. Les cartes sont mises à la disposition des élèves faces cachées ; ils devront les étaler sur la table quand le livret le leur indiquera.

Les élèves jouent ensuite en autonomie. Ils lisent le texte du chapitre 1, répondent aux questions et poursuivent leur enquête. S'il leur est demandé de réaliser des expériences, leurs choix les conduiront à piocher un certain nombre de cartes *Poules*, d'une certaine couleur (les cartes doivent donc être imprimées en couleur sur leur verso). Nous proposons un carnet de notes ([Annexe 2](#)) à compléter pour limiter le temps que les élèves passent à rédiger (car il y a de nombreuses expériences consécutives).

Note : Les cartes ont deux couleurs au verso (pour brouiller les pistes). Si on demande aux élèves de piocher une carte verte, ils doivent comprendre qu'il leur faut piocher une carte dont l'une des couleurs est le vert.

Éléments de correction

Chapitre 1

Bien que coûteux pour l'industrie agricole, le choléra des poules n'est alors pas la pire des maladies infectieuses que doit affronter le monde rural. Mais d'autres éléments incitent Pasteur et ses assistants à se focaliser sur cette maladie : les poules sont faciles à se procurer pour réaliser les expériences ; la maladie se déclare rapidement, ce qui rend les expériences plus courtes ; elle est également mortelle dans la plupart des cas, ce qui rend les résultats plus faciles à interpréter ; enfin, la bactérie responsable de la maladie a déjà été découverte, ce qui facilite les nouvelles recherches.

Chapitre 2

Le chapitre 2 nous emmène dans les rues de Paris, grâce à un extrait du roman *Le Ventre de Paris*, d'Émile Zola. C'est l'occasion d'un travail interdisciplinaire avec l'enseignant de lettres. Si cela n'est pas envisageable, il vaut mieux retirer le texte car il est difficile à lire. L'élève doit ensuite poser l'ensemble des cartes *Poules* sur la face verso (en couleur) pour représenter le marché. Deux poules sont alors achetées au marché et inoculées avec la culture de bactéries. Les deux vont mourir, ce qui témoigne de la virulence de la culture (les bactéries prélevées sur le coq sont donc bien vivantes et mortelles).

Chapitre 3

Les expériences scientifiques ne durent pas une heure comme c'est souvent le cas en classe, mais des semaines, des mois, voire des années. Les scientifiques doivent donc être rigoureux et conserver une trace de toutes les expériences menées et de tous les résultats obtenus.

Chapitre 4

Si les élèves choisissent de travailler durant l'été, ils récoltent un indice supplémentaire : des cultures « vieilles » de bactéries peuvent se montrer moins virulentes (Pasteur avait déjà conscience de ce fait grâce à ses études sur les fermentations). C'est une surprise de constater qu'il existe des variations

entre ces micro-organismes, mais Pasteur a l'idée d'y voir une aubaine : en inoculant un organisme sain avec des bactéries moins virulentes, on peut envisager de lui procurer une immunité, comme avait pu le faire Jenner en son temps.

Chapitre 5

Beaucoup d'histoires ont été racontées sur cet été de 1879. Toujours est-il qu'une culture vieillie (laissée au contact de l'air pendant les vacances) a été utilisée pour inoculer des nouvelles poules. Celles-ci ont survécu, confirmant la perte de virulence de cette culture. La conclusion qui aurait pu s'imposer était que les bactéries étaient toutes mortes et bonnes à jeter.

Chapitre 6

La culture vieillie semble donc être inutile pour la suite des expériences. À moins que... Les élèves peuvent réfléchir à une alternative, mais ils sont surtout invités à discuter avec M. Pasteur en personne, qui leur propose d'infecter deux nouvelles poules après quelques jours.

Chapitre 7

L'inoculation de ces bactéries va tuer les poules. Elles n'étaient donc pas mortes et se montrent capables, après un certain temps, de redonner une culture active. Si le contact avec l'air ne les a pas tuées, elles semblent être devenues moins virulentes – un peu comme y était parvenu Jenner, mais par un tout autre moyen (cf. Activité 1). Pasteur va cependant plus loin car il provoque expérimentalement cette perte de virulence (même s'il ne sait pas précisément pourquoi ni comment).

Une nouvelle expérience est mise en place pour tester cette hypothèse. Le flacon X contient une culture d'une souche supposée virulente. Les élèves peuvent proposer de la faire vieillir au contact de l'air pendant 45 jours pour reproduire les conditions de la culture vieillie pendant les vacances.

Les résultats expérimentaux que les élèves obtiennent dépendent des expériences menées. Il peut être ici intéressant que l'enseignant fasse un point avec le groupe classe pour partager les différentes idées des élèves et vérifier leur compréhension des expériences menées jusqu'ici. Si les élèves ont choisi de faire vieillir longtemps la culture au contact de l'air pour préparer le flacon X1, ils constatent bien que cela provoque une perte de virulence des bactéries. La perte de virulence est moins franche lorsque les bactéries ont passé seulement 15 jours au contact de l'air (le temps a donc son importance) et elle est absente en milieu neutre (c'est donc le contact avec l'air qui provoque l'atténuation).

Chapitre 8

Les poules qui ont reçu l'injection de la culture vieillie ont survécu : on sait donc maintenant comment atténuer la virulence des bactéries. C'est un premier succès, mais il reste à vérifier si ces bactéries moins virulentes peuvent immuniser les poules, autrement dit servir de base pour la production d'un vaccin. On réalise ici une expérience classique (chez l'animal) de vérification de l'efficacité du vaccin : cinq poules (du chapitre 7) ayant reçu le vaccin supposé se voient inoculer avec une souche virulente. Elles vont pratiquement toutes survivre, alors que cinq poules nouvelles non vaccinées (groupe témoin) meurent. La démonstration est quasi parfaite !

Chapitre 9 (optionnel)

En réalité, Pasteur s'interroge : et si les poules qui ont survécu étaient en réalité déjà immunisées ? On propose de recommencer la démonstration en partant d'un lot unique de poules et en le divisant en quatre :

- Un lot témoin passif (aucune injection) : ces poules survivent.

- Un lot témoin actif (injection de la bactérie) : ces poules meurent, prouvant la virulence du flacon.
- Un lot test après une courte phase de vieillissement : toutes ne meurent pas ; il y a donc un début d'immunisation, mais elle est incomplète.
- Un lot test après une phase de vieillissement plus longue de la culture : l'immunité est cette fois complète.

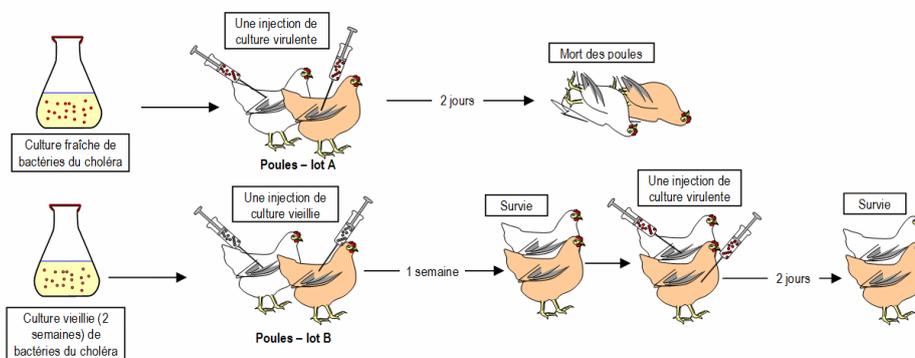
Chapitre final

Les élèves ont maintenant terminé l'enquête. Ils doivent écrire un argumentaire pour résumer (globalement) leur démarche, et surtout la conclusion.

Conclusion

Lors de la correction, l'enseignant souhaitera insister sur deux points :

- Le principe de la vaccination : volontairement, nous n'entrerons pas ici dans les mécanismes immunologiques (cf. Séquence 4) ; Pasteur lui-même avait à ce stade une idée incorrecte des mécanismes explicatifs. Nous insisterons, comme dans l'Activité 1, sur le phénomène de l'atténuation. On met l'organisme (plus précisément son système immunitaire) en contact avec un élément (ici, une bactérie non virulente) : ceci va déclencher une réponse immunitaire sans provoquer de maladie. On dit que cet élément est immunogène, mais non pathogène. Ultérieurement, lors d'une véritable rencontre avec le pathogène virulent, la réponse immunitaire est plus rapide et plus forte : l'organisme a acquis plus de chances de ne pas attraper la maladie ou de guérir plus vite et plus complètement.
- Le fonctionnement de la science. Il est classique de présenter la découverte du premier vaccin de Pasteur par le schéma suivant :



L'enquête que les élèves ont menée n'est évidemment qu'une partie du travail que Pasteur et ses assistants ont fait avant de proposer une méthode expérimentale pour produire un vaccin et prouver son efficacité. Mais elle révèle quelques caractéristiques de la démarche scientifique expérimentale : c'est un travail exigeant, long, qui demande de la rigueur ; il ne s'agit pas seulement de valider des hypothèses (que l'on sait pratiquement être vraies) ; il s'agit plutôt d'un travail fait d'essais, de tâtonnements, de doutes, de réflexions. Il faut être prêt à accepter les faux pas, à remettre ses idées à jour grâce aux nouvelles données. Il faut enfin un esprit de synthèse pour assembler un faisceau d'indices qui aboutira à une connaissance, reproductible et vérifiable par d'autres. Nous vous recommandons la lecture du [travail d'Éric Tréhiou](#) sur ce sujet, présent sur le site d'Éducol.

Activité 3 : Un ennemi de taille, la rage

Résumé

Disciplines

Mathématiques, SVT

Déroulé et modalités

Les élèves réalisent des calculs de proportionnalité pour représenter à l'échelle une coupe transversale de cheveu, une bactérie... et un virus. L'occasion de travailler sur la mesure et les unités.

Durée

1 heure

Matériel

- Quelques feuilles blanches de différents formats
- Un compas et une règle

Message à emporter

Il est difficile de se construire une image mentale d'un univers que nos sens ne peuvent pas percevoir. Grâce aux outils technologiques et mathématiques, nous comprenons qu'il existe au sein du monde microscopique une grande diversité « d'objets » de tailles très différentes. Les bactéries sont des petites cellules (de quelques micromètres), c'est-à-dire qu'elles sont 10 à 100 fois plus petites qu'un diamètre de cheveu. Les virus sont généralement 10 à 100 fois plus petits que les bactéries. Les molécules sont généralement 10 à 1 000 fois plus petites que les virus. Ce sont des ordres de grandeur, les variations sont grandes.

Phase 1 : Une plongée dans l'histoire

L'enseignant présente à la classe le contexte historique de la situation. Il pourra s'inspirer du texte suivant :

« Puisse la rage nous rendre notre rang ! » **Louis Pasteur** a vécu douloureusement les progrès scientifiques accomplis par les Allemands, Robert Koch en tête. Ces derniers viennent notamment d'identifier le terrible bacille du choléra, responsable de tant de ravages. Pasteur veut frapper fort. Il s'attaque à la rage, cette maladie qui « évoque des visions de légende, de malades furieux, inspirant la terreur à tout leur entourage, attachés et hurlants, ou bien asphyxiés entre deux matelas », pour reprendre les mots d'Émile Duclaux. Pasteur sait que l'agent pathogène se trouve dans le système nerveux des animaux malades. Il tente alors de l'observer sous son microscope, suivant la procédure habituelle...

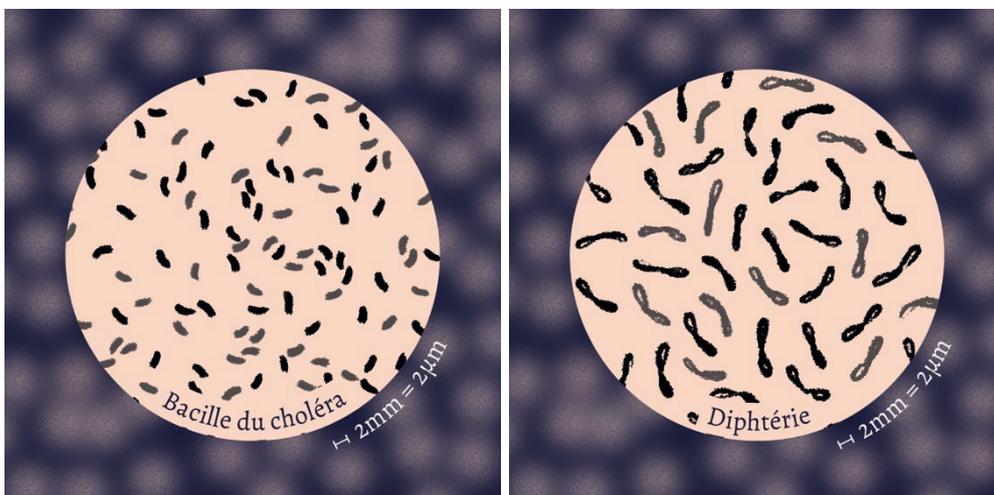


Phase 2 : Petit comment ?

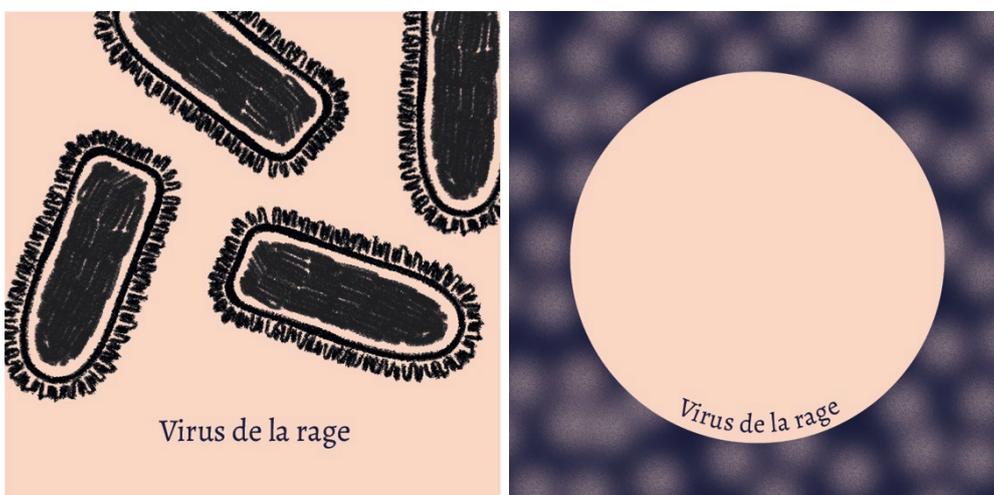
L'enseignant propose aux élèves une activité autour des ordres de grandeur et des dimensions des objets vivants. Ces considérations seront prolongées dans la Séquence 4. Ce travail autour des calculs de proportionnalité et des niveaux d'organisation du vivant peut être mené de manière conjointe par les enseignants de mathématiques et de SVT.

Étape 1

En s'appuyant sur le jeu de cartes *Biodiversité microbienne* (cf. Séquence 2), l'enseignant demande aux élèves de calculer la dimension moyenne des bactéries. Cette étape est réalisée en groupe classe. Elle permet de rappeler les règles pour les calculs de proportionnalité. L'ordre de grandeur est celui du micromètre (de 1 à quelques micromètres de long). On le voit dans les exemples ci-dessous, où visuellement le bacille du choléra est de l'ordre de grandeur de l'échelle (2 micromètres), tandis que la bactérie responsable de la diphtérie est environ trois fois plus grande.



Pour rappel, ces cartes représentent, au recto, l'agent pathogène et, au verso, le même agent vu au microscope optique, tel que Pasteur pouvait l'observer. Voici maintenant la carte de l'agent infectieux responsable de la rage.



L'objectif est d'amener les élèves à comprendre qu'à l'époque de Pasteur, les microscopes disponibles (microscopes optiques, comme les élèves en disposent dans les établissements scolaires) ne permettaient pas l'observation des virus comme celui responsable de la rage. Pour les conduire à cette conclusion, nous allons proposer aux élèves de représenter des niveaux d'organisation toujours plus petits. Le point de départ de ce travail se situe à une échelle encore visible pour l'œil : le cheveu.

Étape 2

L'enseignant donne maintenant aux élèves une série de défis à réaliser individuellement ou par groupes de deux. Les élèves peuvent progresser à des rythmes différents ; l'objectif est qu'ils parviennent tous à se familiariser avec les outils mathématiques présentés.

- Défi n° 1 : Sur une feuille A3, l'enseignant demande aux élèves de considérer que 1 centimètre représente 2 micromètres. Les élèves reçoivent maintenant le défi suivant : représenter sous la forme d'un cercle :
 - une coupe transversale d'un cheveu de 0,05 millimètre de diamètre ;
 - une bactérie de 2 micromètres de diamètre (la représentation sous la forme d'un cercle d'une bactérie est une approximation qu'on signalera aux élèves).

Pour guider les élèves sur la première partie du défi, l'enseignant peut reproduire ce schéma au tableau (illustrant le plan de coupe transversale et la longueur considérée).

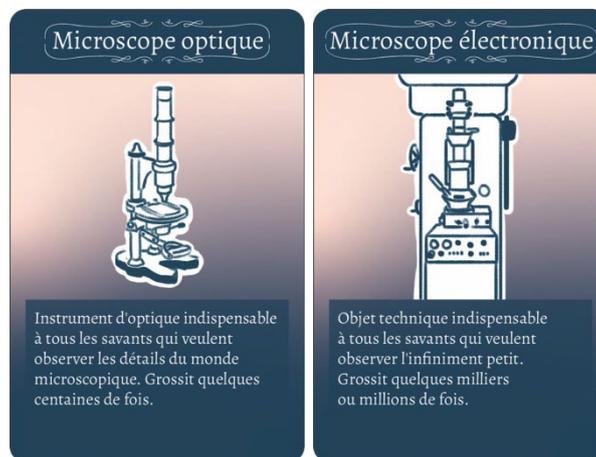


- Défi n° 2 : Sur une feuille A4, l'enseignant demande aux élèves de considérer que 1 centimètre représente 0,1 micromètre. Les élèves reçoivent maintenant le défi suivant : représenter sous la forme d'un cercle :
 - une bactérie de 2 micromètres de diamètre ;
 - un virus de 0,05 micromètre de diamètre (on pourra plutôt dire 50 nanomètres, et préciser l'équivalence entre nanomètre et micromètre pour les élèves plus à l'aise avec ces concepts).
- Défi n° 3 : Sur une feuille A5, l'enseignant demande aux élèves de reproduire la carte *Bacille du choléra* en utilisant l'échelle donnée sur cette carte : on se contentera de représenter deux ou trois bactéries. Les élèves reçoivent le défi suivant :
 - calculer la taille qu'aurait sur le même dessin un virus de la rage de 200 nanomètres de long ;
 - le représenter.

Éléments de correction

La fin du troisième défi est pour ainsi dire impossible à réaliser. Les élèves comprendront que le microscope optique, tel que l'utilisait Pasteur, était largement insuffisant pour déceler des micro-organismes aussi petits. C'est aussi l'un des indices qui révèlent que bactéries et virus appartiennent à des univers biologiques différents. L'enseignant pourra développer une de ces pistes :

- Les différences entre virus et bactéries (notamment l'organisation cellulaire présente uniquement chez les bactéries) et les conséquences pratiques (le fait que les bactéries soient sensibles aux antibiotiques et pas les virus).
- Le lien entre progrès scientifiques et techniques : ce n'est qu'en 1962 que le virus de la rage sera observé pour la première fois, grâce à une nouvelle génération de microscopes (dits électroniques, créés dans les années 1930). D'autres méthodes d'étude des micro-organismes reposent sur des observations indirectes grâce aux progrès de la génétique. Les cartes suivantes sont issues du projet « Pasteur – Fermentations » (Séquence 2 – Activité 1) :



L'enseignant de SVT pourra conclure l'activité en insistant sur le point suivant : même si Pasteur ne pouvait pas observer le virus, il est malgré tout parvenu à expérimenter avec. Il a notamment réussi à obtenir une forme du virus non pathogène (en réalité, Pasteur a tué les virus, sans le comprendre dans un premier temps) qu'il a utilisée pour produire le tout premier vaccin humain. Un approfondissement sera présenté dans l'Activité 4 – Phase 2.

Activité 4 : Le poids des images

Résumé

Disciplines

EMI, histoire, arts plastiques, SVT

Déroulé et modalités

Les élèves associent deux images célèbres, associées à la glorieuse découverte de Pasteur. L'occasion d'aborder la représentation du scientifique au XIX^e siècle et, plus généralement, de mener un travail autour de l'information véhiculée par les images.

Durée

1 heure

Matériel

- Documents sur Pasteur (Annexe 4)

Message à emporter

Les images transmettent des informations qui, souvent, nous marquent et restent plus facilement en mémoire que des textes écrits. Mais nous avons tendance à être moins critiques à leur égard que pour d'autres formes de communication. C'est pourquoi il est important de chercher la source d'une image, de vérifier son intégralité et d'analyser les intentions de son auteur. Il faut aussi connaître les avantages et les limites des recherches d'information sur Internet.

Phase 1 : Une plongée dans l'histoire

L'enseignant présente à la classe le contexte historique de la situation. Il pourra s'inspirer du texte suivant :



Si le seul nom de Pasteur est associé à la découverte du vaccin contre la rage, un autre brillant chercheur a apporté sa pierre à l'édifice : il s'agit d'**Émile Roux** (1853-1933). Avec d'autres collaborateurs, les deux hommes multiplient les expériences sur le chien, puis sur les lapins. L'objectif, toujours le même, était de parvenir dans un premier temps à cultiver le microbe invisible puis, dans un second temps, à l'atténuer, c'est-à-dire à obtenir une version moins virulente et qui pourrait servir de base à un vaccin. Les recherches débutèrent en 1880. Elles couronnèrent de gloire Pasteur cinq ans plus tard.

Phase 2 : Défi d'observation !

L'enseignant distribue aux élèves le premier document de l'Annexe 4. Il s'agit de la plus célèbre des représentations de Pasteur, réalisée par Albert Edelfelt en 1885. Ce tableau glorifie non seulement la figure de Louis Pasteur sur le point de triompher de la rage, mais plus généralement la science, une valeur fondamentale de la III^e République.

L'enseignant propose aux élèves de mener, en groupes de trois ou quatre, une enquête sur ce tableau. Ils ont dix minutes pour déterminer et nommer le maximum d'éléments présents sur ce tableau qui leur évoquent la science, les scientifiques et la démarche scientifique. Chaque élément trouvé leur rapportera plus ou moins de points. Le travail peut être mené au CDI, en collaboration avec le professeur documentaliste si on souhaite que les élèves puissent approfondir leur enquête (quelques livres peuvent être mis à leur disposition : un livre sur le matériel en chimie, afin qu'ils puissent nommer les objets les moins connus, et un autre sur la découverte de Pasteur, afin qu'ils puissent déterminer le contenu du flacon central). Il faudra prévoir dans ce cas de doubler la durée du défi. À l'issue des recherches, l'enseignant procède à la correction.

Éléments de correction

À l'issue du temps imparti, l'enseignant procède à la correction et à l'attribution des points à l'aide du tableau suivant :

Éléments du tableau	Points	Commentaires
Le microscope	10	L'outil indispensable pour traquer certains agents infectieux. Il est ici représenté en arrière-plan, peut-être pour souligner qu'il est inutile dans le cadre des recherches contre la rage, le virus étant trop petit pour être observé.
Des flacons	5	Ils contiennent différents produits ou milieux de culture.
Des ballons	5	L'outil du biologiste par excellence pour fabriquer des milieux de culture, en attendant que la boîte de Petri soit inventée.
Un livre	5	Les résultats des recherches scientifiques sont compilés dans des livres qui servent aux autres chercheurs. Pasteur s'est appuyé sur des travaux d'autres scientifiques avant lui. Bien sûr, cette connaissance ne suffit pas et la recherche de nouveaux faits est indispensable pour poursuivre l'acquisition des savoirs. C'est tout l'enjeu des expériences menées par Pasteur et Duclaux.
Le carnet de notes	10	Le carnet de laboratoire dans la main gauche permet de prendre des notes au fur et à mesure des expériences. On écrit, on couche sur le papier l'ensemble des faits observés, analysés pendant plusieurs mois, des idées au fil de nombreuses expérimentations, de façon méthodique et soigneuse. Tout est rassemblé, réussites et échecs, essais et erreurs, car on ne sait pas ce qui se révélera utile au moment d'interpréter les données.
Les étagères et la table	5	Les étagères pour ranger les flacons des nombreuses expériences en cours ; la table pour travailler.
Le contenu du flacon central : la moelle épinière de lapin infecté par la rage	25	Pasteur commence à travailler sur les chiens avant de poursuivre sur les lapins. Il utilise un flacon particulier, conçu pour sécher le contenu. Le flacon contient de la moelle épinière de lapin séchée que Pasteur utilise pour fabriquer son vaccin (elle contient une forme non virulente de la rage – des virus morts – qui induit une réaction immunitaire protectrice dans l'organisme sans le rendre malade).

La correction est l'occasion d'un échange autour du matériel présent dans les laboratoires du XIX^e siècle (l'enseignant pourra se reporter à une autre activité développée dans le cadre du projet « Pasteur – Fermentations », Séquence 2 – Activité 1, pour plus de détails). Une précision cependant sur un outil développé spécialement pour l'occasion : le flacon à double tubulure, que Pasteur tient dans sa main droite. C'est Émile Roux qui a eu l'idée de ce tube. Il permettait d'établir un courant d'air à l'intérieur du flacon, ce qui desséchait la moelle épinière et tuait ainsi les virus.

Note : Une mise au point s'impose avant de poursuivre. Le vaccin contre la rage peut s'utiliser d'une manière très spécifique par rapport aux autres vaccins : on peut l'injecter après l'infection, mais avant l'apparition des symptômes. Cela tient au fait que la maladie est lente à se déclarer après la morsure par l'animal enragé et laisse le temps au vaccin de remplir sa fonction protectrice. Les élèves devront être informés de ce point ou ils pourraient être surpris par les cas présentés ci-dessous.

Phase 3 : Défi d'investigation !

Il est possible de proposer aux élèves un autre défi autour d'une seconde image célèbre ([Annexe 4](#)). C'est une gravure de la vaccination de l'enfant Jean-Baptiste Jupille, parue dans le journal *L'Illustration*.

Attention : Sur de très nombreux sites, cette gravure est associée au nom de Joseph Meister (cf. Activité 5). Cela n'est pas crédible : Pasteur n'a pas cherché à communiquer sur le cas de Joseph Meister et il n'aurait pas invité un journal pour immortaliser l'instant ! Le vaccin était alors encore en phase de test sur des animaux. Son assistant, Émile Roux, lui déconseillait d'ailleurs de l'essayer sur l'Homme avant plusieurs mois. Pasteur vaccina malgré tout l'enfant, mais il n'était pas confiant. Heureusement, l'histoire eut une issue heureuse et elle convainquit Pasteur de l'efficacité de son vaccin. Lorsque le cas de Jean-Baptiste Jupille se présenta à lui, Pasteur accepta qu'une publicité importante soit faite autour de sa vaccination. Jupille deviendra un héros, et Pasteur une légende.

Toute personne (élève ou non) effectuant une recherche sur cette image risquerait d'arriver à la conclusion erronée que l'enfant est Joseph Meister, car les sources qui relaient cette affirmation ont une bonne réputation. Une telle activité ne doit surtout pas faire naître dans l'esprit de l'élève que toutes les sources d'information, même les journaux les plus réputés, commettent sans cesse des erreurs (elles en commettent, mais restent majoritairement fiables, surtout sur des sujets importants). L'activité ne doit pas non plus mener l'élève dans une impasse où il lui semblerait impossible de parvenir à une solution. Il faut donc le guider, au moment opportun, vers un site qu'il pourra identifier comme fiable. Une recherche avec un outil comme Google Lens, par exemple, suggère différents sites : l'enseignant peut orienter l'élève vers celui de l'Institut Pasteur, qui possède une banque d'images en lien avec les travaux du chercheur (référence D2511 dans le moteur de recherche de la [photothèque](#)). Cette banque a été produite et annotée par des experts en documentation et en histoire.

L'enseignant distribue l'image aux groupes d'élèves et ceux-ci reçoivent la consigne de récolter un maximum d'informations sur la scène et les personnages représentés, car ils devront répondre ultérieurement à une série de questions sous la forme d'un défi. Lors de cette phase de recherche qui, dans l'idéal, se déroule au CDI sous les conseils et explications du professeur documentaliste, les élèves prennent des notes pour se préparer au quiz final.

À l'issue de cette étape de recherche, l'enseignant propose le quiz qui se déroule ainsi : l'enseignant pose aux différents groupes une série de questions relatives à la gravure. Il laisse à chaque fois une minute aux élèves pour se concerter et rédiger une courte réponse écrite. À l'issue du quiz, les points sont comptés et le groupe qui marque le plus de points remporte le défi.

Le tableau suivant résume les questions, les éléments de réponse et les points attribués en cas de bonne réponse.

Questions	Réponses	Points
Nom du journal où est parue cette gravure ?	<i>L'illustration</i> (journal hebdomadaire français). Il est capital de savoir rechercher la source d'une information pour en estimer la fiabilité !	10
Date de parution ?	7 novembre 1885.	5
Nom du personnage en arrière-plan ?	Louis Pasteur.	5
Nom et profession du personnage debout à droite ?	C'est le médecin Camille Grancher.	10
Nom du personnage assis ?	C'est le petit garçon Jean-Baptiste Jupille (et non Joseph Meister, même si l'erreur est fréquente sur Internet, d'où le bonus de points !). Dans l'idéal, tous les élèves ont été guidés pour parvenir à la bonne conclusion.	20
Contenu de la seringue que tient le personnage debout ?	C'est le vaccin contre la rage, bien sûr.	5
Ce qui a amené l'enfant assis ici ?	À 16 ans, Jupille se fait mordre par un chien enragé en défendant des jeunes enfants qui étaient poursuivis par le chien.	15
Ce qui va lui arriver et les conséquences historiques associées ?	Le vaccin sauve le jeune homme d'une mort certaine. Pasteur va faire beaucoup de publicité autour de ce cas : il est le héros qui a sauvé un autre héros ! La nouvelle de la découverte par Pasteur du vaccin contre la rage fait le tour du monde. C'est un succès historique qui permettra à Pasteur d'obtenir les financements pour la création de l'Institut Pasteur.	25

Les images ont un poids important sur les esprits. Pasteur devait en avoir conscience quand il réfléchissait au moyen de communiquer largement autour de la vaccination de Jupille. Celui-ci devenait un héros qui avait sauvé des enfants, et Pasteur le héros qui l'avait sauvé à son tour. C'était un moyen parfait de toucher le grand public et convaincre de la prodigieuse découverte qu'était le vaccin contre la rage. La nouvelle du succès dépassera les frontières de la France ; même des enfants américains feront le voyage jusqu'en France pour profiter du vaccin. Grâce à toute cette communication, Pasteur obtiendra le soutien financier nécessaire à la construction d'un centre de traitement contre la rage : le futur Institut Pasteur.



Travailler l'esprit critique et les méthodes de la science

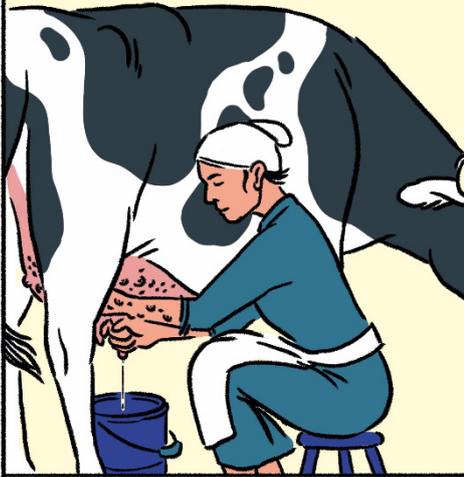
Quand on fait une recherche sur Internet, on peut se contenter de regarder les images sur les moteurs de recherche. Les images fournies sont parfois sans rapport direct avec la recherche ; le simple ajout d'un titre à l'image peut par ailleurs transformer la représentation qu'on se fait en la découvrant. Il faut donc prendre le temps de lire l'article présentant l'image qui nous intéresse. Il faut également déterminer la source qui rapporte l'information en lien avec cette image. On peut ensuite essayer d'en déterminer la fiabilité (la source est-elle compétente sur le sujet ? A-t-elle des intérêts particuliers qui pourraient l'amener à ne pas être très honnête ou impartiale ?).

Annexe 1 : Études de cas

<p>1716, Constantinople Lady Montagu, femme d'un ambassadeur britannique, parcourt la ville de Constantinople et rencontre ses habitants. Elle entend parler d'un procédé pour lutter contre une maladie qui l'avait touchée personnellement : la variole.</p>	<p>Ce procédé est la variolisation. Il s'agit de prélever du pus d'un individu faiblement malade et de l'inoculer à un individu sain (des enfants surtout) pour les empêcher de développer une forme grave.</p>
 A woman in a blue dress and headscarf stands in a landscape with a large domed building in the background. She is gesturing with her hand as if speaking.	 A man in a blue tunic and cap is showing his arm to a woman. He has several small dark spots on his arm, representing pus from a mild case of smallpox.
<p>De retour en Angleterre, Lady Montagu parle de cette technique révolutionnaire à la cour du roi Georges II. Elle l'utilise sur ses propres enfants.</p>	<p>Après quelques tests (sur des prisonniers et des enfants pauvres) la technique est adoptée. Même si elle représente un progrès, elle reste dangereuse et peut s'avérer mortelle dans certains cas.</p>
 Lady Montagu, in a blue dress with a pink collar, stands in a room with blue curtains. She is talking to two other women who are also dressed in period clothing.	 A group of people, including men and women, are gathered in a room. Some have visible spots on their arms, while others look on with concern or interest.

1765, Campagne Anglaise

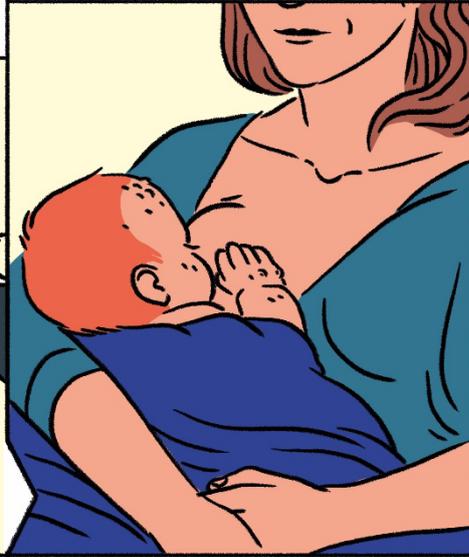
Sarah Portlock est servante chez un fermier. En allant traire des vaches atteintes de vaccine (ou variole de la vache), elle s'infecte. La maladie est légère et disparaît rapidement.



Malgré cela, elle se porte bien et ne tombe jamais malade.



27 ans plus tard, elle a un enfant. Celui-ci va tomber malade : il a la variole humaine ! Mais Sarah continue à le nourrir.



Sarah recevra ensuite une inoculation de la variole (variolisation). Elle ne développera aucun symptôme, à part une petite rougeur.



<p>1720, Campagne Anglaise Madame H, jeune fille bourgeoise, manipule des outils de la ferme et se coupe avec.</p>	<p>Elle attrape la vaccine. Elle a plein de boutons sur les mains et un sur le nez !</p>
	
<p>Bien des années plus tard, en 1778, la variole frappe la ville de Berkley où elle vit. Les parents de Madame H tombent gravement malades et en meurent. Elle s'occupe d'eux, mais elle ne tombera pas malade.</p>	<p>Madame H recevra ensuite une inoculation de la variole (variolisation). Elle ne développera aucun symptôme, à part une petite rougeur.</p>
	



Annexe 2 : Le livret d'enquêtes

Chapitre I

Le 30 octobre 1878, un étrange colis arrive dans votre laboratoire. C'est Henry Toussaint, un vétérinaire de Toulouse que vous connaissez bien, qui vous l'envoie. Sur la boîte du colis est écrit: «Fragile, Urgent». Vous vous empressez de l'ouvrir. Dans un bocal, vous trouvez un cœur de fort petite taille.



Une étiquette précise: «Cœur de jeune coq mort à la suite de l'inoculation du choléra des poules». L'organe doit contenir des germes d'une maladie que vous connaissez bien: le choléra des poules. Mais votre maître, l'illustre Louis Pasteur, semble peu intéressé. D'autres recherches occupent son esprit. De votre côté, vous pensez qu'il serait intéressant de se pencher sur ce dossier.

Tentez de convaincre votre maître de l'intérêt de réaliser des préparations microscopiques de ce cœur de coq contaminé.

- Allez à la fin du livret et lisez l'annexe « Liste d'arguments pour étudier le choléra des poules ». Si vous trouvez 3 arguments, vous parviendrez à convaincre votre maître.



Chapitre II

Que vous ayez ou non réussi à convaincre votre maître, vous êtes décidé à enquêter sur ce microbe. La première chose à faire c'est de vérifier s'il est toujours virulent, c'est-à-dire s'il peut toujours entraîner la mort.

Une seule solution: se procurer des poules «neuves». Vous vous rendez vous-même aux Halles, un marché dans le centre de Paris.



- Allez à la fin du livret et lisez l'annexe « Au cœur des Halles, dans le ventre de Paris ».

Vous prenez maintenant un extrait de la culture de bactéries créée à partir du cœur de coq, puis vous l'injectez sur deux poules récemment achetées.

- Piochez une carte Violette et une carte Rouge et retournez-les. Quand cela est fait, retournez à nouveau les cartes face cachées, puis mélangez-les de nouveau avec les autres cartes sur le plateau Marché. Complétez votre carnet de notes et passez au chapitre III.



1

Chapitre III

Pendant quelques mois, les recherches continuent. Pasteur est finalement intéressé par la question, mais vous travaillez sur plusieurs maladies en même temps. Difficile d'approfondir pleinement le sujet.

Quand on réalise plusieurs recherches en même temps, il faut être encore plus rigoureux et tenir à jour ses carnets de notes. **Vérifiez que vous avez noté toutes les observations menées jusqu'ici, les dates et les interprétations possibles.** Continuez à être vigilant par la suite.

► Passez au chapitre IV.



Chapitre IV

Comme chaque été, Pasteur rentre pour les vacances dans sa maison à Arbois. Cette année est particulière : il va marier sa fille ! De votre côté, vous hésitez entre prendre quelques jours de repos bien mérités ou rester travailler au laboratoire sur Paris.



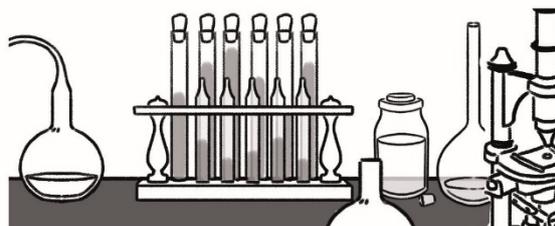
Prenez une décision sur la manière dont vous allez occuper votre été.

- Si vous décidez de vous reposer, allez à la fin du livret et lisez l'annexe « Un repos bien mérité ».
- Si vous décidez de rester au laboratoire, allez à la fin du livret et lisez l'annexe « Un été studieux ».



Chapitre V

Il faut se remettre au travail. Il reste une vieille culture dans un flacon à peine bouché d'un peu de coton, et laissé en l'état durant toutes les vacances. Cette négligence risque de mettre le maître en colère...



Pour relancer les expériences, vous devez faire une culture de bactéries à partir d'un extrait du flacon. Ensuite, vous inoculerez avec cette culture deux nouvelles poules. Si elles meurent, il y aura dans leur sang des bactéries virulentes qui vous serviront à relancer vos expériences. Par contre, si les poules survivent, cela signifiera peut-être que la culture est trop vieille, que les bactéries sont inefficaces et il faudra alors tout jeter.

Prenez maintenant un extrait de la culture que l'on a laissée vieillir au contact de l'air pendant les vacances, et inoculez deux poules avec.

- Piochez une carte Rose et une carte Noire et retournez-les. Notez les résultats sur votre carnet. Quand cela est fait, remettez les cartes faces cachées, puis mélangez-les avec toutes les autres cartes du plateau Marché. Complétez votre carnet avec vos interprétations, puis passez au chapitre VI.



Chapitre VI

Les poules ont survécu. La culture vieillie ne contient donc certainement que des bactéries inoffensives et donc inutiles pour la suite des expériences. À moins que...



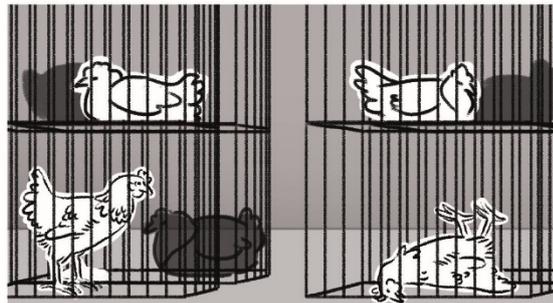
Plutôt que de tout jeter, il y a peut-être une expérience intéressante à faire. Vous réfléchissez de votre côté. **Si vous avez une idée, notez-la sur votre carnet. Vous vous rendez ensuite dans le bureau de votre maître pour en discuter avec lui, au risque de vous faire remonter les bretelles.**

- Allez à la fin du livret et lisez l'annexe « Dans le bureau du maître ».



Chapitre VII

Le maître avait raison. Il semble se passer quelque chose avec les cultures de bactéries vieilles au contact de l'air. Les bactéries ne sont pas mortes, mais leur virulence semble atténuée. Pourrait-on les utiliser pour rendre les poules résistantes au choléra, comme l'avait fait Jenner en son temps avec la variole ?



28 octobre 1879. Pasteur est maintenant très enthousiasmé par ces recherches. Vous vous procurez un nouveau flacon supposé virulent, c'est-à-dire contenant des microbes mortels. Nom de code : flacon X. Il sera le point de départ de recherches sérieuses pour mettre au point un vaccin.

Différentes options s'offrent à vous :

- laisser la culture de bactéries vieillir (comme c'était le cas pendant les vacances) ;
- permettre à la culture de bactéries de se développer dans un milieu normal ;
- puis choisir le temps d'attente : 15 ou 45 jours...

Notez vos décisions sur votre carnet de notes.

Vous patientez ensuite le temps souhaité pour obtenir le flacon X1.

► Allez à la fin du livret et lisez l'annexe « Flacon X1 prêt ».

Chapitre VIII

Les résultats sont prometteurs : les poules qui ont reçu l'injection de la culture vieillie de bactéries ont à nouveau survécu. Mais ce qu'il reste à savoir, c'est si elles sont devenues résistantes...



Vous disposez d'un flacon que vous pensez être virulent (mais cela reste toujours à vérifier).

Vous injectez cette culture à :

- 5 poules supposées résistantes (**expérience test**) ;
- 5 poules « neuves » (**expérience témoin**) ;

Qu'arrive-t-il dans chaque cas ?

- Pour savoir ce qui arrive aux poules de l'expérience test, piochez et retournez 2 cartes Rose + 2 Bleues + 1 Verte.
- Pour savoir ce qui arrive aux poules de l'expérience témoin, piochez et retournez 2 cartes Rouges + 2 Blanches + 1 Violette.

Notez bien tous les résultats sur votre carnet de notes. Quand cela est fait, remettez les cartes faces cachées, puis mélangez-les avec toutes les autres cartes du plateau Marché. Complétez votre carnet avec vos interprétations. S'il vous reste un peu de temps et de courage, passez au chapitre IX, sinon passez au chapitre final.

Chapitre IX

La victoire semble parfaite. Pasteur peut présenter toutes ces découvertes capitales auprès de l'Académie des sciences. Pourtant, un dernier doute s'empare de lui. Et si les poules qui avaient survécu étaient en fait naturellement résistantes, avant même toute intervention ? Il manquait un témoin dès le début...



Pasteur propose de recommencer une dernière fois l'expérience avec 20 poules. Voici le protocole complet :

- **Condition A** : 5 poules que l'on n'inocule pas.
- **Condition B** : 5 poules à qui on injecte seulement un flacon supposé virulent.
- **Condition C** : 5 poules à qui on injecte la culture vieillie au contact de l'air pendant 45 jours, puis le flacon virulent.
- **Condition D** : 5 poules à qui on injecte la culture vieillie au contact de l'air pendant 15 jours, puis le flacon virulent.

Qu'arrive-t-il dans chaque cas ?

- ▶ Pour savoir ce qui arrive aux poules de l'expérience témoin A, piochez et retournez 5 cartes Jaunes.
- ▶ Pour savoir ce qui arrive aux poules de l'expérience témoin B, piochez et retournez 5 cartes Rouges.
- ▶ Pour savoir ce qui arrive aux poules de l'expérience test C, piochez et retournez 4 cartes Bleues et 1 carte Violette.
- ▶ Pour savoir ce qui arrive aux poules de l'expérience test D, piochez et retournez 1 carte Bleue et 4 cartes Violettes.

Notez bien tous les résultats sur votre carnet de notes. Quand cela est fait, rendez-vous au chapitre final.

Chapitre final

Nous sommes en février 1880, Pasteur peut maintenant se préparer pour présenter ses conclusions à l'Académie des sciences.



Aidez maintenant Pasteur à préparer le discours qu'il présentera aux membres de l'Académie des sciences. Il souhaite lui donner le titre suivant : « *De l'atténuation des bactéries du choléra des poules* ». La formulation est modeste, pourtant, s'il parvient à présenter correctement la démarche générale et les conclusions, cela sera un succès historique pour la science (et pour lui-même). Il s'agit après tout du premier vaccin de l'histoire de la médecine !

Annexes

Liste d'arguments pour le choléra des poules

Le choléra des poules est une maladie fréquente et mortelle dans les basses-cours. Elle est moins spectaculaire que d'autres, mais pose des problèmes. Pour les chercheurs, les poules sont faciles à obtenir : on en trouve sur les marchés comme celui des Halles, à Paris. La maladie se déclenche rapidement et elle est quasiment toujours mortelle. La bactérie responsable a été découverte en 1875, mais en 1878, on n'arrive à la cultiver que difficilement.

- ▶ Si vous trouvez 3 arguments, vous parviendrez à convaincre votre maître. Allez maintenant à l'annexe « Préparation microscopique ».
- ▶ Si vous n'y arrivez pas, allez au Chapitre II.



Préparation microscopique

Vous avez obtenu le feu vert de Louis Pasteur pour réaliser des préparations microscopiques à partir de l'échantillon de cœur. Voici les résultats obtenus.

- ▶ Passez au chapitre II.



Au cœur des Halles, dans le ventre de Paris

« À droite, à gauche, de tous côtés, des glapissements de criée mettaient des notes aiguës de petite flûte, au milieu des basses sourdes de la foule. C'était la marée, c'étaient les beurres, c'était la volaille, c'était la viande. Des volées de cloche passaient, secouant derrière elles le murmure des marchés qui s'ouvraient. Autour de lui, le soleil enflammait les légumes. Il ne reconnaissait plus l'aquarelle tendre des pâleurs de l'aube. Les cœurs élargis des salades brûlaient, la gamme du vert éclatait en vigueurs superbes, les carottes saignaient, les navets devenaient incandescents, dans ce brasier triomphal. À sa gauche, des tombereaux de choux s'éboulaient encore. Il tourna les yeux, il vit, au loin, des camions qui débouchaient toujours de la rue Turbigo. La mer continuait à monter. Il l'avait sentie à ses chevilles, puis à son ventre ; elle menaçait, à cette heure, de passer par-dessus sa tête. Aveuglé, noyé, les oreilles sonnantes, l'estomac écrasé par tout ce qu'il avait vu, devinant de nouvelles et incessantes profondeurs de nourriture, il demanda grâce, et une douleur folle le prit, de mourir ainsi de faim, dans Paris gorgé, dans ce réveil fulgurant des Halles. »

Émile Zola, Le Ventre de Paris, 1873

- ▶ Pour représenter le marché des Halles, étalez toutes les cartes Poules faces cachées. Puis reprendre la lecture du chapitre II où vous vous étiez arrêté.



Un repos bien mérité

Vous décidez de vous accorder un repos bien mérité. Pourtant, lorsque Pasteur apprend votre décision (vous enragez auprès du collègue qui vous a trahi !), il vous passe un bon savon. Tant pis, vous reprenez le chemin du travail peu de temps avant le retour du maître à Paris.

► *Passez au chapitre V.*



Un été studieux

Pas de repos pour vous, le maître serait fier. En poursuivant les recherches et en vous documentant à la bibliothèque, vous en venez à penser que des bactéries vieilles pourraient être moins virulentes. En inoculant des bactéries moins virulentes, on pourrait peut-être déclencher une résistance de l'organisme qui serait ensuite prêt à affronter les bactéries mortelles. C'est une piste à garder en tête.

► *Passez au chapitre V.*



Dans le bureau du maître

Lorsque vous présentez la situation à votre maître, il se révèle bien plus calme que vous ne l'auriez pensé. Il semble absorbé dans ses pensées et vous restez seul, debout devant lui, dans un silence gênant.

Soudain, il déclare : « Je ne pense pas que ces bactéries soient tout à fait mortes. Attendez encore quelques jours et infectez 2 nouvelles poules. » Vous suivez bien sûr les consignes du maître à la lettre.

► *Piochez une carte Rose et une carte Noire. Notez les résultats sur votre carnet. Quand cela est fait, remettez les cartes faces cachées, puis mélangez-les avec toutes les autres cartes du plateau Marché. Complétez votre carnet avec vos interprétations, puis passez au chapitre VII.*



Flacon X1 prêt

Vous allez maintenant inoculer un extrait du flacon X1 à 10 nouvelles poules.

Selon vos choix, constituez vos paquets ainsi :

- **Choix 1 (au contact de l'air pendant 15 jours)** : 2 cartes Blanches + 2 Vertes + 2 Bleues + 2 Rose + 2 Jaunes ;
 - **Choix 2 (au contact de l'air pendant 45 jours)** : 3 cartes Jaunes + 3 Rose + 2 Noires + 2 Bleues ;
 - **Choix 3 (milieu neutre pendant 15 jours)** : 2 cartes Blanches + 2 Violettes + 2 Vertes + 2 Rouges ;
 - **Choix 4 (milieu neutre pendant 45 jours)** : 4 cartes Rouges + 2 Vertes + 3 Violettes + 1 Blanche.
- Piochez et retournez les cartes correspondantes. Notez les résultats sur votre carnet. Quand cela est fait, remettez les cartes faces cachées, puis mélangez-les avec toutes les autres cartes du plateau Marché. Complétez votre carnet avec vos interprétations, puis passez au chapitre VIII.



Crédits

Chapitre II : Léon Lhermitte, *Les Halles* (1895), huile sur toile, Paris, Petit Palais. Peinture du marché principal de Paris au XIX^e siècle. Peinture commandée en 1889 pour les Halles de Paris.

Chapitre III : Louis Pasteur dans son laboratoire de l'École normale supérieure (rue d'Ulm). Gravure d'Adrien Marie publiée dans *l'Univers Illustré* le 12 décembre 1885. Crédit : Wellcome Collection, attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

Chapitre V : Louis Pasteur prononçant devant ses amis et confrères son discours de réception à l'Académie française, le 27 avril 1882. Crédit : Institut Pasteur/Musée Pasteur.

Le carnet de notes

Chapitre I	Date :
Événement majeur : Réception d'un colis.	
Inscription sur l'étiquette du bocal :	
Liste d'arguments pour convaincre Pasteur :	
<ul style="list-style-type: none">•••	

Chapitre II
Événement majeur : Injection de l'extrait de la culture de bactéries créée à partir du cœur de coq aux deux poules achetées au marché.
Résultats observés :
Conclusion :

Chapitre III
Événement majeur : Les mois passent et les recherches progressent peu.
Que faut-il penser à noter après chaque expérience ?

Chapitre IV		
Événement majeur : Les vacances arrivent !		
Entourer l'option choisie	Un été studieux	Un repos bien mérité
Notes éventuelles :		

Chapitre V
Événement majeur : On récupère un extrait de la culture de bactéries « vieillie » au contact de l'air pendant tout l'été. On l'inocule (injecte) à deux poules.
Résultats observés :
Conclusion :

Chapitre VI
Événement majeur : Rendez-vous avec Pasteur.
Consigne donnée par Pasteur :
Résultats observés :

Chapitre VII	Date :	
Événement majeur : Les résultats de l'expérience proposée par Pasteur arrivent et ils changent tout !		
Conclusion de l'expérience du chapitre VI :		
Nouvelle question posée :		
Entourer les options choisies	15 jours	45 jours
⇒ Choix :	Au contact de l'air	Milieu neutre
Résultats observés :		
Possibilité de faire un second test	15 jours	45 jours
⇒ Choix :	Au contact de l'air	Milieu neutre
Résultats observés :		
Conclusion :		

Chapitre VIII

Événement majeur : Injection d'un flacon que l'on pense virulent à dix poules.

Résultats observés :

- Poules supposées résistantes (expérience test) :
- Poules « neuves » (expérience témoin) :

Conclusion :

Chapitre IX

Événement majeur : Pasteur procède à l'expérience finale.

Condition A ⇒	Condition B ⇒	Condition C ⇒	Condition D ⇒
Résultats ⇒	Résultats ⇒	Résultats ⇒	Résultats ⇒

Conclusion :

Chapitre X

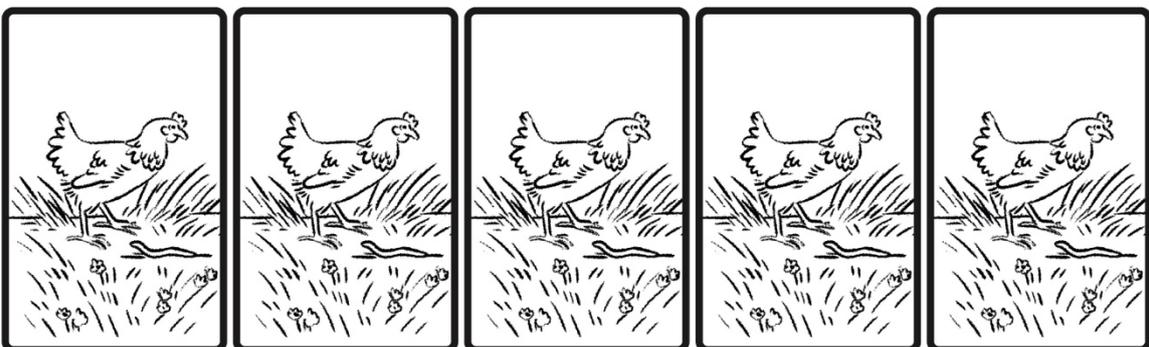
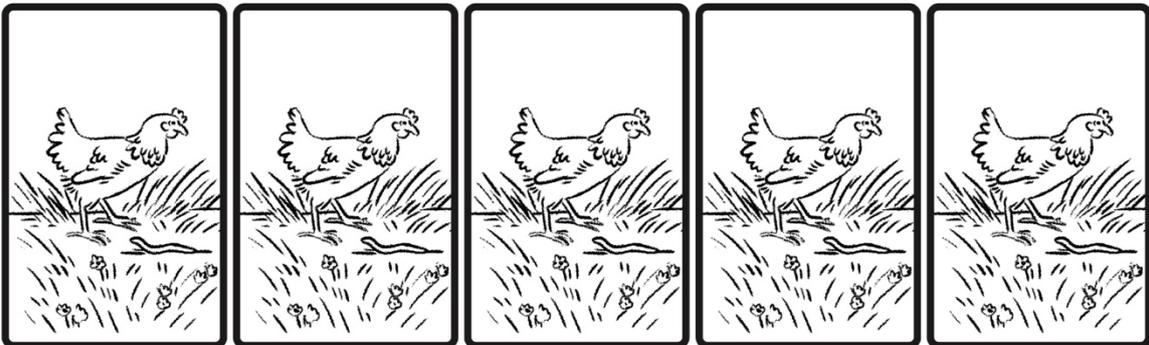
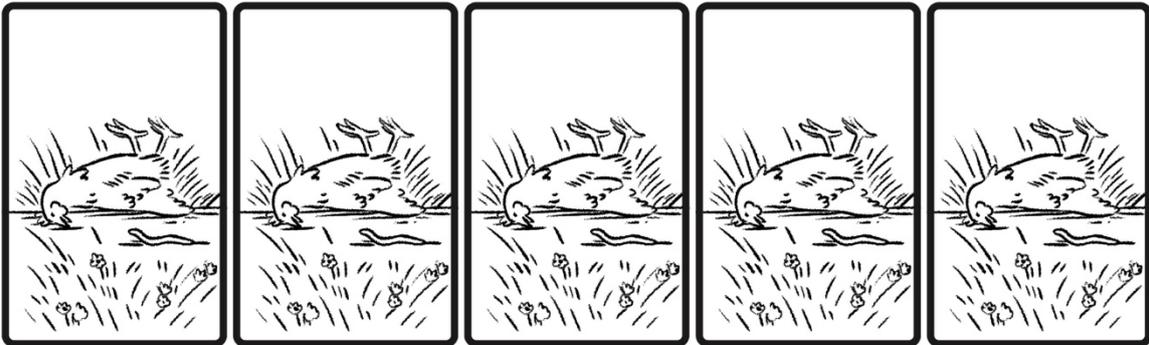
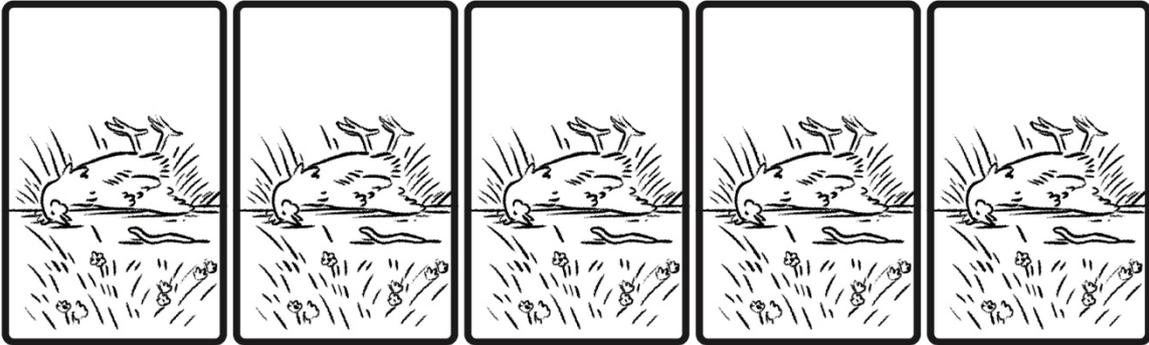
Événement majeur : Pasteur fait un discours à l'Académie des sciences

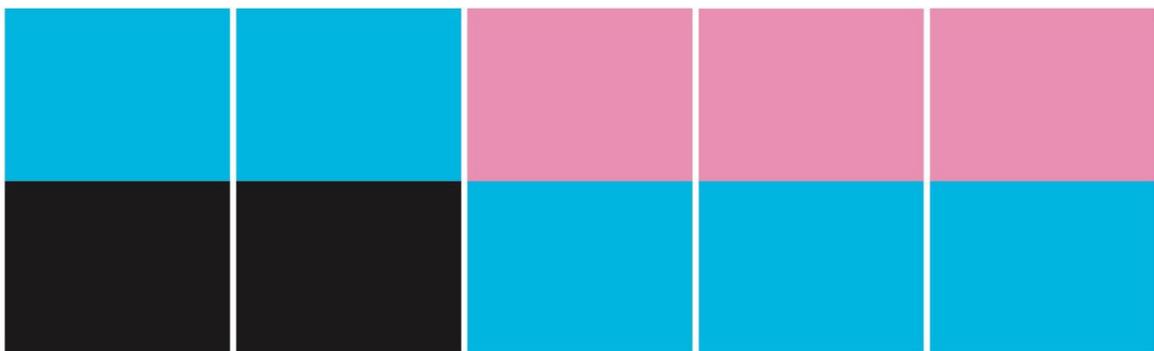
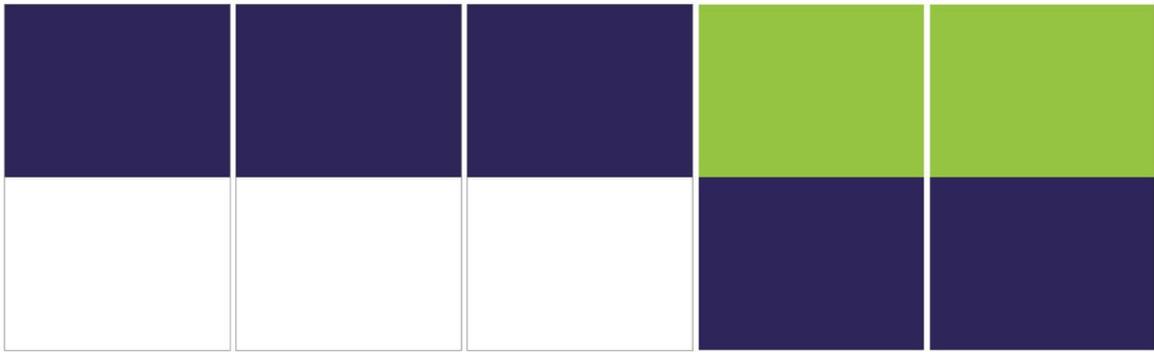
Titre du discours :

Date du discours :
Durée des expériences :

Conclusion principale :

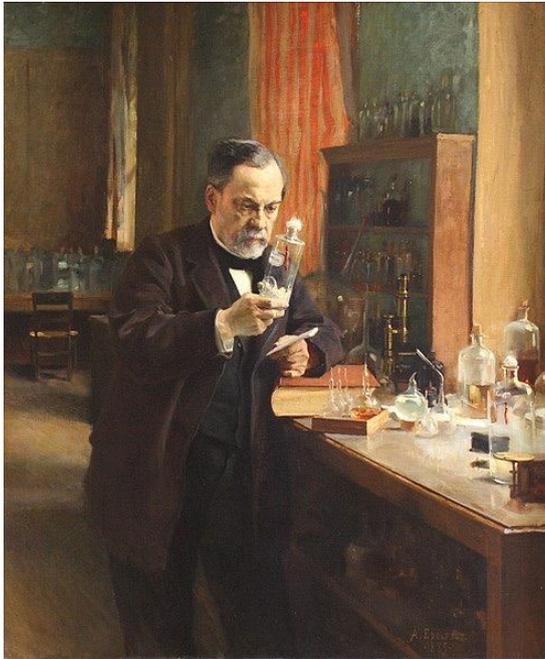
Annexe 3 : Les cartes Poules





Annexe 4 : Deux images qui illustrent la grande découverte de Pasteur

Défi : déterminer et nommer le maximum d'éléments présents sur ce tableau qui évoque la science, les scientifiques et la démarche scientifique !



Défi : récolter le maximum d'informations autour de cette image avant de répondre à un quiz.



Auteur

Mathieu Farina

Illustrations

Marjorie Garry

Les 2 illustrations de l'Annexe 4 ont été reproduites avec l'aimable autorisation de l'Institut Pasteur. Elles sont disponibles sur le site de la photothèque de l'Institut Pasteur.

Remerciements

Isabelle Banchereau, Julien Boquet, Anne Bernard-Delorme, Patrice Debré, Margaux Guernier, Émilie Konorbis, Anne-Lise Leroy, Caroline Mairot, Daniel Raichvarg, Karine Ragueneau, Maxime Schwartz, Éric Tréhiou, Hélène Trépagne Darras

Cette ressource a été produite avec le soutien de bioMérieux



Et en partenariat avec l'Institut Pasteur



Date de publication

Mars 2022

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

75006 Paris

01 85 08 71 79

contact@fondation-lamap.org

www.fondation-lamap.org

