

Mémoire

Présenté pour l'obtention du Grade de

MASTER

« Métiers de l'Enseignement, de l'Éducation et de la Formation »

Mention 1^{er} degré, Professeur des Écoles

Quelle représentation les enfants de maternelle ont-ils des microbes ?
Une action pédagogique peut-elle modifier cette vision ?

Présenté par
RONIN Aurore

Sous la direction de :
MARCEL Patrick

Grade : PRAG Université de Franche-Comté

4^{ème} de couverture

Résumé du mémoire :

Après avoir balayé l'historique des micro-organismes et les apports des découvertes scientifiques, le mémoire développe les représentations des micro-organismes, qui sont faites aux enfants.

Le mémoire révélera ensuite la perception qu'ont les enfants de maternelle des micro-organismes, avant et après une action pédagogique, et en quoi celle-ci modifie leur vision.

L'action pédagogique pratiquée en classe, consiste en l'étude des transformations dont les levures et les bactéries sont responsables, car les micro-organismes sont invisibles à leurs yeux, et non observables en classe à leur âge.

Cette action pédagogique est en lien avec le monde du vivant, séquence de sciences de cycle 1.

Mots-clés (au moins 3) : Micro-organisme, invisible, représentation, vivant.

Sommaire

Introduction	1
I. La perception des micro-organismes.....	2
I-1. Définition d'un micro-organisme.....	2
I-1-a. Les bactéries.....	2
I-1-b. Les champignons microscopiques	3
I-1-c. Les levures	4
I-2. Evolution de leur perception dans l'histoire des sciences.....	4
I-2-a. Les micro-organismes sont inconnus car invisibles	4
I-2-b. Mise en évidence expérimentale de leur existence.....	7
I-2-c. La microscopie.....	11
I-2-d. La microbiologie aujourd'hui.....	14
I-3. Les micro-organismes à l'école.....	19
I-3-a. Référence aux programmes.....	19
I-3-b. Représentation des micro-organismes dans les publications pour enfants	20
II. Méthodologie de recherche	22
II-1. Ce que je veux tester	23
II-2. Comment je veux le tester	24
II-2-a. Mon action pédagogique	24
II-2-b. Classification.....	27
III. Résultats et discussion	28
III-1. Résultats	28
III-1-a. Représentations initiales des microbes à travers le dessin et les discussions en classe	28
III-1-b. Résultats lors de la fabrication de yaourts et de pain	32
III-1-c. Evolution des conceptions des micro-organismes suite à la fabrication de pain et de yaourts	36
III-1-d. Evolution par élève	41
III-2. Discussion	42
III-2-a. L'origine des transformations observées sont elles bien attribuées aux microbes ?	42
III-2-b. Les limites de ma recherche	43
Conclusion	46
Bibliographie.....	47
Sitographie.....	47
Annexes	48

Introduction

Au cours de ma scolarité et notamment lors de mes deux années passées à l'ENIL de Mamirole, j'ai appris à découvrir les bactéries et leur utilité. Quand on nous parle de micro-organismes, on associe immédiatement ce terme aux microbes et aux maladies. Depuis notre plus jeune âge nous assimilons les micro-organismes à l'hygiène : se laver le corps, les mains, les dents ... pour ne pas être malade et éviter la prolifération des microbes ; se moucher et jeter son mouchoir pour ne pas donner ses microbes ; ou encore se laver les mains après être allé aux toilettes, s'être mouché, ou avoir joué dehors... Jamais nous n'associons les microbes aux bienfaits que ce soit d'un point de vue alimentaire ou sanitaire.

Les récentes découvertes sur les microbiotes m'ont donnée envie de faire évoluer le regard des enfants sur ces petits êtres vivants, invisibles, mais qui sont partout, que ce soit dans notre environnement ou dans notre corps.

La découverte du monde du vivant à l'école maternelle s'inscrit dans « Explorer le monde » (BO 26 mars 2015). Les élèves en fin de grande section doivent être capables de connaître et mettre en œuvre quelques règles d'hygiène corporelle et d'une vie saine, et ils sont censés différencier le vivant du non vivant.

En m'appuyant sur les instructions officielles, sur les travaux menés en microbiologie, j'indiquerai dans une première partie comment a évolué notre perception des micro-organismes. Je définirai le concept de micro-organisme et l'évolution de la lutte contre ces derniers à leur production et comment ils sont étudiés à l'école.

Dans une deuxième partie je présenterai le projet pédagogique que je souhaite mener. Je m'interrogerai sur les conceptions qu'ont les élèves sur le vivant en fonction de leur âge et comment déplacer ce questionnement autour des micro-organismes.

Enfin, en troisième partie, j'analyserai les résultats que j'aurai obtenus lors de cette action menée avec mes élèves de petite et moyenne sections, quant à l'évolution de leur représentation des micro-organismes.

I. La perception des micro-organismes

I-1. Définition d'un micro-organisme

Un micro-organisme ou microbe (du grec « micro » petit et « bios » vie) est un organisme vivant, invisible à l'œil nu et qui ne peut être observé qu'à l'aide d'un microscope. Sa taille est de l'ordre du micromètre soit 0.001 millimètre. Ce sont des organismes très simples, formés d'une seule cellule, à la différence de l'Homme par exemple qui en compte environ 10 000 milliards.

Le terme de micro-organisme comporte un nombre et une variété d'espèces très différentes de bactéries, d'archées ou d'eucaryotes (levures).

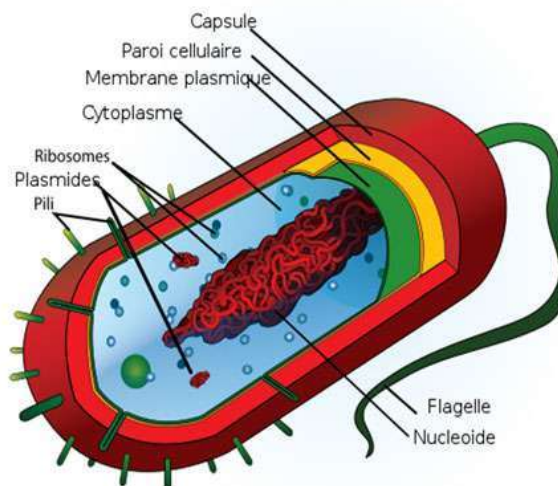
Lors de ma recherche, j'ai choisi volontairement d'exclure les virus des micro-organismes. En effet, un virus est une particule microscopique infectieuse qui ne peut se répliquer qu'en pénétrant dans une cellule hôte et en utilisant sa machinerie cellulaire. Ils n'ont pas de métabolisme propre, ne peuvent pas se reproduire par eux même. J'ai choisi de ne pas les considérer comme des organismes vivants c'est pourquoi je les exclus dès à présent de mon étude.

I-1-a. Les bactéries

Apparues il y a 3,5 milliards d'années, les bactéries sont les organismes vivants les plus diversifiés et les plus répandus sur Terre. Elles mesurent environ 1 millième de millimètre et sont donc invisibles à l'œil nu.

Ces micro-organismes ont la capacité de se multiplier et de survivre dans des environnements très variés voire parfois même hostiles. Les bactéries ont façonné notre planète en modifiant son atmosphère et sa surface, permettant à d'autres formes de vie de se développer. On les retrouve partout : dans les océans, sur la terre, dans le sol au milieu des déserts comme en Antarctique. On en connaît aujourd'hui qu'une infime proportion.

Schéma d'une bactérie



Les bactéries sont des organismes vivants unicellulaires et procaryotes. Dotées d'une membrane cellulaire et d'un matériel génétique (ADN), les bactéries sont capables d'assumer les fonctions élémentaires propres au vivant : se reproduire, transmettre l'information génétique, mais aussi tirer matière et énergie de l'environnement. Elles possèdent une certaine autonomie et un métabolisme propre.

Les bactéries présentent de nombreuses formes : bâtonnets, arrondies, spiralées ou de structure non définie. Elles produisent également des pigments, ce qui leur confère une grande variété de couleurs.

Elles ont colonisé de par leur diversité et leur rapide multiplication de manière indépendante, presque tous les milieux terrestres et aquatiques, c'est pourquoi aujourd'hui elles sont partout.

Ces micro-organismes omniprésents jouent un rôle crucial dans le maintien de l'équilibre de nombreux processus biologiques. Contrairement à l'image qu'on leur donne, seule une petite minorité de bactéries provoque des maladies. La plupart sont indispensables à la vie. Chez l'Homme il a été calculé que l'organisme comportait dix fois plus de cellules bactériennes que de cellules humaines.

Les bactéries ont également de nombreuses applications dans notre vie quotidienne : elles permettent par exemple de recycler la matière, de produire des aliments (comme le fromage, les yaourts...), elles sont également très utilisées dans le domaine de la biotechnologie et la fabrication de médicaments.

I-1-b. Les champignons microscopiques

Les champignons sont des organismes eucaryotes généralement plus complexes que les bactéries, de petites dimensions, parfois visibles à l'œil nu mais plus souvent au microscope.

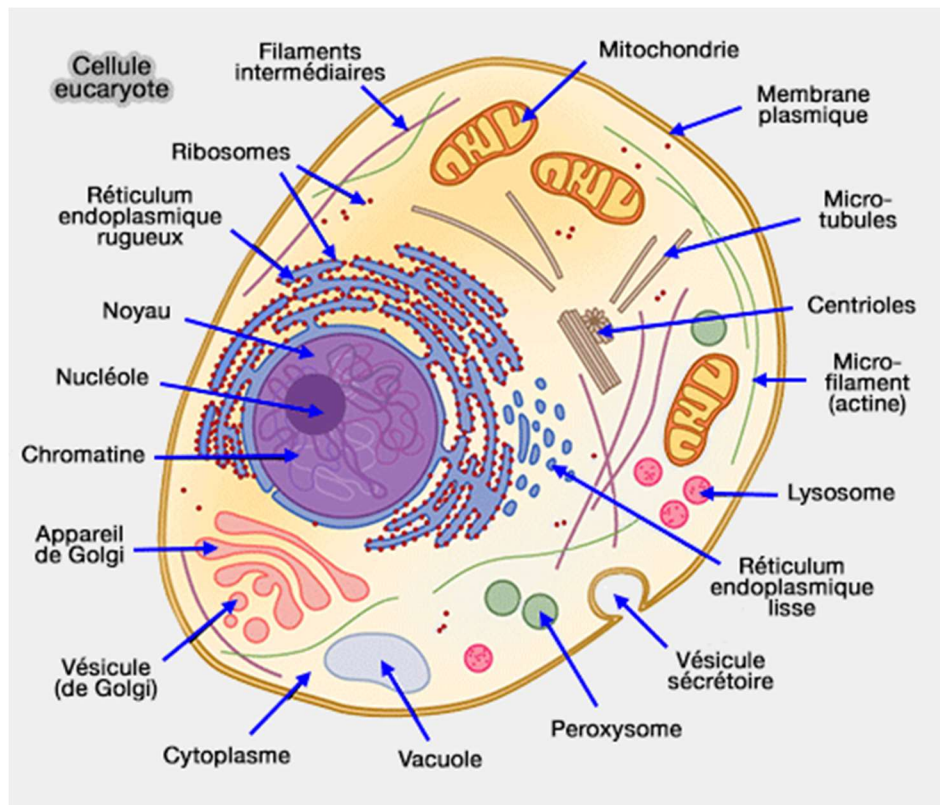
La taille des champignons microscopiques est d'environ 10 microns. Ce sont des moisissures qui, en se développant, produisent de nombreuses spores, ce qui explique leur rapide expansion.

Les moisissures constituent un ensemble hétérogène d'environ 20 000 espèces. Ce sont des champignons microscopiques filamenteux possédant la capacité de se développer sur des substrats nutritifs variés et tout particulièrement sur les denrées alimentaires, ainsi l'aliment contaminé moisit.

Parmi les plus connues des espèces de champignons, figurent les espèces du genre *Penicillium*. Grâce à elles, on produit la pénicilline, un antibiotique pour lutter contre certaines bactéries. Mais aussi plusieurs espèces de *penicillium* sont utilisées pour la fabrication du fromage, comme les bleus ou les camemberts.

Les *penicilliums* sont parfois visibles également sur les aliments qu'ils recouvrent d'une poudre bleu-verte comme sur les citrons ou les oranges, du fait de leur grand nombre. Ainsi, comme les bactéries, certains champignons sont bénéfiques et indispensables à l'Homme, notamment dans le domaine alimentaire, alors que d'autres lui sont nocifs.

Schéma d'une cellule eucaryote



I-1-c. Les levures

La levure est un être vivant simple, au fonctionnement comparable à celui des cellules humaines. Elle s'avère un modèle représentatif de l'ensemble des eucaryotes. Leur taille est généralement comprise entre 6 et 8 millièmes de millimètre.

Contrairement à l'Homme formé de dizaines de milliers de milliards de cellules, la levure est unicellulaire. Ce qui la rend donc plus facile à étudier et à manipuler.

Les levures sont des êtres unicellulaires qui sont capables de provoquer la fermentation des matières organiques animales ou végétales. Elles sont utilisées pour la fabrication du vin, de la bière, des pâtes levées ou encore des antibiotiques. La levure contribue également tous les jours à notre santé et à notre bien-être en accumulant naturellement de nombreuses molécules bénéfiques telles que des antioxydants ou des anti-inflammatoires. Cependant elles peuvent également être à l'origine de mycoses chez l'Homme.

I-2. Evolution de leur perception dans l'histoire des sciences

I-2-a. Les micro-organismes sont inconnus car invisibles

Du fait de l'invisibilité des microbes, de nombreuses hypothèses ont été émises depuis très longtemps quant à la présence et la transmission de maladies allant souvent

jusqu'à la mort. Il a fallu de nombreuses recherches et études pour trouver quelques pistes afin de maîtriser cet « assassin » invisible.

Interrogations sur l'origine des maladies

Le philosophe grec Aristote (350 avant JC), en observant la nature, supposa que la matière inerte était capable d'engendrer la vie. Il émit l'hypothèse que la matière en décomposition permettait la création de moisissures, de mouches, de vers et de toutes sortes de nouveaux organismes. Cette théorie de la génération spontanée va perdurer très longtemps.

Aristote émet également l'idée d'une contagion possible de certaines maladies. Le contact direct avec des malades, ou dans certains cas, la proximité et l'inhalation « d'haleine mauvaise et lourde » de ceux-ci suffisent à transmettre la maladie.

Durant l'Antiquité, la croyance que l'air et l'eau (voire le feu) fourmillent d'organismes de petite taille est omniprésente dans les anciennes doctrines, aussi bien en Occident qu'en Inde. Les Romains, en particulier, ont formulé l'idée selon laquelle des agents infectieux microscopiques pourraient être à l'origine des maladies.

Plus tard, au X^{ème} siècle, Avicenne supposait que les sécrétions corporelles pouvaient être contaminées par une multitude de micro-organismes, présents dans l'organisme avant même que la maladie ne se déclenche.

Au XV^{ème} siècle, les scientifiques considèrent que les maladies infectieuses sont dues à des entités inconnues ayant pénétré dans le corps. La Renaissance reprendra cette même hypothèse, en particulier en 1546, selon les dires de Girolamo Fracastoro qui s'interroge sur les modes de propagation des épidémies et évoque l'action d'organismes invisibles analogues à des semences.

Ainsi, au cours du XV^{ème} et jusqu'au XVII^{ème} siècle, de nombreuses maladies se répandent dans toute l'Europe. Les plus connues sont la peste, le choléra, les fièvres typhoïde ou jaune et la chlamydia. Elles ont été dévastatrices, mais personne n'a pu les expliquer. Lorsque les pèlerins rentraient des pays lointains il arrivait souvent que de nouvelles épidémies apparaissent. Aucun scientifique ne sait encore comment les voyageurs rapportent les maladies. A toutes ces épidémies il faut ajouter la plus terrible, la tuberculose, répandue partout et qui frappe les pauvres et les riches par centaines de milliers.

Dès le XVIII^{ème} siècle les scientifiques ont cherché d'où pouvait provenir toutes ces maladies et quelles en étaient les causes.

De nombreuses théories fausses sont alors émises dont la théorie des miasmes. Cette hypothèse est une théorie épidémiologique qui prouve que les maladies telles que le choléra ou la peste noire sont causées par un brouillard nommé « mauvais air ». Les scientifiques supposaient que les particules du brouillard « les miasmata » étaient la cause des maladies.

Cette théorie a été démentie de nombreuses fois notamment par John Snow, durant la première moitié du XIX^{ème} siècle, mais c'est réellement au cours de ce siècle qu'elle est réfutée grâce à la découverte des bactéries et des microbes.

Moyens de lutte contre les maladies

- L'hygiène

Au milieu du XIX^{ème} siècle, un simple rhume était dangereux car il pouvait se transformer en pneumonie et entraîner la mort. Les enfants étaient particulièrement menacés rougeole, variole, diphtérie... mais les adultes sont également confrontés à de terribles épidémies comme le choléra, la fièvre typhoïde, la fièvre jaune et même la peste.

A cette époque donner vie à un enfant est dangereux. Les femmes succombent souvent peu après avoir mis leur bébé au monde.

L'hôpital lui-même ne soigne guère les malades, car c'est un endroit peu sûr. Ceux qui y rentrent ont peu de chances d'y retrouver la santé et d'en sortir. Pourtant les médecins veulent réagir contre cette peur permanente et développent l'hygiène.

Malgré leurs précautions, la maladie revient toujours, de façon inexplicable, puis disparaît, aussi mystérieusement. Ils parlent ainsi de fatalité. Ils ne trouvent aucune régularité entre les morts, ni de quelles armes dispose cet assassin qui tue par milliers non seulement les personnes mais également les bêtes.

Ainsi pour trouver le mystérieux coupable des maladies, il manque aux hygiénistes un « portrait-robot » du mal.

En 1847, un médecin austro-hongrois, Ignace Semmelweis, propose les premières règles d'hygiène à l'hôpital de Vienne où il travaille. Il observe que les accouchements effectués par des étudiants en médecine provoquent plus de décès que dans le service où ils sont effectués par des sages-femmes.

Il comprend alors que les étudiants apportent avec eux la maladie, car avant de venir aider les femmes à accoucher, ils dissèquent des cadavres pour les étudier. Il propose alors les mêmes règles d'hygiène dans les deux services et la mortalité baisse.

Trente ans plus tard, les travaux de Pasteur ont permis de comprendre l'importance des microbes dans ce processus.

Un chirurgien anglais, Lister, après avoir lu les travaux de Pasteur sur les ferments fût convaincu que les infections des plaies étaient causées par le développement des microbes et non par le « mauvais air », odeur qui se dégageait des plaies.

- La vaccination

Depuis le moyen âge, les scientifiques se sont aperçus que les personnes ayant survécu à la variole étaient définitivement immunisées contre le fléau.

Le savant andalou Averroès y fait allusion et des praticiens ont l'idée d'inoculer la maladie à leurs patients, avec un maximum de précautions, afin de les protéger contre les fréquentes épidémies.

Mais cette protection préventive n'est pas sans danger et elle nécessite que le patient soit très soigneusement isolé afin qu'il ne provoque pas lui-même une épidémie. Elle est limitée pour cela aux milieux aristocratiques et bourgeois.

Edward Jenner, médecin de campagne passionné par la recherche, exerçait dans la campagne anglaise à la fin du XVIII^{ème} siècle. Il a lancé une grande campagne préventive auprès de sa clientèle et s'est ainsi aperçu que plusieurs de ses patients étaient insensibles à l'inoculation. Après enquête, il a découvert qu'il s'agissait de fermières qui traient les vaches.

Ainsi, il a pu faire le rapprochement avec la vaccine ou variole des vaches. Cette maladie bénigne est courante chez les valets qui traient les vaches et entrent en contact avec les pustules des pis. Elle a pour effet de les immuniser contre la véritable variole, le plus souvent mortelle.

Il appelle « virus » le facteur mystérieux de la vaccine (d'après un mot latin qui signifie poison).

Jenner a l'idée d'inoculer par scarification non plus du pus de la variole mais du pus de la vaccine, beaucoup plus bénin et tout aussi efficace. Il prélève donc du pus sur la main d'une fermière qui a été infectée par sa vache, atteinte de la vaccine, et l'inocule à un enfant de 8 ans, James Phipps.

Trois mois plus tard, indifférent au « principe de précaution », le médecin lui inocule la véritable variole. À son grand soulagement, la maladie n'a aucun effet sur l'enfant. C'est la preuve que la vaccine l'a immunisé contre la variole en entraînant la formation d'anticorps propres à lutter contre l'infection.

Le nom de « vaccination » est donné à cette opération.

Jenner diffuse avec courage le principe de la vaccination dans le public, en encourageant la vaccination de masse. Ses opposants contestent l'innocuité de sa méthode ou même parfois dénoncent la prétention de vouloir contrarier les desseins de la providence.

Il publie *An inquiry into the causes and effects of the variolae vaccina* (Enquête sur les causes et les effets de la vaccine de la variole) et jette les bases de l'immunologie appliquée à la variole.

Il se satisfait d'une approche empirique et ne se soucie pas d'aller plus avant dans la compréhension du phénomène.

La pratique de la vaccination, qui connaît un succès retentissant, se répand très vite en Europe et en Amérique, contribuant au recul des épidémies.

Mais il faudra attendre Louis Pasteur pour que le principe de vaccination soit enfin expliqué.

I-2-b. Mise en évidence expérimentale de leur existence

- Louis Pasteur (1822-1895)

Louis Pasteur est un scientifique français. Il consacre ses premiers travaux à distinguer ce qui est vivant de ce qui ne l'est pas.

Il poursuit ses études et ses recherches notamment sur le vin. Il s'interroge sur la fermentation, et se rend compte que le jus de raisin laissé à lui-même ne fermente jamais. Il faut qu'un autre acteur entre en scène, perceptible uniquement au microscope, qu'il appelle ferment. Ne pouvant étudier les ferments car ils sont invisibles, il choisit d'observer les transformations dont ils sont responsables.

Pasteur montre que chaque maladie du vin, qui devient aigre, qui tourne..., est due à un ferment différent qui transforme le vin pour pouvoir se nourrir. Il prouve ainsi qu'il y a des ferments spéciaux pour chaque fermentation, celle qui transforme le vin en vinaigre, le lait en fromage...

Il a ainsi proposé un moyen d'arrêter ces maladies, qui porte son nom, la Pasteurisation. Cette découverte, qui concerne des productions importantes au XIX^{ème} siècle lui apporte une grande célébrité.

Pasteur avait donc mis en évidence que le coupable des maladies était invisible, sauf au microscope. Il a également démontré qu'il vient toujours de l'extérieur, en soulignant qu'un seul ferment, le germe, suffit pour fonder une colonie. Il a enfin prouvé que celui-ci pour se multiplier doit transformer le milieu dans lequel il évolue.

Pasteur avait découvert que ce que nous appelons « maladie » est simplement une transformation du milieu par un ferment qui le digère, et qu'il suffit de changer les conditions du milieu pour arrêter l'action du ferment, ou même le tuer.

Pasteur remarque également que les fruits laissés dans un compotier ou un animal mort depuis quelques temps dégagent une odeur de pourriture. Le responsable est un tout petit être vivant qu'il appellera micro-organisme ou microbe. Tant qu'il y a de l'oxygène il meurt ou se replie sur lui-même mais dès qu'il n'y a plus d'oxygène, il se met à proliférer.

Pasteur vient de découvrir une nouvelle forme de vie, une vie sans air.

Un organisme contient des millions de microbes ; tant qu'il est vivant, ses cellules reçoivent de l'air, et les microbes qui ne le supportent pas restent en sommeil. Quand l'organisme meurt, l'air ne parvient plus aux cellules, et les microbes se réveillent. En se développant, ils détruisent peu à peu les tissus et rejettent des odeurs désagréables, de même que les ferments rejettent l'alcool.

Mais la pourriture ne concerne pas seulement les êtres morts. Avant Pasteur les médecins avaient remarqué que de nombreuses infections ressemblaient à de la putréfaction.

Un chirurgien anglais, Lister, après avoir lu les travaux de Pasteur sur les ferments fut convaincu que les infections des plaies étaient causées par le développement des microbes et non par le « mauvais air », odeur qui se dégageait des plaies.

Mais les médecins ont du mal à croire aux travaux d'un laborantin comme Pasteur. Ils n'imaginent pas que les maladies peuvent être transmises par des microbes, des êtres microscopiques, invisibles à leurs yeux.

En 1864, après de nombreuses recherches et expériences, Pasteur affirme qu'il n'y a pas de génération spontanée. Un microbe ne peut se développer que si d'autres microbes l'ont précédé. La vie ne naît pas de la matière inerte.

Le microbe est bien la cause de la maladie mais il n'est pas le seul responsable. Le terrain où il se développe joue également un rôle important. Ainsi Pasteur ne va plus s'occuper seulement du microbe et va considérer notre corps comme un terrain de culture.

Tous les scientifiques sont maintenant persuadés que s'ils soutiennent la recherche en laboratoire, tout le public en bénéficiera et les enquêtes menées pour traquer les microbes révèlent aux Hommes de l'époque un monde nouveau.

Ils découvrent qu'ils sont environnés de petits êtres pour lesquels ils ne sont que des terrains de culture.

Pasteur et ses collaborateurs ont beaucoup progressé, mais aucune véritable maladie n'est encore enrayée. Ils s'interrogent pour savoir comment apporter la maladie dans leur laboratoire ? Comment créer à volonté une maladie de façon « expérimentale » ? Ils vont donc prélever dans le sang d'animaux ou d'Hommes malades quelques microbes et leur offrir en laboratoire un terrain favorable à leur développement. Ils vont les cultiver. Leur milieu d'accueil sera liquide, de l'urine par exemple ou du bouillon de poule, ou il sera solide, comme un morceau de pomme de terre. Ainsi le microbe dans des conditions de vie idéales se développe, et va livrer ses secrets.

Il reste à Pasteur une dernière enquête. Comment parvenir aux maladies humaines, et par quelles victimes commencer ? Pasteur choisit de s'attaquer à une maladie qui tue très peu de gens, mais qui a des effets effroyables : la rage. Elle est contagieuse, mais aussi avant d'être une maladie de l'Homme, elle est la maladie du chien, du loup, du renard, du chat, du lapin. Il pourra donc faire en laboratoire des expériences sur des animaux et non sur des Hommes, ce qui est bien sur interdit.

Mais ce choix se heurte à une difficulté majeure, le micro-organisme qui cause la rage est si petit qu'il est invisible, même au microscope. Pire encore, ce virus ne se cultive pas comme les grosses bactéries dans de l'urine, du bouillon ou de la pomme de terre. Seul l'animal lui-même peut lui servir de terrain de culture.

Il suit sa méthode habituelle : il cultive le micro-organisme et le passe d'une culture à l'autre. Il possède une culture de la rage mais il lui faut trouver comment atténuer le microbe et le rendre inoffensif tout en étant capable de protéger le corps. Pasteur a bientôt dans son laboratoire des rages dans tous les états de force, de la très faible à la très dangereuse. Fin XIX^{ème}, devant une commission officielle, il explique que 23 chiens vaccinés avec des rages atténuées ne contractent pas la rage la plus forte, alors que les chiens non vaccinés deviennent presque tous enragés. Un résultat déjà extraordinaire puisque le microbe, toujours invisible, est domestiqué.

Un des membres de l'équipe, Roux, trouve un moyen plus simple et plus efficace encore d'atténuer le virus de la rage. Grâce à lui on ne travaillera plus in vivo mais in vitro. Pasteur et Roux travaillent toujours ensemble lorsqu'en 1885 on amène au laboratoire une jeune victime Joseph Meister, mordu 2 jours auparavant par un chien enragé. Pasteur refuse d'abord de le soigner car sa méthode n'est pas au point. Mais deux de ses amis médecins finissent par le convaincre.

La longue enquête menée depuis 40 ans aboutit enfin à l'Homme. La rage est toujours mortelle mais elle a cependant pour Pasteur un bon côté : elle met en moyenne un mois à se déclarer. Un mois durant lequel Pasteur va pouvoir vacciner le jeune garçon, en le prévenant par des virus moins forts de l'arrivée prochaine des virus plus forts. On injecte immédiatement une dose de vaccin au garçon, et durant 10 jours, on lui inocule des doses de plus en plus fortes. La rage la plus virulente lui est administrée le dixième jour. Elle aurait dû le tuer, mais en venant après les autres, elle va au contraire le protéger. Plusieurs mois après le jeune Joseph Meister est toujours en vie. Aussitôt venus du monde entier des centaines de personnes mordues par des chiens se présentent au laboratoire de Pasteur pour y être vaccinées.

Suite à ces découvertes, un institut de recherche est créé : l'institut Pasteur. Ainsi, Pasteur et tous les scientifiques, vont pouvoir consacrer leurs travaux à toutes les maladies. Cet institut reste aujourd'hui à la pointe de la lutte contre les maladies infectieuses.

- Louis Pasteur et Robert Koch

La bactériologie doit beaucoup à Pasteur, savant français, et à Koch, médecin allemand. Ces deux Hommes, de part leurs compétences et leurs égos, ont fait évoluer de manière considérable la mise en évidence de l'existence des micro-organismes et la façon dont ils se développent ou peuvent être combattus. On parle de « duel de géants dans le monde des microbes ».

En 1852, à l'occasion d'un voyage scientifique, Louis Pasteur, âgé de 30 ans, découvre l'Allemagne. Durant ce voyage, il se réjouit de « l'agrément que peut lui procurer à l'avenir ces savants professeurs de l'Allemagne ».

Robert Koch, fait des études de médecine. Il commence sa carrière en tant que médecin de campagne, et s'intéresse à un domaine nouveau : la bactériologie. Il ne cesse de rechercher la cause des maladies mortelles. Il invente plusieurs manières de cultiver les micro-organismes, il les isole, les colore, les observe, les manipule et les inocule à des hôtes sains.

Il démontre que le charbon animal (anthrax) est causé par une bactérie capable de former des spores, ce qui explique sa persistance dans les champs qualifiés de maudits.

Pasteur n'est pas convaincu et effectue des expériences complémentaires, indispensables à ses yeux, mais qui confirment les conclusions de Koch.

Koch met alors au point plusieurs méthodes qui seront à la base de toute la bactériologie. Notamment la culture sur milieu solide qui permet d'obtenir des colonies, issues d'une bactérie unique, et à partir desquelles on peut obtenir des cultures pures.

Pendant ce temps Pasteur découvre la possibilité de vacciner avec des bactéries atténuées, notamment dans le cas du charbon et en fait une démonstration très médiatique à Pouilly-le-fort. Ce sera le point de départ de la science des vaccins.

Koch n'y croit pas et pense que les cultures atténuées de Pasteur sont constituées de bactéries contaminantes. Lors d'un congrès qui se tient à Londres en 1881, Koch est ulcéré que Pasteur fasse peu de cas de ses résultats. À la suite de ce congrès il publie un véritable pamphlet contre Pasteur.

Pasteur répond au cours d'un autre congrès qui se tient à Genève en 1882. Koch refuse de répondre oralement, mais publie à nouveau des articles très critiques de Pasteur. Il l'accuse de ne pas savoir travailler proprement en microbiologie, alors que Pasteur est à l'origine de cette discipline dès 1857 !

En 1882, Koch isole le bacille de la tuberculose en mettant au point une méthode de culture in vitro et en reproduisant la maladie chez les animaux avec la souche cultivée. Il prouve donc que le germe est bien responsable de la maladie. Ce germe porte

aujourd'hui son nom : le bacille de Koch. Cette découverte entraîne donc l'utilisation des mesures d'hygiène pour lutter contre la transmission de la maladie.

En 1883, une épidémie de choléra éclate en Égypte. Des missions allemandes et françaises y sont dépêchées. Un membre de la mission française envoyée par Pasteur meurt de la maladie et la mission française revient en France sans résultat. Koch, qui dirige la mission allemande, pense avoir identifié le « vibrion cholérique » mais, l'épidémie s'étant arrêtée, il se rend en Inde, où il confirme sa découverte.

Dans le même temps, à Paris, Pasteur et son équipe inventent le vaccin contre la rage ce qui lui apporte une gloire éternelle et lui donne la possibilité de faire construire l'Institut Pasteur.

Entre les élèves de Pasteur et ceux de Koch, qui a lui aussi son institut, la rivalité va se poursuivre. Les travaux sur la diphtérie seront particulièrement emblématiques. La découverte du bacille responsable sera faite à Berlin, et la démonstration que la maladie est causée par un poison bactérien, est faite à Paris. Ensuite l'École allemande montre que l'injection de toxine à des animaux induit l'apparition d'un antipoison dans leur sang (il s'agit d'anticorps). Les Français et les Allemands exploitent alors cette découverte pour inventer la sérothérapie, qui sauvera des milliers d'enfants atteints de cette horrible maladie.

La rivalité entre Pasteur et Koch et plus généralement, entre les deux Écoles qu'ils ont créées durera environ 20 ans. Cependant cette rivalité, loin de ralentir le progrès de la science, a fait considérablement progresser notre espérance de vie.

I-2-c. La microscopie

Avant l'invention de la microscopie, aucun scientifique n'était en mesure de donner d'éléments concrets à l'appui de ses conjectures. Il a fallu attendre pour cela que des instruments d'optique grossissants soient enfin mis au point et capables de révéler le monde microscopique.

En 1680, Antoine Van Leeuwenhoek, un marchand de tissus hollandais, améliora le pouvoir grossissant de son compte-fils, une loupe permettant de regarder la qualité des étoffes. Il réussit à observer et à décrire des organismes vivants invisibles à l'œil nu pour la première fois. Il les nomma « animacules ». Malgré l'imperfection si grande de ses procédés d'observation, il a reconnu et décrit sommairement ce que, d'après ses descriptions, on sera capable plus tard d'identifier à plusieurs espèces de bactéries, et a laissé entrevoir le grand rôle que ces êtres pouvaient jouer dans les phénomènes de putréfaction et de décomposition.

En regardant les bactéries présentes sur sa plaque dentaire, il prononça cette phrase célèbre : « Il y a plus d'organismes vivants dans ma bouche que d'habitants dans toute la Hollande », ce qui prouve également qu'il était conscient de leur grande quantité.

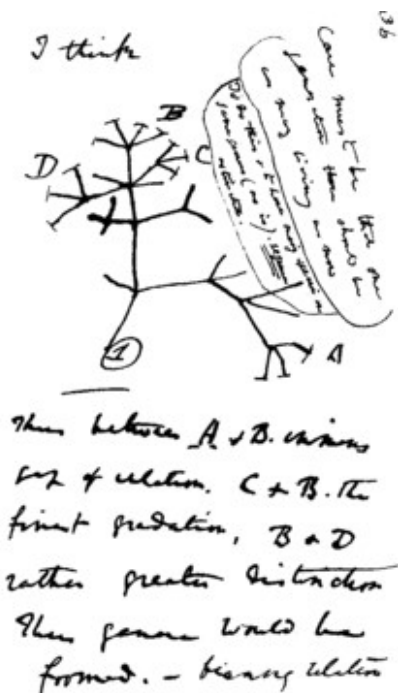
Pendant 200 ans, jusqu'au XIX^{ème} siècle, les micro-organismes ont été considérés comme sans intérêts. L'histoire des micro-organismes en biologie commence donc avec la fabrication du microscope au milieu du XVII^{ème} siècle. Malgré le

perfectionnement des techniques de microscopie et la multiplication des observations, pendant deux siècles, le statut des micro-organismes reste incertain et changeant. La plupart des biologistes les interprètent comme des intermédiaires entre le monde minéral et le monde vivant trouvant probablement leur origine par génération spontanée. Les autres se contentent d'affirmer que tout être vivant est soit un animal, soit une plante.

- A partir du XIX^{ème} siècle – l'arbre phylogénétique

Charles Darwin, en expliquant l'évolution par les moyens de la sélection naturelle, fut l'un des premiers à exprimer une idée de parenté entre les espèces, et à justifier l'utilisation d'un arbre afin de sceller la proximité entre elles. Dans son ouvrage, *L'origine des espèces*, publié en 1859, il n'y a qu'une seule illustration, celle d'un arbre phylogénétique. Plus d'un siècle plus tard, les biologistes de l'évolution utilisent encore des diagrammes en forme d'arbre pour décrire l'évolution des espèces.

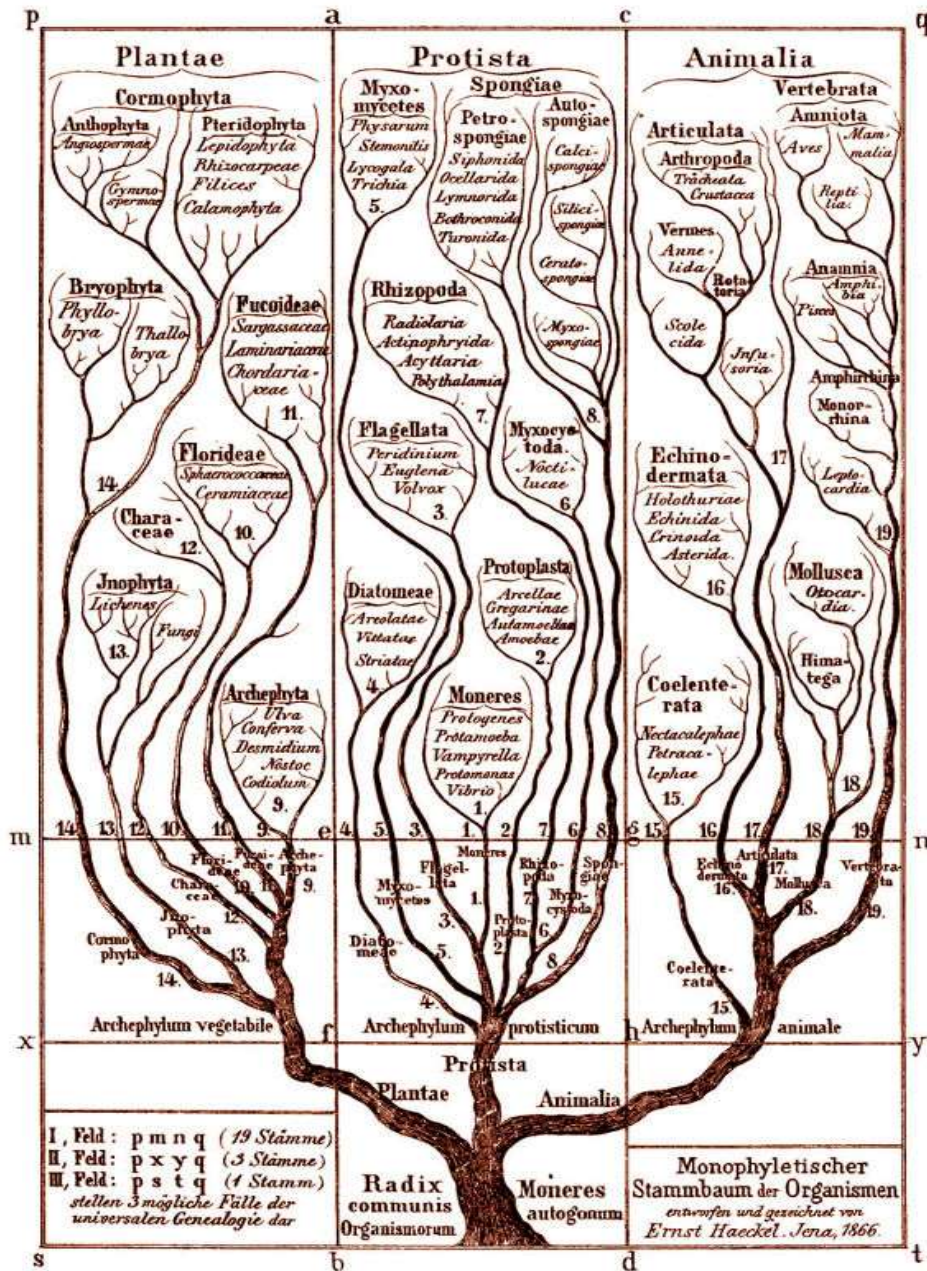
Arbre du vivant selon Darwin en 1837



Au XIX^{ème} siècle, la connaissance des micro-organismes connaît de grandes avancées et s'accompagne d'une multiplication du nombre d'espèces décrites. Leur rôle en tant qu'agents infectieux, est mis en évidence et leur implication au niveau de processus biochimiques primordiaux est démontrée. Cependant, leur place au sein des êtres vivants reste peu débattue.

Tout change en 1866, lorsqu'Haeckel propose de briser la dichotomie plante/animal en proposant la création d'un troisième règne du vivant, qu'il nomme protiste et qui deviendront plus tard les procaryotes.

Arbre du vivant, classification selon Haeckel en 1866



Durant le XX^{ème} siècle, une révolution est en marche. L'accès au patrimoine génétique des organismes a changé la connaissance de l'histoire et de la vie.

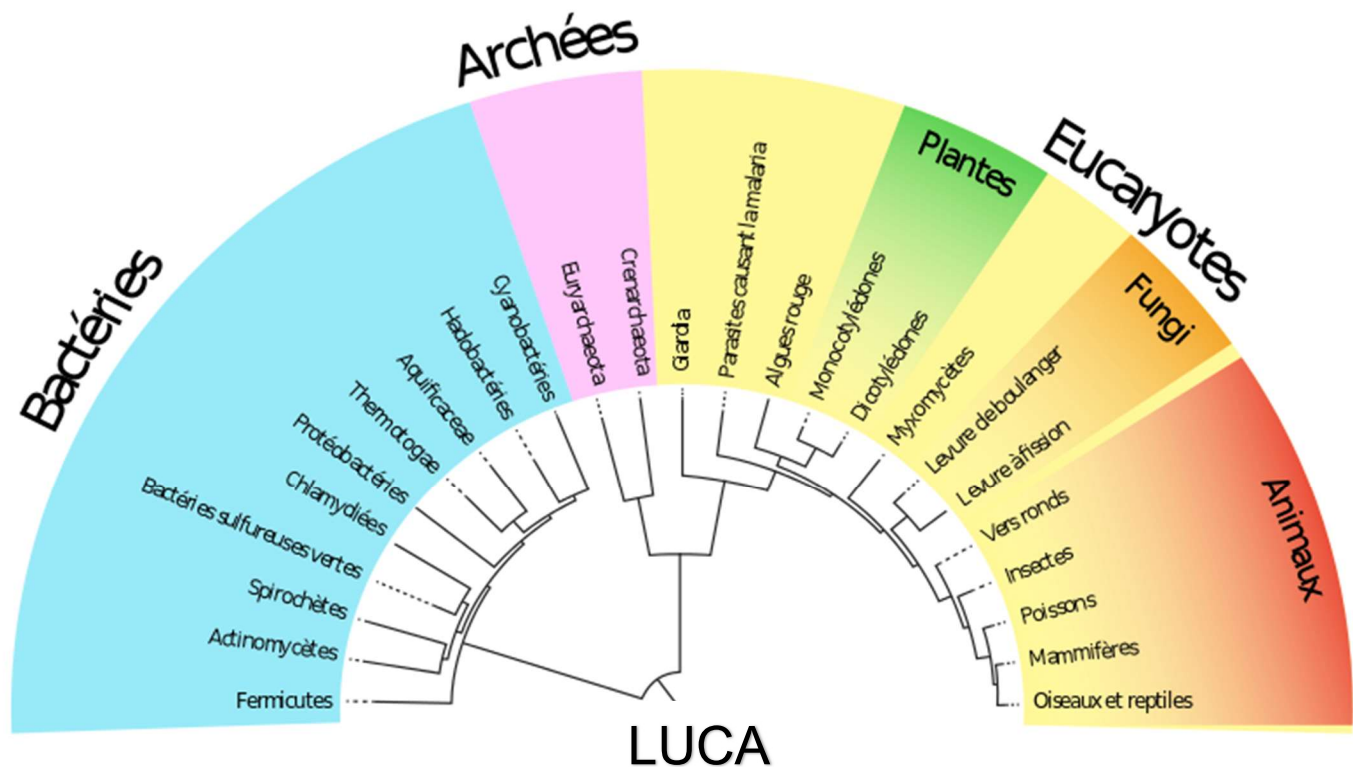
En 1937, Edouard Chatton propose une classification du monde du vivant en deux empires : les Procaryotes (organismes à cellules sans noyau) et les Eucaryotes (organismes à cellules avec noyau).

En 1956, Copeland plaide pour quatre règnes : les Plantes, les Animaux, les Protistes et les Monères.

En 1969, Whittaker propose une nomenclature à cinq règnes : les Monères, les Protistes (Eucaryotes unicellulaires), les Plantes (Eucaryotes pluricellulaires photosynthétiques), les Mycètes et les Animaux (Eucaryotes pluricellulaires hétérotrophes).

En 1981, Woese propose de reconnaître le règne des Archéobactéries suite à ses études sur l'ARN ribosomique. La biodiversité des organismes actuels est ainsi classée en trois domaines : les Bactéries, les Archées et les Eucaryotes. La publication de l'arbre de Woese va provoquer une modification profonde de la vision de la diversité du monde vivant.

L'arbre phylogénétique du vivant simplifié actuel



Ainsi, les premières phylogénies universelles réalisées à la fin des années 70 ont définitivement confirmé le concept d'unicité du vivant : tous les êtres vivants actuels ont une origine évolutive commune : LUCA (Last Common Universal Ancestor). Ainsi il demeure encore aujourd'hui des mystères sur la connaissance de la biodiversité, de même que les relations entre les trois domaines.

I-2-d. La microbiologie aujourd'hui

Etant donné les progrès constants des technologies et des scientifiques, la microbiologie aujourd'hui est en constante évolution. Des recherches ont lieu tous les jours, dans le monde entier, pour en connaître encore davantage sur les micro-organismes, qui aujourd'hui encore sont loin d'avoir livré tous leurs secrets.

- La lutte contre les maladies infectieuses

Comme nous l'avons vu précédemment, les biologistes ont cherché depuis longtemps à lutter contre les microbes, sans savoir au départ qu'ils existaient.

Les micro-organismes font partie intégrante des écosystèmes. Leur présence est parfois indispensable au renouvellement ou à l'entretien de l'environnement.

En revanche, l'Homme est en lutte permanente contre de nombreux virus et bactéries pathogènes, susceptibles de provoquer des maladies, voire des épidémies, au sein des populations.

Les moyens déployés dans la lutte antimicrobienne peuvent donc être considérables, car il y va de la survie de l'espèce humaine.

Ils se présentent sous différentes formes, de la surveillance à la désinfection, en passant par la recherche et la prévention auprès des populations dites « à risques ».

Bien que de nos jours l'hygiène paraisse « normale », il n'en fut pas ainsi depuis toujours. En effet, avant la découverte des micro-organismes, les rues et les gens étaient souvent sales, dans de nombreuses civilisations. L'apparition des épidémies était alors fréquente, et leur fin était toujours incertaine, car les causes de celles-ci n'étaient pas clairement définies.

Depuis plusieurs siècles, des découvertes ont permis de grands progrès de la lutte antimicrobienne, tant dans la compréhension des microbes que dans la recherche médicale. Ceci passe par Pasteur et le vaccin contre la rage, Lister avec l'asepsie et l'antisepsie, Fleming et la pénicilline qui est le premier antibiotique et pour finir la création de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) en 1948.

Il existe aujourd'hui, diverses façons de lutter contre les micro-organismes dont les principales sont : la formation, les précautions standard, l'asepsie, l'antisepsie, la désinfection, la stérilisation, les lavages des mains, l'usage unique des instruments ou des mouchoirs...

La lutte antimicrobienne peut se faire à différents niveaux. Chaque personne doit prendre soin d'elle, il s'agit d'une obligation envers soi-même, mais aussi envers son entourage.

Dans la nature, le respect de règles d'hygiène (pas de dépôts d'ordures par exemple) permet d'éviter l'émergence de foyers propices au développement des micro-organismes, ou de leurs vecteurs (par exemple certains moustiques).

A un niveau plus global, les collectivités et l'État veillent à l'entretien des locaux publics, en particulier pour les bâtiments susceptibles de contenir ou de propager des bactéries pathogènes.

C'est le cas des hôpitaux, mais aussi des laboratoires, des services de restauration, dans lesquels des règles d'hygiène et de sécurité draconiennes peuvent et doivent être appliquées. En France, les ministères des solidarités et de la santé, de l'agriculture, et de la direction générale de la concurrence de la consommation et de la répression des fraudes (DGCCRF), sont chargés de contrôler les importations, exportations, conditions d'hygiène et de conservations des denrées alimentaires.

Aussi, l'Institut de veille sanitaire a pour rôle de surveiller l'état de santé général de la population.

Au niveau mondial, c'est l'organisation mondiale de la santé (OMS) qui est chargée de veiller à la santé des populations, en recueillant des statistiques sur les maladies, en s'informant de l'évolution des épidémies déjà présentes, en prenant les précautions

nécessaires, afin de venir en aide aux pays les plus touchés, et de mettre sous contrôle d'éventuelles épidémies. Les chercheurs et spécialistes de tous pays travaillent à trouver de nouveaux vaccins et traitements.

De plus, les guerres et conflits, mais aussi les catastrophes naturelles sont autant de freins à la lutte antimicrobienne dans le monde.

La coopération mondiale au niveau de l'OMS permet de dresser des synthèses des problèmes sanitaires, et d'agir en fonction de ceux-là. Les chercheurs explorent tous les jours de nouvelles ressources dans le but de trouver des traitements adaptés, évolutifs, et moins onéreux, afin que chaque personne puisse bénéficier de soins. Une piste sérieusement étudiée est celle des bactériophages, qui, à l'avenir, pourraient apporter une solution concrète pour l'élimination des bactéries pathogènes.

Aujourd'hui nous constatons que l'utilisation abusive des antibiotiques engendre un problème de résistance des bactéries. Il faut donc sans cesse en trouver de nouveaux, sous peine de voir se propager des maladies qui, jusqu'à maintenant, se guérissaient relativement facilement.

Mais de nouvelles études, récentes ont permis de mettre en évidence que notre organisme contenait un très grand nombre de bactéries qui sont nécessaires au bon fonctionnement de notre corps et à notre santé.

- La production de microbes

Mais un paradoxe existe, outre leur effet néfaste voir mortel sur notre corps, les micro-organismes sont vitaux pour l'Homme et nécessaires pour le garder en bonne santé !

La place des micro-organismes dans notre écosystème

Les micro-organismes auraient été les premières formes de vie à se développer sur Terre, il y a 3,4 à 3,7 milliards d'années.

Les micro-organismes sont indispensables à l'Homme et à l'environnement. Ils participent au cycle du carbone et au cycle de l'azote et accomplissent un rôle vital dans presque tous les écosystèmes, tels que la biodégradation et le recyclage d'autres organismes.

On trouve les micro-organismes dans tous les types d'environnement présents dans la nature : ils colonisent tous les écosystèmes, comme les sols, les eaux douces et les eaux marines, l'air, mais aussi des environnements plus hostiles tels que les pôles, les déserts, les volcans...

L'utilité des micro-organismes dans l'alimentation

Les aliments ou les boissons fermentés sont obtenus par fermentation du produit alimentaire jusqu'à un niveau d'exigence souhaité. La fermentation est issue des micro-organismes telles que des bactéries, des levures ou des moisissures.

Plus de 3 500 aliments fermentés existent dans le monde entier. Les plus connus sont les pains, les yaourts et les fromages en Europe et en Amérique du Nord. Puis, nous avons les fromages d'Afrique qui sont fabriqués à partir d'amidon fermenté (comme le

manioc ou les ignames). Ils constituent une partie importante du régime alimentaire local. En Asie, il y a les produits fermentés à partir de fèves de soja ou de poissons.

Nous consommons également des boissons fermentées. Ce sont non seulement des boissons alcoolisées comme la bière ou le vin, mais aussi du thé, du café ou du cacao. Dans ce cas les feuilles ou les fèves sont fermentées après la récolte. Cette fermentation entraîne le développement des arômes caractéristiques du produit.

Grâce à la fermentation, les aliments sont plus nutritifs, plus savoureux et plus faciles à digérer. De plus, cette fermentation améliore la sécurité alimentaire, en aidant à conserver les aliments et à augmenter leur durée de vie, réduisant ainsi le besoin de réfrigération.

- Les levures :

La levure est le micro-organisme le plus familier, elle intervient aussi bien dans la nourriture que dans la boisson. Elle est utilisée dans la fabrication du pain, où elle joue un rôle majeur dans la production de la texture spongieuse mais aussi pour fabriquer des boissons alcoolisées. Lors de la fermentation, les levures transforment les sucres complexes des céréales en alcool.

Son utilisation dans la panification a sûrement débuté par hasard. Mais, aujourd'hui des cultures de levures sont produites et contrôlées par des industries spécialisées dans leur production.

- Les bactéries lactiques :

La fabrication de produits laitiers représente la deuxième industrie de fermentation la plus importante, après la production de boissons alcoolisées.

En effet, le fromage est fabriqué dans presque tous les pays du monde.

Cette fermentation facilite la transformation du sucre du lait, le lactose, en acide lactique par les bactéries lactiques. Ce processus contribue au développement du goût particulier des yaourts ou des fromages. Il participe aussi à la prévention dans la détérioration de l'aliment et dans la limitation de croissance des organismes pathogènes.

Aujourd'hui, un défi majeur pour l'industrie de la fermentation des produits laitiers est de fournir des souches de bactéries stables.

Certains types de fromage requièrent aussi des moisissures pendant l'affinage pour développer leur goût caractéristique, comme le bleu ou le camembert.

L'utilité des micro-organismes pour notre organisme

Petit à petit, les différentes études portant sur les micro-organismes vont prouver qu'ils interviennent à divers niveaux sur notre organisme en particulier, l'assimilation de vitamines et nutriments, mais aussi l'immunité. Beaucoup d'entre eux, nous aident de multiples façons mais restent généralement inconnus voire insoupçonnés ! En effet, en plus d'aider notre digestion, l'intestin humain est le foyer de plusieurs milliards de microbes utiles.

Ainsi les milliards de micro-organismes qui peuplent le corps humain sont vitaux pour l'Homme. Il ne suffit plus de lutter contre les micro-organismes pathogènes pour être

en bonne santé ou rester en vie, il faut maintenant prendre soin de notre microbiote, considéré comme notre « deuxième cerveau » et qui détermine le fonctionnement de notre corps.

- Le microbiote

Le microbiote humain correspond à l'ensemble des micro-organismes qui ont colonisé notre corps et avec lesquels nous cohabitons : des bactéries pour l'essentiel, mais également des virus, des champignons, des levures.

L'Homme n'héberge pas un mais plusieurs microbiotes. On distingue entre autres le microbiote cutané, le microbiote vaginal (pour les femmes), le microbiote buccal, le microbiote pulmonaire..., et le microbiote intestinal, autrefois appelé flore intestinale, de loin le plus important avec ses 100 000 milliards de germes, et qui représente près de 2 kilogrammes de chacun de nous. Tous ces microbiotes sont différents et tous sont personnels. Chez un individu les microbiotes totalisent 10^{14} bactéries, soit dix fois plus que de cellules dans notre corps.

Dès notre naissance nous sommes exposés à des milliards de bactéries que nous avalons lors de notre venue au monde, notamment au travers de la flore vaginale de notre mère. Ces bactéries ont colonisé notre tube digestif et formé notre microbiote intestinal.

Ce capital bactérien, considéré aujourd'hui comme un trésor, va nous accompagner tout au long de notre vie. Nous en serons les seuls gardiens et auront pour rôle de le protéger et de l'enrichir, car bien que composé de nombreuses espèces de bactéries qui interagissent entre elles et malgré leur grand nombre, elles restent fragiles.

La qualité de nos microbiotes influe directement sur notre croissance et notre immunité de notre plus jeune âge à notre mort.

Dès les années 1990, la mise en évidence de notre « deuxième cerveau » au niveau intestinal va conforter l'hypothèse que cette flore intestinale joue un rôle bien plus important encore.

Les spécialistes estiment ainsi que près de 200 millions de neurones tapissent notre tube digestif. Les mêmes neurones que ceux qui se logent dans notre cerveau. Avec ses 200 millions de neurones, l'intestin dialogue avec le cerveau et participe à la régulation de nos émotions. Mais notre cerveau serait également influencé par les milliards de bactéries qui peuplent le tube digestif.

A partir de 2006, grâce aux progrès de la science et aux techniques de séquençage à haut débit, les scientifiques s'attellent à décoder le génome bactérien de notre microbiote intestinal. Ils découvrent et analysent alors les propriétés de nombreuses espèces bactériennes jusqu'alors inconnues car, pour la plupart d'entre elles, non cultivables in vitro.

Ce décodage apporte la preuve et l'explication scientifique des rôles déjà connus ou soupçonnés de la flore intestinale dans la digestion, les diverses fonctions métaboliques et les défenses immunitaires.

Ce décodage conduit également à deux autres grandes découvertes : non seulement chaque individu a un microbiote qui lui est propre, même s'il existe une

certaine répartition constante des espèces bactériennes, sorte de socle commun que l'on retrouve chez tous les individus en bonne santé. Mais surtout, le microbiote de personnes malades est le plus souvent appauvri et faiblement diversifié.

Les micro-organismes sont donc devenus indispensables en tant qu'auxiliaires de santé pour combattre et prévenir les maladies. C'est pourquoi les laboratoires fabriquent et stockent des « bio banques » pour pallier les mauvaises habitudes alimentaires qui appauvrissent ou détruisent notre flore intestinale.

Les chercheurs ont récemment trouvé que nos excréments sont des trésors de bactéries. Certaines maladies, après analyses de selles, ont montré l'absence de bonnes bactéries chez le patient malade.

Ils ont donc mis au point des greffes fécales pour venir à bout de certaines maladies, et sont en train d'expérimenter cette méthode sur d'autres maladies comme l'autisme ou le cancer.

Ainsi une nouvelle perspective de soin est née : soigner les malades avec les bactéries qui leur manquent. Contrairement à Pasteur qui cherchait dans la maladie un pathogène, aujourd'hui les chercheurs identifient les bonnes bactéries absentes.

La difficulté actuellement réside dans le fait qu'un grand nombre de bactéries sont anaérobies, elles meurent avant de pouvoir être étudiées dans des boîtes de culture, emportant ainsi avec elles leur mystère.

Ainsi nos connaissances des micro-organismes sont en continuelle évolution. Il est donc important de montrer aux élèves que certes il y a des organismes pathogènes qui demandent une certaine hygiène, mais il en existe également des non pathogènes, qui sont tout aussi importants pour notre santé, et qui nous sont très utiles au quotidien.

I-3. Les micro-organismes à l'école

I-3-a. Référence aux programmes

L'étude des micro-organismes est présente dans le Bulletin Officiel du 26 mars 2015, dans la partie « Explorer le monde ». On trouve un chapitre entier consacré à l'exploration du vivant, des objets et de la matière.

« À leur entrée à l'école maternelle, les enfants ont déjà des représentations qui leur permettent de prendre des repères dans leur vie quotidienne. Pour les aider à découvrir, organiser et comprendre le monde qui les entoure, l'enseignant propose des activités qui amènent les enfants à observer, formuler des interrogations plus rationnelles, construire des relations entre les phénomènes observés, prévoir des conséquences, identifier des caractéristiques susceptibles d'être catégorisées. Les enfants commencent à comprendre ce qui distingue le vivant du non-vivant ».

Dans les programmes il est inscrit que les enfants doivent être éduqués à la santé, c'est-à-dire acquérir les premiers savoirs, savoir-faire et savoir-être relatifs à une hygiène de vie saine. Ces savoirs passent par l'activité physique et par l'étude de leur corps.

Il est attendu d'eux à la fin du cycle 1 qu'ils connaissent et mettent en œuvre quelques règles d'hygiène corporelle et d'une vie saine.

I-3-b. Représentation des micro-organismes dans les publications pour enfants

Il est aujourd'hui très difficile de trouver des documents ou des livres parlant de « bons » microbes aux enfants.

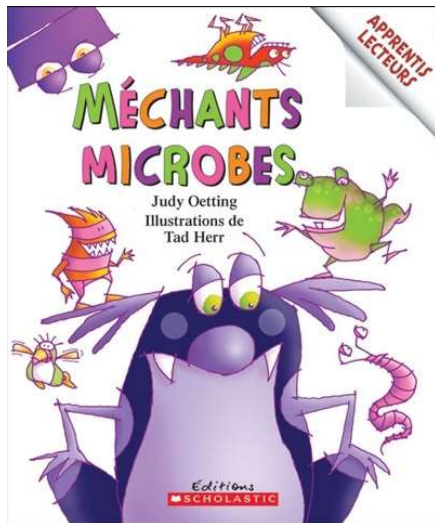
Malgré une recherche approfondie, je n'ai trouvé que très peu d'albums traitant de microbes pour des enfants de maternelle.

J'ai pu constater que tous parlent de microbes pathogènes. Ils sont représentés avec des poils, de couleur sombre, avec des yeux, des pieds, des mains, en train de manger... Voici l'histoire « Les trois microbes », représentative de ce que l'on trouve comme histoire de microbes pour le jeune public.



On dit très tôt aux enfants que s'ils sont malades c'est à cause des microbes, qu'ils sont méchants, qu'ils se transmettent d'une personne à l'autre... On les sollicite à longueur de journée afin qu'ils se lavent les mains, pour éviter de donner des microbes à leurs copains.

On associe souvent microbe et guerre. Il faut se débarrasser des microbes, il faut lutter contre leur propagation... Nous allons même jusqu'à dire aux enfants qu'il faut les tuer !



Il existe également une série très connue de livres ou de dessins animés pour les enfants « Il était une fois...la vie ». Dans celle-ci les microbes sont caricaturés sous la forme de grands personnages bleus au nez rouge, hargneux. Leur chef se prénomme « Teigneux ». Les virus, eux, sous la forme de petits vers jaunes avec un nez et des cornes rouges ou verts. Selon le type de virus (grippe, hépatite, etc.) ils ont une forme légèrement différente. Leur chef est l'insidieux et sournois « Nabot ».



Je n'ai trouvé qu'un livre adapté à leur âge avec des illustrations, des volets à soulever et représentant vraiment les microbes tel qu'ils sont, avec des formes rondes ou en bâtonnets, des flagelles... mais malheureusement également avec des yeux et une bouche !

Il est cependant mentionné qu'il y a certes les microbes qui nous rendent malades mais également des micro-organismes qui entrent dans la composition d'aliments comme le pain, les yaourts et qui nous sont bénéfiques.

Ils sont présentés comme vivants partout et étant beaucoup plus nombreux que ce qu'ils pensent. Dans ce livre il est expliqué la propagation et la lutte à divers niveaux :

plaie, nez, ventre... Le rôle et la composition des médicaments et même que certaines moisissures peuvent tuer les bactéries.

Enfin il est figuré comment arrêter les microbes : se laver les mains ou les dents, ramasser les crottes de chien, se moucher, l'utilité du réfrigérateur ou les recherches des scientifiques qui découvrent de nouveaux médicaments.



En conclusion, nous disons très tôt aux enfants que s'ils sont malades c'est à cause des microbes. On leur impose de se laver les mains et de le faire correctement et régulièrement afin de rester en bonne santé. Ils imaginent donc les micro-organismes comme affreux et méchants. Ils ne peuvent pas imaginer qu'il existe de « bons » microbes et encore moins qu'ils en ont plein leur ventre ! Ou qu'ils en consomment tous les jours pour rester en bonne santé !

Au vu de tous les éléments ci-dessus, j'ai dégagé les problématiques suivantes : quelle représentation les élèves de maternelle ont-ils des microbes ? Et est-ce qu'une action pédagogique peut modifier cette vision ?

II. Méthodologie de recherche

Suite à cette recherche bibliographique, j'ai choisi de mettre en place une action pédagogique qui me permettrait de répondre au mieux à ces problématiques.

L'objectif de cette action est de faire prendre conscience aux élèves qu'il existe des micro-organismes partout, dans l'air, dans l'eau, sur notre peau, dans notre corps, dans les aliments... Certes nous ne pouvons pas les voir à l'œil nu, mais ils sont bien présents.

J'aimerais également leur faire prendre conscience de l'utilité d'entretenir leur microbiote dès leur plus jeune âge en ayant une hygiène de vie correcte.

Ainsi trouver comment déplacer le questionnement du vivant autour du microbe, de l'invisible à l'œil nu.

II-1. Ce que je veux tester

Je souhaite tester comment les enfants perçoivent les microbes, et en quoi une action pédagogique sur les micro-organismes modifie les conceptions des élèves sur quelque chose qu'ils ne voient pas ?

Pour cela je dois catégoriser les différents types de représentations qu'ont les élèves des microbes.

Mes hypothèses

En effet comme je l'ai montré ci-dessus, seuls les micro-organismes pathogènes sont présentés aux enfants. J'imagine donc que les enfants les voient de façon néfaste pour leur santé, et tous « méchants ».

D'après moi, les micro-organismes aux yeux des enfants sont :

- Des « bêtes » en miniatures, avec des caractéristiques animales ou anthropomorphiques
- Tous identiques
- Tous méchants, ils nous rendent malades
- Tous moches, ils ont des poils noirs partout
- Vivants, car ils se promènent et viennent sur nous
- Inutiles pour l'Homme, ils nous rendent seulement malades
- De couleur noire (côté méchant) ou incolore (invisibilité)
- Tués quand on se lave les mains, ou lorsque l'on jette son mouchoir
- Nombreux
- Présents uniquement lors de nos éternuements ou dans notre matière fécale
- La terre, le sale... est associé à des microbes

Et toujours d'après moi, aux yeux des enfants, les micro-organismes ne sont pas :

- Dans les crottes de nez, car ils en mangent
- Utiles pour quoi que ce soit
- Joli, avec des couleurs vives et gaies
- Des formes géométriques, de coques ou de bacilles
- « Gentils », seulement « méchants »
- En nous
- Dans notre alimentation et partout (air, eau, peau...)
- Dépourvus de visage, de bouche, d'yeux, de jambes...

D'après moi suite à mon action pédagogique, les enfants auront conscience qu'il existe des microbes utiles, qu'ils en consomment tous les jours et qu'ils sont partout, même dans leur corps. J'espère qu'ils ne les verront plus tous comme des bêtes féroces, mais plutôt comme de gentils petites boules ou bâtonnets, et que les images que je leur présenterai leur forgera une image plus précise et réelle de l'invisible.

Ils seront également capables de citer le nom de bactérie et levure en étant conscients que ce sont des microbes utiles à leur bonne santé, et qu'ils ne seront pas malades en les consommant.

Je pense que la démonstration de l'utilité des bactéries et des levures leur montrera le pouvoir impressionnant de ces micro-organismes, dont ils ne soupçonnaient peut-être même pas l'existence.

J'imagine également que mon intervention rendra leur représentation plus colorée et moins noire des micro-organismes.

Enfin j'espère qu'ils comprendront que les micro-organismes sont vivants, et bien qu'invisibles à leurs yeux ils existent en très grand nombre.

II-2. Comment je veux le tester

Etant professeur des écoles stagiaire cette année, je suis en classe de maternelle à Saint Lothain (39). J'ai souhaité pratiquer cette étude sur ma classe de petite et moyenne sections. Ma classe comporte 15 élèves, répartis de façon homogène, à savoir 7 filles et 8 garçons, mais également 7 élèves en moyenne section et 8 en petite section.

Ma recherche se composera d'une prise des conceptions initiales à travers un dessin ou un modelage, puis interviendra mon action pédagogique développée plus bas suivie d'un nouveau recueil de conceptions. Je prendrai en compte ce que les élèves évoquent durant les activités et je terminerai par une comparaison et une conclusion quant à l'effet de mon action pédagogique sur leurs représentations.

II-2-a. Mon action pédagogique

Durant la période 3, j'ai choisi de mettre en place une action pédagogique sur la représentation de l'invisible par les élèves. J'ai ainsi axé ma séquence uniquement sur les microbes utiles à l'Homme, afin de montrer aux enfants que des micro-organismes non pathogènes existent.

Ma séquence comprend 5 étapes :

- Etape 1 : Représentation libre des microbes

Lors de la première séance je souhaite commencer par un échange collectif avec comme question « si je dis microbe, que me dites-vous ? »

Je pourrai ainsi recueillir l'ensemble des mots qu'ils prononceront sur le tableau de la classe, dans l'ordre où ils arriveront.

Je prendrai soin de donner la parole à chaque élève, afin que tous puissent s'exprimer.

Je mettrai ensuite à leur disposition de la pâte à modeler, des feuilles et des crayons de toutes les couleurs, et je leur demanderai de représenter un ou plusieurs microbes.

Lors de la passation de la consigne, j'insisterai sur le choix de la couleur et le nombre de couleurs, de la ou les formes qu'ils vont représenter...sur le fait de prendre bien leur temps afin de rester le plus fidèle possible à leur imaginaire.

Je n'interviendrai pas du tout lors de cette phase.

Je prendrai ensuite un petit temps avec chacun afin de recueillir toutes les informations possibles sur ce qu'il aura représenté ou modelé. (Forme, taille, nombre, couleur...)
Nous exposerons ensuite tous les dessins et modelages, et nous ferons une mise en commun de leurs travaux afin de comparer leurs productions.

- Etape 2 : Fabrication de yaourts

Dans un premier temps j'interrogerai les élèves sur les ingrédients nécessaires à la fabrication des yaourts.

Lors de cet échange oral je recueillerai toutes leurs idées au tableau, pour arriver à les guider aux ingrédients de base qui entrent dans la composition de yaourts.

Je leur fournirai la recette illustrée et ils nommeront tous les ingrédients et ustensiles nécessaires à la fabrication de yaourts en classe.

Après avoir réparti la classe en 2 groupes d'élèves, un groupe avec mon ATSEM et un groupe avec moi, nous suivrons la recette et fabriquerons une quinzaine de yaourts.

Nous répartirons aléatoirement les yaourts dans les yaourtières et les laisserons cuire jusqu'au lendemain, avec ordre de ne pas toucher aux yaourtières. Les enfants pourront également observer la texture, la couleur, le niveau, l'odeur... et je noterai leurs observations.

Le lendemain nous ouvrirons les yaourtières et ils pourront observer les différences par rapport à la veille, avant le passage en yaourtière, que ce soit la texture, la couleur, l'odeur, le niveau... Nous pourrions ainsi comparer avec leurs observations précédentes, les résultats obtenus.

Nous pourrions en déduire le rôle des ferments lactiques dans la fabrication de produits laitiers, et je leur donnerai le nom de bactérie et de microbe à ce moment-là.

Ils dégusteront leurs yaourts au cours du goûter de l'après-midi.

- Etape 3 : Fabrication du pain

Au cours de cette étape, je procéderai de la même façon que pour la fabrication des yaourts. Je recueillerai leurs idées quant aux ingrédients nécessaires à l'élaboration du pain, les noterai et ferai ensuite un tri avec eux, afin de les guider aux ingrédients de base.

Les élèves seront répartis en 2 groupes, un groupe avec l'ATSEM qui aura une recette du pain classique, qui contient de la levure de boulanger en cube ; et un groupe avec moi qui sera en possession d'une recette amputée de la levure.

Nous ne dirons rien aux élèves et chaque groupe fabriquera sa pâte en suivant pas à pas sa recette.

Après l'étape de pétrissage, nous laisserons la pâte lever dans les saladiers sur le radiateur, recouverts d'un linge humide.

Un enfant de chaque groupe aura pris soin de mettre une marque sur le saladier de son groupe afin d'observer facilement le gonflement de la pâte, plus tard.

Après le temps de repos et de levage de la pâte, j'inviterai un élève du premier groupe à aller chercher son saladier et nous observerons le niveau de la pâte. Celle-ci aura levée, les enfants le verront facilement grâce au repère sur le saladier.

Ensuite le deuxième groupe ira chercher son saladier et nous observerons le niveau. Ils constateront que la pâte est toujours au même niveau. J'interrogerai donc les élèves sur le pourquoi des différences observées.

Quand ils auront compris qu'il manque de la levure dans leur pâte, ils en ajouteront en sachet, afin de leur montrer les différentes présentations possibles des levures. Nous recommencerons la procédure, et cette fois la pâte lèvera.

Nous cuirons les pains que les enfants observeront après cuisson, et ils les dégusteront au goûter. Je leur dirai à ce moment que les levures sont des micro-organismes, et que comme ils l'auront compris, elles seules sont responsables de la fabrication réussie du pain.

- Etape 4 : Représentation libre des microbes

Lors de cette étape, je souhaite recueillir la représentation des microbes de chaque élève, suite à la fabrication de yaourts et de pain.

Je ferai rappeler aux élèves les expériences passées et les conclusions faites. Ils auront ainsi réemployé les termes de microbes, de ferments, de bactéries et de levures.

Ils auront conscience que les micro-organismes sont utiles dans la vie quotidienne, et qu'ils en mangent à chaque repas.

Je procéderai donc de la même façon qu'à l'étape une, en demandant aux élèves d'utiliser de la pâte à modeler, des feuilles et des crayons de toutes les couleurs, afin de : « représenter un ou plusieurs microbes, comme tu le ou les imagines aujourd'hui. Veille à choisir la/les couleurs qui correspondent le mieux à ce que tu penses et représente le microbe ou les microbes au plus proche de ton imagination ».

Je n'interviendrai pas lors de cette phase.

Il s'en suivra comme en première séance une dictée individuelle à l'adulte afin de recueillir toutes les informations possibles sur ce qui aura été représenté ou modelé. (Forme, taille, nombre, couleur...)

Nous exposerons ensuite tous les dessins et modelages, et nous ferons une mise en commun de leurs travaux afin de comparer leurs productions et leurs représentations.

Dans un second temps, nous ressortirons les représentations initiales de chacun, et discuterons ensemble des évolutions entre les deux productions.

- Etape 5 : Observation de microbes « réels »

Suite au recueil de leur représentation finale, et après les fabrications, les observations et dégustations, je leur présenterai de « vrais » microbes.

Concernant cette partie, je leur dirai d'abord que les microbes sont très nombreux mais tellement petits qu'on ne peut pas les voir à l'œil nu.

Pour les observer, nous avons besoin d'un microscope. J'en montrerai un aux élèves.

J'insisterai sur le fait que les microbes sont minuscules, et qu'on ne peut les voir qu'avec un microscope et une préparation.

Ensuite je projeterai des images agrandies de micro-organismes, tout d'abord les bactéries que l'on trouve dans le yaourt, puis des images de microbes « utiles » et enfin pathogènes pour l'Homme.

Je soulignerai la simplicité des formes, de coque ou de bâtonnet pour la grande majorité, et la présence de flagelles et poils pour certains. Je veillerai aussi à choisir des microbes aux couleurs différentes.

Je clôturerai mon action pédagogique par un échange oral entre les élèves, qui me permettra de comparer l'évolution de leur vision des micro-organismes et l'impact de mon intervention.

II-2-b. Classification

Pour analyser les travaux des élèves, j'ai choisi de faire une classification selon les caractéristiques types des idées qu'ont les élèves sur les microbes :

- Un tri gentil / méchant
- Monochrome / polychrome
- Une caractérisation anthropomorphique et une plutôt type figures géométriques
- Une par évolution de chaque élève, entre la conception initiale et finale

Pour chacun de ces critères, il y a tout d'abord une phase orale puis une phase graphique. J'ai également pris un temps individuel avec chaque élève pour recueillir ses représentations.

Le langage tout comme le geste graphique peuvent être difficiles à cet âge, l'un peut être plus développé que l'autre selon les élèves, d'où l'importance de proposer les deux temps.

III. Résultats et discussion

III-1. Résultats

Les résultats portent sur les classifications que j'avais déterminées lors de ma seconde partie.

Lors des premières séances, tous les élèves ont participé, mais lors de la dernière qui consistait au recueil des représentations finales, deux élèves étaient absents. Un élève de petite et un élève de moyenne section.

III-1-a. Représentations initiales des microbes à travers le dessin et les discussions en classe

- Echange oral

Lors de la première séance j'ai souhaité commencer par un échange collectif avec comme question « si je dis microbe, que me dites-vous ? »

A cet âge et comme je l'avais anticipé les conceptions premières des enfants sont influencées par leurs familles, leurs vécus et leurs camarades. Ils ont tout d'abord tous été écoeurés par le mot « microbe » et le fait que ce soit dégoûtant. Ils ont donc dans un premier temps assimilé instinctivement le mot microbe à du négatif, à la maladie.

Les premiers mots qu'ils ont évoqués allaient tous dans ce sens. La première réaction a été faite en groupe « beurk » et « c'est dégoûtant », avec une association à la maladie, aux « crottes de nez », « mains sales » et aux « carries ».

Ensuite ils ont évoqué les mots « bête », « dents », « requins ». Un élève est même allé jusqu'à dire que ça lui « faisait peur ».

Ils ont également évoqué les formes « rond » et « carré », les couleurs, toutes y sont passées : du jaune, du rose, du gris, du rouge, du vert, du noir et du blanc. Certains ont ensuite parlé d'enfant, de papa et de bébé. De nez, de bouche, de lunettes, et de cheveux.

Un élève m'a dit qu'il en imaginait beaucoup, ainsi ils devaient se déplacer en camion.

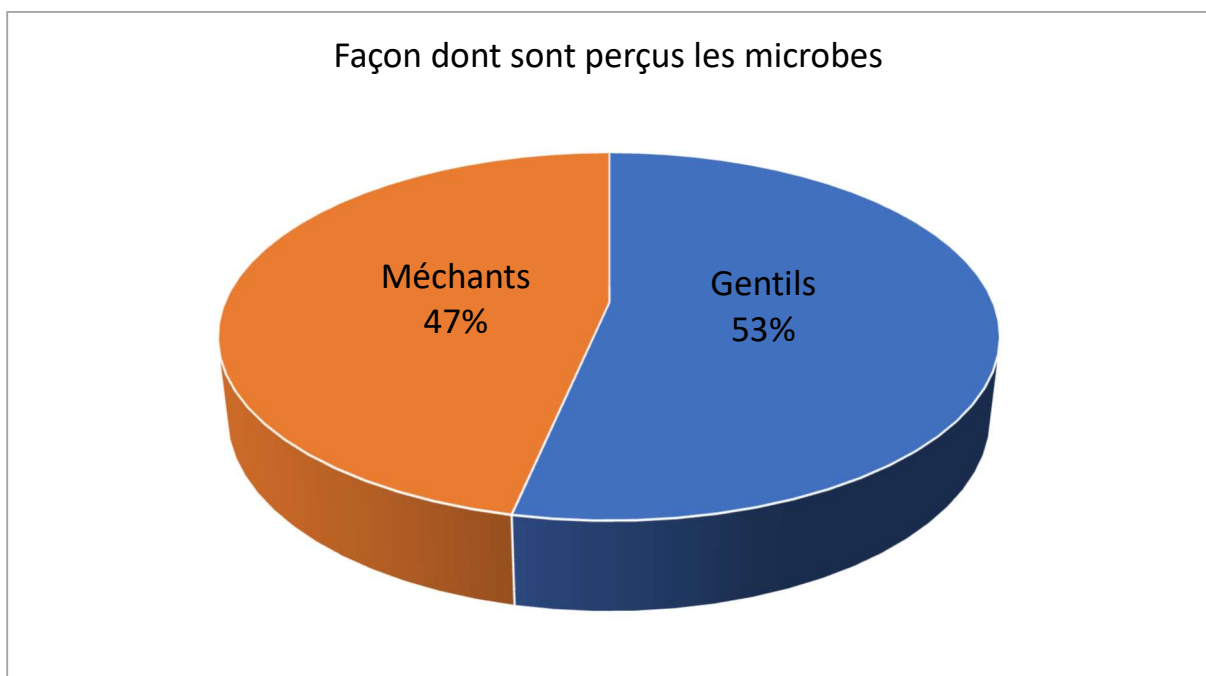
Durant cet échange aucun élève n'a pensé à leur présence dans les aliments.

Après plusieurs mots évoqués (certaines formes, couleurs...) les élèves ont amené spontanément un questionnement collectif sur leur « sympathie ». Sont gentils ou méchants ? Les arguments ont été très intéressants pour les deux « clans » gentil/méchant.

Quelques élèves ont conscience qu'ils en ont dans le ventre. Cela m'a beaucoup surpris, car je ne pensais pas qu'à cet âge ils connaissaient cette information et surtout qu'ils pouvaient les associer à des « gentils ».

La moitié des élèves, 8 sur 15, les associent à des « gentils », pour la plupart sans savoir l'expliquer. Voilà les résultats obtenus lors du débat :

	Gentil	Méchant	Explications
	X		Je ne suis jamais malade. Je les vois en forme de gâteaux dans mon ventre.
		X	Ils nous font des trous dans les dents.
		X	On a des microbes dans le ventre.
	X		Ils sont gentils quand ils sont en nous, c'est quand on les crache qu'ils deviennent méchants.
	X		
		X	Ils nous rendent malades.
	X		
		X	
	X		
	X		
		X	
	X		
		X	
		X	
	X		



- Représentation

Nous sommes ensuite passés à la représentation graphique des micro-organismes.

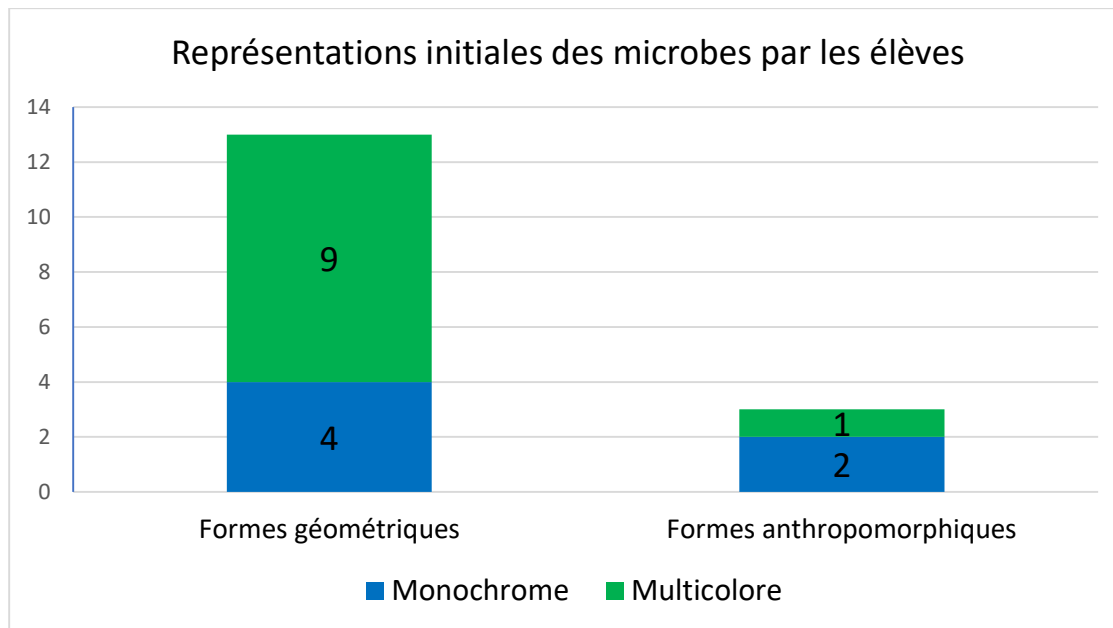
J'ai procédé comme prévu, en mettant à leur disposition des feuilles et des crayons de toutes les couleurs, et je leur ai demandé de représenter un ou plusieurs microbes. J'avais également mis sur une table de la pâte à modeler et leur ai proposé de le représenter ainsi, mais aucun élève n'a voulu se prêter à cet exercice.

Lors de la passation de la consigne, j'ai énormément insisté sur l'importance de la fidélité entre leur imagination et leur représentation. Que cela soit de l'ordre de la forme, la couleur, le nombre...

Durant cette phase de représentation, j'ai observé 2 caractéristiques bien distinctes sur leurs dessins, d'un côté : les formes rondes, les traits et les spirales, que j'ai appelé « formes géométriques », et de l'autre les « formes anthropomorphiques ».

J'ai aussi souhaité séparer les dessins monochromes et de ceux multicolores. J'ai ainsi obtenu des résultats de 15 élèves que j'ai classé de la façon suivante :

	Formes géométriques	Formes anthropomorphiques	Couleur	
			Une	Plusieurs
	X			X
	X			X
	X		X	
	X	X	X	X
		X		X
		X	X	
	X		X	
	X			X
	X		X	
	X			X
	X			X
	X			X
	X		X	
	X			X



- Dictée à l'adulte

J'ai ensuite consacré un petit temps à chacun afin de recueillir toutes les informations possibles sur ce qu'il avait dessiné. (Forme, taille, nombre, couleur...)

L'étape de dictée à l'adulte s'est révélée très intéressante, car elle m'a permis de recueillir leur représentation et ce qu'ils avaient voulu représenter au travers de leurs dessins. Ils étaient très volontaires et ont su exprimer ce qu'ils avaient représenté, et étaient très fiers de leurs productions.

Un élève a choisi de dessiner en vert car il les voyait blanc, mais n'avait pas de blanc pour dessiner. Il n'a pas su me dire pourquoi le blanc, mais j'ai supposé que ce fût car il ne les voyait pas, donc il voulait les dessiner de façon à ce que nous ne les voyons pas également. Il a, j'imagine pensé à la couleur plutôt qu'à la taille pour justifier le fait qu'ils sont invisibles à ses yeux.

J'ai également noté que pour ceux qui avaient dessinés des formes anthropomorphiques, deux enfants ont dessiné une maman. Sur l'autre production, seuls ont été représentés des papas, des enfants et des bébés. Il en a été ainsi également lors de la phase orale où le mot maman n'a pas été évoqué.

- Mise en commun

Nous avons ensuite exposé tous les dessins et ils ont ainsi pu comparer leurs productions. Ils ont été surpris de voir que certains de leurs camarades avaient représenté les microbes avec des formes à l'opposé des leurs. D'autres ont remarqué les « traits » produits par un camarade, à qui ils ont tout de suite dit « ils sont tout écrasés les tiens ». Ils ont souligné les ressemblances dans les « personnages » en notant qu'aucun n'avait de bras.

III-1-b. Résultats lors de la fabrication de yaourts et de pain

Les yaourts

- Echange oral

Dans un premier temps j'ai interrogé les élèves sur les ingrédients nécessaires à la fabrication des yaourts. Lors de cet échange oral j'ai noté toutes leurs idées au tableau, pour arriver à les guider aux ingrédients de base.

Aucun élève n'a jusqu'ici fabriqué de yaourts chez lui. Lors de cet échange les élèves ont été cohérents et ont cité de nombreux ingrédients qui entraient dans les recettes de cuisine. J'ai pu noter au tableau des œufs, du sucre, du sel, de la farine, de l'eau, une fève...

Un élève m'a cité la farine, afin de donner la couleur blanche au yaourt. D'autres m'ont dit du sucre, car un yaourt c'est sucré, mais une élève a rétorqué qu'il n'y en avait pas besoin car on peut le mettre plus tard, et que l'on peut aussi le remplacer par de la confiture.

Après un premier tri collectif, il nous est resté comme ingrédient de la farine et du sucre. J'ai questionné les élèves sur le fait de mélanger ces ingrédients et si nous obtiendrions un yaourt. Ils ont tout de suite réagi et infirmer leur hypothèse.

Je les ai guidés et questionné sur le fait qu'il manquait un liquide pour mélanger, comme dans la pâte à crêpe ou les gâteaux faits précédemment.

Ils ont ainsi déduit et trouvé l'ingrédient principal, le lait.

Je leur ai présenté le lait en poudre, et surtout les ferments sans dire que c'était des microbes. Je leur ai juste dit le nom de ferments et qu'il fallait mettre tout le sachet dans le saladier avec le lait et le lait en poudre.

Nous sommes ensuite passés aux ustensiles nécessaires, et ils ont évoqué naturellement le fouet, le saladier et les cuillères ou verres pour mesurer. Aucun n'a su ce qu'était une yaourtière, ni compris son utilité à ce stade de la séquence.

- Fabrication :

Lors de cette étape, tout s'est bien passé et les élèves ont été très motivés. Ils ont pu suivre la recette qui était simple et illustrée très facilement.

Nous avons observé que les yaourts étaient très liquides, plusieurs ont observé « on dirait du lait sans rien ».

Nous avons ensuite ensemble branché les yaourtières dans un endroit isolé afin de ne pas y toucher et de ne pas perturber la solidification.

- Observations :

Le lendemain matin, nous sommes allés chercher les yaourtières et avons pu observer simplement ce que l'on voyait. Le lait avait durci et s'était transformé en devenant un peu moins liquide. Nous avons mis les yaourts au réfrigérateur jusqu'au goûter de l'après-midi. Le niveau et l'odeur étaient les mêmes que la veille.

Dans un second temps pour le goûter, les enfants se sont rendus compte que leurs yaourts étaient plus solides. Ils ont prononcé naturellement le mot « yaourt », chose non faite le matin lors de l'observation, alors que les yaourts étaient encore un peu liquides. Ils ont trouvé impressionnant le fait de passer d'un pot « avec du lait » à un pot « avec du yaourt ».

L'expérience a été un succès, car les yaourts se sont solidifiés avec le froid, et avaient la texture attendue d'un yaourt.



Les enfants ont ensuite pu déguster les yaourts avec du sucre, pour ceux qui le souhaitaient.

La dégustation a été très appréciée des élèves. Ils m'ont dit « avoir bien travaillé car c'était délicieux », pour ceux qui ont bien voulu y goûter. Certains ont refusé car ils n'aiment pas les yaourts ou les « yaourts blancs ».

Personnellement, je regrette la texture qui pour moi, comme pour eux était un peu liquide, entre le Yop et le yaourt. Pour ceux qui les ont mangés sans en laisser une goutte, ils m'ont dit que leurs yaourts étaient bien meilleurs que ceux que l'on achetait.

J'ai donc profité de ce moment pour induire le fait que les ferments étaient des bactéries, et donc des microbes. Ils ont été très stupéfaits et m'ont regardé bizarrement, comme si j'avais voulu les rendre malades !

Le lendemain, une élève m'a fièrement dit que malgré le fait d'avoir mangé des microbes elle n'a pas été malade ! Donc l'association malade-microbe est bien présente chez des élèves de cet âge.

Le pain

- Echange oral

Dans un premier temps j'ai interrogé les élèves sur les ingrédients nécessaires à la fabrication du pain. Lors de cet échange oral j'ai noté toutes leurs idées au tableau, pour arriver à les guider aux ingrédients de base.

Ils sont arrivés à la farine et au sel, après avoir éliminé tous les autres ingrédients. Ils ont pris conscience qu'avec uniquement ces ingrédients, ils n'obtiendraient jamais une

« pâte ». Après réflexion, ils ont décidé d'ajouter de l'eau pour avoir une « pâte » comme pour la pâte à sel faite en sciences lors d'une séquence précédente. Aucun élève n'a jusqu'ici fabriqué de pain à la maison. Aucun élève n'a cité la levure comme ingrédient, donc l'expérience n'a pas été influencée sur la présence ou non de levure, ni sur son rôle.

- Fabrication :

Lors de cette étape, tout s'est bien passé et les élèves ont été très motivés.

Le groupe qui avait la levure dans sa recette disposait d'un cube de levure fraîche de boulanger. Ils ont relevé l'odeur spéciale de la levure, et ils n'en avaient jamais vu sous cette forme.

Ils ne l'ont ainsi pas associée à la levure chimique qu'ils utilisent régulièrement dans la fabrication de gâteaux.

Ils ont ensuite laissé la pâte lever au chaud durant deux heures.

- Premières observations :

Après avoir laissé la pâte lever, les élèves sont allés chercher leurs saladiers et ont d'abord observé le saladier où avait été utilisée la levure. Ils ont vu que la pâte avait beaucoup gonflé, qu'elle était plus haute que le trait et arrivait très haut dans le saladier. Ils ont également remarqué qu'il y avait des « trous ».



Nous avons ensuite regardé ce qui s'était passé dans l'autre saladier, celui sans levure. Les enfants ont d'abord dit que la pâte avait comme dans l'autre groupe gonflé.

Les élèves n'ont pas voulu contredire leurs camarades, mais ils ont quand même remarqué que c'était beaucoup moins haut que dans leur saladier.

Nous avons donc contrôlé par rapport au trait de départ, que nous avons mis volontairement pour servir de point de repère. La pâte était toujours au même niveau. Elle ne comportait également pas de trous.

J'ai interrogé les élèves sur le pourquoi de ces différences. Après plusieurs idées, je leur ai demandé de reprendre leur recette, je les ai affichées et ils ont ainsi pu constater la différence.

Les élèves ont présenté en nommant la levure fraîche à leurs camarades. Ils ont été unanimes sur l'odeur « désagréable », et trouvé que ça sentait les champignons. J'ai ainsi souligné le fait qu'ils en utilisaient couramment, et leur ai présenté le paquet habituellement utilisé. Ils ont ainsi fait le lien et pu voir que la levure pouvait également être en poudre.

Le groupe de la pâte non levée a pu ajouter un sachet de levure express afin de faire lever la pâte. Ils ont constaté que la poudre sentait le pain et non les champignons. Nous avons donc laissé poser de nouveau la pâte avec la levure et cuit l'autre pâte. Après un nouveau temps de repos, la seconde pâte a levé, et les élèves ont constaté que la levure était indispensable dans la recette du pain.

Ils ont observé que cette fois-ci le trait avait été largement dépassé et qu'il y avait des trous dans la pâte, comme dans celle de leurs camarades. Nous avons cuit la pâte pour obtenir du pain.

- Deuxièmes observations :

Dans un second temps pour le goûter, les enfants ont pu observer leur 2 pains. Maintenant il n'y avait pas de différence entre les deux. Il était impossible de les différencier. Tous les deux avaient une jolie croûte, et la mie avait des trous. Ils sentaient très bons et donnaient envie d'être mangés.

L'expérience a été un succès, car les deux pains étaient identiques et même au goût les élèves n'ont pas su faire la différence. Ils ont donc déduit que la levure en cube ou en poudre avait la même fonction et était indispensable pour faire du pain.



Après la dégustation, j'ai profité pour induire le fait que les levures sont des microbes. Ils ont été à nouveau surpris, et ont souligné qu'ils en mangeaient lors de tous leurs repas.

En ce qui concerne le pain, je suis fière d'avoir réussi avec de jeunes élèves à mener une expérience, des observations et des conclusions. Le fait que chaque groupe n'ait pas eu conscience qu'il y avait deux recettes et un ingrédient supplémentaire pour l'un d'eux du début à la fin de l'expérience, fût un défi de taille mais relevé.

Ainsi l'expérience avec/sans levure a bien fonctionné pour la levée de la pâte, et les observations.

J'ai souhaité leur montrer que la levure ne se résumait pas au « sachet rose » qu'ils mettent dans les gâteaux, mais qu'elle existait sous différentes formes avec un même « pouvoir ».

III-1-c. Evolution des conceptions des micro-organismes suite à la fabrication de pain et de yaourts

- Echange oral :

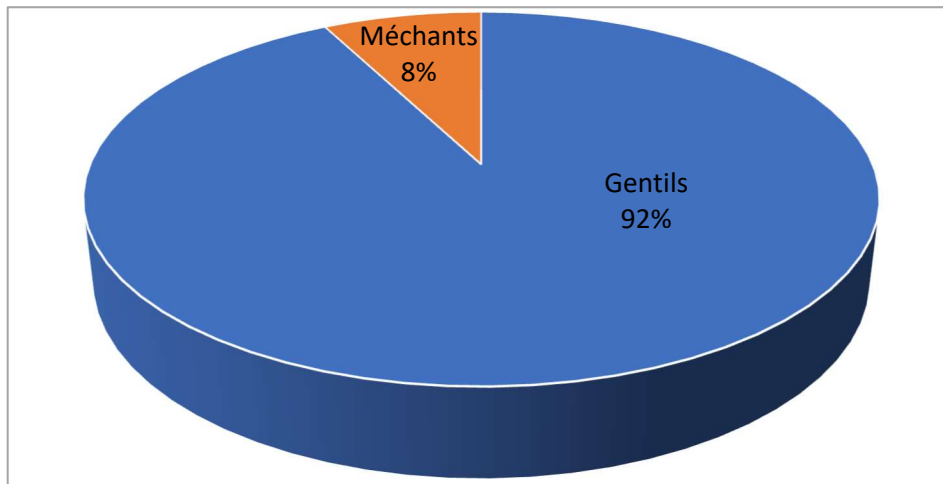
Les élèves ont réutilisé facilement les termes bactérie, microbe, ferment et levure. Ils étaient enjoués de se remémorer les ateliers de fabrication et les dégustations faites les semaines précédentes.

J'ai constaté que les conceptions premières résistent aux obstacles. Il n'est pas facile de changer ses représentations initiales.

Ils sont ensuite revenus sur le débat gentils ou méchants. La classe a été plus unanime sur le fait qu'ils étaient gentils et utiles. Un seul élève a affirmé que pour lui tous les microbes étaient méchants.

	Gentil	Méchant
	X	
	X	
	X	
	X	
	X	
	X	
	X	
	X	
	X	
	X	
	X	
	X	
		X

Façon dont sont perçus les microbes après mon action pédagogique



Un élève seulement à la fin de cette séquence voit toujours les microbes uniquement « méchants ». Il n'a pas redit qu'ils lui faisaient « peur », donc il a quand même évolué dans ses représentations mais n'a pas conscience qu'il en mange quotidiennement et qu'il en existe des bénéfiques à son organisme.

- Représentation

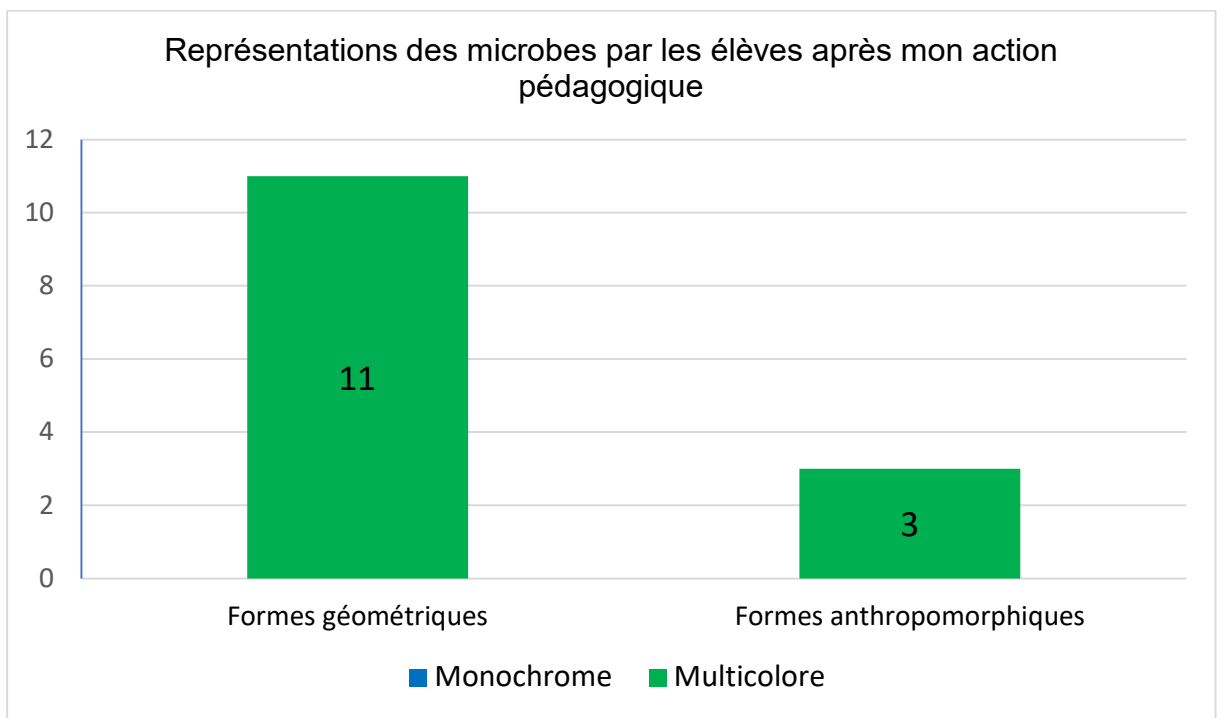
Deux élèves étaient absents lors de cette étape, et je n'ai malheureusement pas eu le temps de leur faire produire ce second dessin.

L'évolution entre les deux dessins pour tous les élèves est flagrante.

En effet, lors du deuxième jet, tous ont mis beaucoup de couleurs, que ce soit par microbe (microbe arc en ciel) ou pour les microbes en général. Ils ne les voient plus uniquement monochrome. On a l'impression qu'il existe un feu d'artifice de microbes, du fait des couleurs et de leur grand nombre.

J'ai comme précédemment souhaité séparer les dessins monochromes de ceux multicolores. J'ai ainsi obtenu des résultats de 13 élèves que j'ai classé de la façon suivante :

	Formes géométriques	Formes anthropomorphiques	Couleur	
			Une	Plusieurs
	X			X
	X			X
	X			X
		X		X
		X		X
	X	X		X
	X			X
	X			X
	X			X
	X			X
	X			X
	X			X



Je constate donc immédiatement qu'il n'y a plus un seul dessin monochrome. Tous ont plusieurs couleurs, voir contiennent des microbes multicolores (arc en ciel).

Il reste quand même une classe partagée, avec la représentation par les « formes » et les « humains ». Mais ces derniers sont seulement présents sur 3 dessins (20 %).

Lors du premier jet il n'y avait un élève n'avait pas représenté une maman, alors que maintenant tous l'ont dessinée.

Il perdure toujours le fait qu'ils n'ont pas de bras, chose qui reste inexplicée pour moi et volontaire pour eux, bien qu'ils ne puissent me le justifier.

- Dictée à l'adulte

J'ai ensuite pris un petit temps avec chacun afin de recueillir toutes les informations possibles sur ce qu'il avait dessiné ou voulu représenter. (Forme, taille, nombre, couleur...)

L'étape de dictée à l'adulte s'est révélée comme lors de la première séance très intéressante et fructueuse. Elle m'a permis de recueillir les explications claires de leur représentation et ce qu'ils avaient voulu représenter au travers de leurs dessins. Ce moment de langage a été un temps d'échanges et de questionnements individuels, qui m'a permis de mieux analyser leurs pensées et avoir un retour individuel de leur compréhension de la séquence.

J'ai demandé durant cet échange à chaque élève, si pour lui les microbes du yaourt, à savoir les bactéries, étaient les mêmes que les levures du pain.

J'ai ainsi pu noter que pour la très grande majorité des élèves, les bactéries et les levures ne sont pas représentées de la même façon, car pour eux ce sont des microbes différents.

Au vu du tableau ci-dessous, je pense pouvoir dire qu'ils ont bien assimilé que les bactéries et les levures font certes partie de la famille des microbes, mais sont différentes de part leurs fonctions et leurs formes.

	Levure et bactérie identiques	Levure et bactérie différentes	Remarques
		X	Multicolores de formes carré ou ronde.
	X	X	Couleurs différentes mais formes identiques. Avec des poils, multicolore, 3 yeux mais sans bouche ni bras.
		X	En cube pour la levure et en points pour la pâte à pain qui n'a pas levée. Beaucoup de microbes et couchés.
		X	Famille de microbes, peu nombreux.
		X	Famille de microbes, colorés, avec des cheveux, et le sourire.
		X	Papa et enfants, multicolore ou non car ils sont différents, sans bras ni dents mais avec des poils, des yeux, une bouche et 2 jambes.
		X	De toutes les couleurs.
		X	Orange et violet pour le pain, gris et bleu pour les bactéries.
		X	Beaucoup de couleurs et en forme de traits.
		X	Plusieurs couleurs, ronds
		X	Beaucoup de couleurs
		X	Beaucoup de couleurs, ronds
	X	X	De toutes les couleurs, des formes différentes mais ce sont les mêmes dans le pain et le yaourt.

- Mise en commun

Nous avons ensuite exposé tous les dessins et ils ont ainsi pu comparer leurs productions entre elles.

Dans un second temps, nous avons ressorti les représentations initiales de chacun, et avons regardé ensemble les évolutions entre les deux productions.

Tous ont noté que leurs dessins étaient plus colorés et qu'il y avait des « bonHommes » et des « autres ».

- Présentation d'images de « vrais » micro-organismes

Lors de cette phase, les élèves ont été interpellés par le peu de formes existantes de microbes ainsi que leurs couleurs. Ils ont été surpris de voir l'absence, pour certains, de bouche, d'yeux, de jambes... Ils les ont associés à des « petites saucisses ».

Ils n'ont pas su différencier les microbes pathogènes et non pathogènes uniquement par des images. Les couleurs, les poils les ont influencés.
Ils ont beaucoup apprécié cette étape et ont comparé avec leurs productions en notant les ressemblances et les différences.

III-1-d. Evolution par élève

Ci-dessous le tableau comparatif sur l'évolution des conceptions par élèves, avant et après mon action pédagogique sur les microbes.

	Représentations initiales Début de séquence				Représentations finales Fin de séquence			
	Forme géométrique	Forme anthropomorphique	Couleur Une / Plusieurs	Gentil / Méchant	Forme géométrique	Forme anthropomorphique	Couleur Une / Plusieurs	Gentil / Méchant
	X		Plus	Gentil	X		Plus	Gentil
	X		Plus	Méchant	X		Plus	Gentil
	X		Une	Méchant	X		Plus	Gentil
		X	Une/Plus	Gentil		X	Plus	Gentil
		X	Plus	Gentil		X	Plus	Gentil
		X	Une	Méchant	X	X	Plus	Gentil
	X		Une	Gentil				
	X		Plus	Méchant	X		Plus	Gentil
	X		Une	Gentil	X		Plus	Gentil
	X		Plus	Gentil	X		Plus	Gentil
	X		Plus	Méchant	X		Plus	Gentil
	X		Plus	Gentil	X		Plus	Gentil
	X		Plus	Méchant	X		Plus	Gentil
	X		Une	Méchant	X		Plus	Méchant
	X		Plus	Gentil				

Grace à cette catégorisation par élève, je me rends compte que les conceptions initiales sont bien présentes et résistantes à cet âge.

En effet, les 3 élèves qui avaient dessiné les microbes sous la forme anthropomorphique, n'ont pas évolué durant cette séquence. De même ceux qui avaient représenté des ronds, des traits, des carrés... sont restés sur leurs idées. Donc mon action pédagogique n'a eu aucun impact sur leur représentation « physique » des micro-organismes.

Concernant la couleur 6 élèves au début de la séquence voyaient les microbes d'une seule couleur.

A la fin de la séquence les élèves sont tous unanimes sur le fait que les microbes sont de différentes couleurs, voir un même microbe peut être multicolore à leurs yeux.

Ma recherche et les échanges avec les élèves me poussent à dire qu'au départ ils voyaient les microbes tous avec la même « couleur de peau », car ils avaient l'idée qu'il n'existait qu'une sorte de microbes, et de plus qu'ils étaient gentils ou méchants. Durant mon action pédagogique, ils ont appris et découvert qu'il existait plusieurs familles de microbes, donc à leurs yeux plusieurs couleurs possibles.

La forme et les couleurs sont très différentes entre leurs deux représentations. Le nombre de couleurs n'influence pas la façon dont ils les perçoivent. Certains les voient monochromes mais gentils alors que d'autres les voient monochromes et méchants. Il en est de même pour ceux qui les voient gentils, ils peuvent être monochromes ou polychromes. Le choix de la couleur n'a également aucun impact sur l'aspect pathogène du micro-organisme (rose et méchant, vert et gentil).

Au début de ma recherche, la classe était partagée entre gentil et méchant microbe. Aujourd'hui, tous, sauf un élève, sont d'accords sur le fait que les microbes sont gentils. A aucun moment au cours de mon action, ils n'ont envisagé qu'il pouvait exister des microbes utiles à notre bonne santé et des microbes responsables de maladies. Pour eux, les microbes ne peuvent être que l'un ou l'autre.

Un élève seulement à la fin de mon étude voit toujours les microbes uniquement « méchants ». Il n'a pas redit qu'ils lui faisaient « peur », donc il a quand même évolué dans ses représentations mais n'a pas conscience qu'il en mange quotidiennement et qu'il en existe des bénéfiques à son organisme.

Je ne sais pas si mon action pédagogique sur les microbes utiles à notre alimentation a complètement occulté les microbes responsables de maladies, mais aucun n'a évoqué après la première séance la dangerosité des micro-organismes.

Je pense qu'une continuité dans un projet pédagogique plus vaste serait intéressante pour pouvoir répondre à cette question. Leur rappeler également que la forme et la couleur ne changent en rien les propriétés « dangereuses » ou « amicales » des micro-organismes.

III-2. Discussion

III-2-a. L'origine des transformations observées sont elles bien attribuées aux microbes ?

L'étude de l'invisible étant abstraite pour eux, et impossible à cet âge, du fait des risques sanitaires et des techniques complexes, j'ai choisi comme à l'époque de montrer les transformations dont les micro-organismes sont à l'origine. Mais à la fin de ma recherche, je ne peux pas affirmer que les élèves ont réellement compris que les microbes sont vivants et indispensables à notre vie quotidienne.

D'une façon plus générale, je pense que ma recherche ne certifie pas que l'origine des transformations que nous avons étudiées, que ce soit pour le pain ou le yaourt, soient bien attribuées aux micro-organismes.

Je pense personnellement que les enfants n'ont pas tous compris le rôle essentiel des micro-organismes. Ils ont vu en fabriquant le pain que sans levure la pâte ne gonfle pas, mais le fait de ne pas l'avoir faite cuire n'était-ce pas une erreur et n'aurait-il pas fallu aller au bout de la démonstration. Auraient-ils ainsi mieux assimilé le rôle essentiel dans la texture de la pâte.

Toujours concernant le pain, j'ai eu la chance que les enfants soient tellement investis, qu'ils n'ont pas remarqué être en présence de deux recettes différentes. En effet il m'a été difficile de prouver que la pâte n'avait pas levé pour un groupe, malgré le trait laissé sur le saladier et la différence d'aspect avec l'autre boule de pâte. J'ai donc dû rebondir immédiatement en demandant les ingrédients qui avaient été employés, et ainsi souligner que dans cette boule il manquait un ingrédient, à savoir la levure. Je crains qu'ils n'aient pas vraiment pris conscience que la levure est l'ingrédient indispensable à la fabrication du pain. De même, peuvent-ils concevoir et assimiler la poudre à un organisme vivant ?

Lors de la conception des yaourts, j'ai été limitée par le matériel. J'aurais aimé mettre en place toutes les expériences avec leurs hypothèses (un pot sans ferments, un pot avec sucre, un pot avec de la confiture, de la farine...).

Ce manque d'expérimentations a pu perturber la compréhension de l'importance des micro-organismes.

Avoir pu réaliser des essais qui ne fonctionnent pas aurait été très pertinent pour ma recherche et sûrement plus parlant à leurs yeux. Ils auraient été maîtres de leurs expériences, et de leurs conclusions.

Ils auraient ainsi compris que la transformation du lait en yaourt n'est possible que grâce aux bactéries, qui modifient les propriétés du milieu et entraînent le caillage de la caséine.

Je trouve dommage que certains élèves n'aient pas souhaité goûter le yaourt qu'ils avaient produit, sachant ce que nous avons mis comme ingrédients. Peut-être le fait de savoir que les bactéries sont des microbes ? Ou est-ce un problème de régime alimentaire ? De goût, comme pour le yaourt blanc ? Si je l'avais su avant, j'aurais mis quelques gouttes de colorant rouge pour perturber leurs sens.

III-2-b. Les limites de ma recherche

La première limite à ma recherche repose sur le petit échantillon sur lequel je l'ai appliquée. Mes élèves sont tous issus de la même classe, et du milieu rural, ce qui ne me permet pas de généraliser mes résultats.

Il aurait été intéressant de mener ma recherche sur un plus grand panel d'élèves, afin de voir si les représentations sont identiques sur un plus grand échantillon.

Avec plus de temps j'aurais aimé appliquer ma recherche dans des classes de cycles 2 et 3, afin de voir si l'âge influence les conceptions initiales. Mais également si l'âge est un facteur dans l'enseignement de l'invisible, car ils auraient eux-mêmes pu mettre en œuvre une démarche scientifique.

La seconde limite à ma recherche serait leur jeune âge.

Celui-ci n'est-il pas un frein dans les analyses d'expériences ? Ont-ils le vocabulaire suffisant pour exprimer leurs pensées ? Ont-ils déjà accès à un cheminement scientifique, avec émission d'hypothèses, expérimentation et analyse pertinente des observations ? Sont-ils capables de conclure seulement grâce à des observations ou faut-il obligatoirement l'intervention d'un adulte ? Ne prennent-ils pas pour argent comptant la parole de l'adulte, sans la remettre en question ?

A cet âge, 3-4 ans, et comme je l'avais anticipé les conceptions premières des enfants sont influencées par leurs familles, leurs vécus et leurs camarades.

Je constate également que les conceptions premières résistent aux obstacles. Il n'est pas facile de changer ses représentations initiales, peu importe l'âge.

Leur jeune âge ne permet pas un geste graphique conforme à leur pensée. Ils peuvent avoir envie de dessiner quelque chose mais ne pas savoir comment le faire (comment dessiner un nez ?). Vouloir dessiner un rond mais ne pas savoir, ou avoir l'impression de l'avoir réussi à leurs yeux, mais cela ne représente rien aux nôtres.

De même la richesse de leur vocabulaire est limitée et ne permet parfois pas d'exprimer exactement leur pensée. Le manque de vocabulaire mais aussi de syntaxe, peut bloquer certains élèves dans l'expression orale. Quelques élèves n'ont fait que répéter des mots entendus, ou ajouter une couleur, une forme, une partie du corps qu'ils avaient entendues précédemment.

Du fait de leur très jeune âge, ils ont beaucoup de difficultés à exprimer leurs pensées et à les justifier. Une élève voyait les microbes gentils, malgré le fait qu'ils faisaient des trous dans les dents. Un autre a soumis l'idée que : quand ils sont dans notre corps ils sont gentils, c'est lorsqu'on les crache, qu'ils sortent du corps qu'ils deviennent méchants. Je pense à l'association entre ses copains qui les voyaient gentils, et le fait qu'ils nous rendent malades, qu'il faut mettre la main devant sa bouche lorsqu'on éternue. Donc un manque d'opinion propre afin de contenter toute la classe ?

Avec le recul, bien que la configuration d'échanges d'idées en groupe soit utile pour permettre d'avoir un maximum d'avis et de vocabulaire sans mon intervention, la mise en commun des pensées n'est pas idéale à cet âge. En effet, beaucoup se sont laissés influencer par leurs camarades et ont choisi par affinité de se positionner lors du débat sur les microbes gentils ou méchants.

Lors de la seconde phase et de la représentation de « leurs microbes », j'ai été surprise de voir une nouvelle fois l'influence des uns sur les autres. Beaucoup de dessins ressemblaient à ceux des voisins.

Par contre l'évolution entre leurs dessins est flagrante mais ont-ils été influencés par les expériences culinaires et complètement ignoré les « méchants » microbes ? Ont-ils encore conscience à ce moment-là qu'il existe des microbes qui les rendent malades ?

Concernant la fabrication des yaourts, j'ai été aussi surprise par le fait que le lendemain dès la sortie de la yaourtière, les yaourts n'étaient encore pas très solides et ainsi entendre les enfants dire que c'était comme la veille, du lait. Heureusement l'après-midi, après un temps de réfrigération, ils avaient durci, mais pas assez à leur

goût. Ils s'attendaient à un yaourt comme acheté au supermarché, mais ils ont quand même eu besoin d'une cuillère pour le manger.

Peut-être que l'expérience aurait encore mieux fonctionné si nous avions pu mettre la yaourtière dans un endroit bien isolé, chose qui n'a pas été possible, donc probablement que quelques vibrations n'ont pas permis une solidification optimale. Ainsi ce manque de texture du yaourt a-t-il influencé les résultats de ma recherche ?

En ce qui concerne le pain, la mauvaise foi des élèves de cet âge a été flagrante lors de l'observation de la levée des pâtes à pain. Dans une optique de non gaspillage, je n'ai pas souhaité cuire le pain qui n'avait pas levé sans levure, mais cela aurait été intéressant pour les élèves de pouvoir réellement voir ce qu'il se passait après cuisson au niveau de la texture, de la vue, du goût... afin de mieux identifier le rôle de la levure.

Ainsi l'ensemble de ces résultats peut biaiser ma recherche, car les transformations dont les micro-organismes sont responsables leur ont été imposées, comme pour les yaourts, et ils n'ont pas pu tester réellement jusqu'au terme leurs hypothèses qui étaient erronées.

Leur jeune âge m'a également limité dans mes actions. A leur âge il est impossible de participer à des ateliers Pasteur, ni de « cultiver » de vrais microbes pour les voir se développer et les étudier au microscope. Une étude réelle de bactéries au microscope aurait été intéressante car elle aurait permis de voir que les micro-organismes sont vivants, ils grandissent, se reproduisent, se déplacent ..., ce qui a été difficile à montrer au travers d'images.

Avec un âge plus avancé, il aurait été judicieux de montrer l'évolution du nombre de bactéries au cours de la fabrication de yaourt par exemple, afin qu'ils se rendent vraiment compte du très grand nombre de micro-organismes présents dans une minuscule quantité de produit.

J'aurais aimé également au cours de ma recherche, leur montrer quelques moisissures. Au vu de leur développement rapide, ils auraient peut-être mieux assimilé le caractère vivant des microbes, et auraient ainsi vu les plus gros micro-organismes, qui eux sont visibles à l'œil nu. Je leur ai parlé des champignons à la fin de mon action pédagogique en présentant des images de moisissures, qui sont certes parfois « dégoutantes » et non comestibles, mais en soulignant que de nombreux fromages en sont couverts et que comme les levures et les bactéries ils en consomment régulièrement.

Enfin, certains élèves m'ont cité plusieurs fois les poux comme étant des microbes, donc différencient-ils bien les microbes des insectes ?

Je m'interroge sur le fait que cette association découle de la conscience de leurs petites tailles ? Ou alors du côté néfaste et à éliminer comme les microbes pathogènes ? Mais comme je l'ai remarqué, l'association microbe-animal est bien présente chez les jeunes enfants.

Conclusion

En conclusion, mon étude a montré que les enfants avaient une perception dichotomique des micro-organismes. Ils ont soit un aspect anthropomorphique, soit un aspect géométrique, et sont gentils ou méchants.

J'ai permis aux élèves d'étudier quelque chose qu'ils ne voient pas. Ils ont compris que les microbes peuvent être utiles à leur bonne santé, qu'ils en ont besoin et qu'ils en consomment chaque jour. Ils ont conscience que les bactéries et les levures sont des micro-organismes mais ne sont pas identiques.

Je pense pouvoir dire que les enfants savent qu'il existe des choses qu'ils ne voient pas du fait de leur taille, et en ont dans l'ensemble une bonne représentation. Contrairement à ce que je pensais les enfants ne se sont pas précipité sur le noir et n'ont pas représenté les microbes comme étant des monstres, des bêtes noires aux dents crochues et pleines de poils. Aucun élève à cet âge n'a cette représentation de bête noire féroce.

Leur vision des micro-organismes a évolué au cours de mon action pédagogique, ce qui est visible en particulier pour l'utilité des microbes. L'évolution entre leur classement gentil / méchant a été influencée je pense par les expériences culinaires, mais ont-ils complètement occulté les « méchants » microbes ? Ont-ils encore conscience aujourd'hui qu'il existe des microbes qui les rendent malades ?

Il serait intéressant de poursuivre dans un projet pédagogique plus complet, pour enrichir leur conception autour des micro-organismes, les gestes de prévention, leur propagation, leur lieu de vie ... et insister sur le vivant invisible qui est partout en nous et autour de nous.

Les élèves seront de nouveau confrontés au monde de l'invisible dans d'autres champs conceptuels, c'est un élément didactique important à prendre en compte car il peut faire obstacle aux apprentissages. Ils travailleront en cycles 2 et 3 sur l'existence de l'air, sur les gaz notamment lors de la nutrition des végétaux et de leur respiration.

Ainsi dans le cadre de nouvelles recherches il serait intéressant de faire le parallèle avec des élèves plus âgés, afin de voir si l'âge influence la vision et leur connaissance des micro-organismes. Ont-ils la même représentation à 7 ou 10 ans d'un microbe, qu'à 4 ans ?

Savent-ils eux aussi que les micro-organismes sont partout dans l'atmosphère et à l'intérieur d'eux ? Ont-ils conscience qu'ils en mangent chaque jour ?

Bibliographie

L'école aujourd'hui maternelle n°22 – octobre 2011 – article de Nathalie Szapiro « les microbes nous envahissent »

Les microbes sont-ils méchants – Anne Olliver – Editions Gulf Stream – septembre 2008

C'est quoi...un microbe ? – Editions Usborne – 2017

Les bactéries des amies qui vous veulent du bien – Pr Perlemuter et Dr Cassard – Editions Solar - 2016

Que serions-nous sans eux – les microbes de notre quotidien – Murielle Naïtali – Editions Quae - 2018

Le monde des microbes – John Herrick – Editions Le pommier - 2013

Moi, microbiote, maître du monde : Les microbes, 30 billions d'amis – Ed Yong – Editions Dunod – 2017

Louis Pasteur – S. Humann et V. Dutrait – Editions Gulf Stream – 2011

Pasteur et Koch, un duel de géants dans le monde des microbes – Maxime Schwartz et Annick Perrot – film de 2018

Bibliothèque de Travail Junior (BTJ) n°539 – Dossier thématique Louis Pasteur – janvier 2012

Microbiote : les fabuleux pouvoirs du ventre – Documentaire de Sylvie Gilman et Thierry de Lestrade – 2019

Sitographie

L'origine et l'évolution des micro-organismes
http://www.frangun.org/brochier_sfm_2008.pdf

Matériel pédagogique et informations pratiques
<https://www.bioutils.ch/materiel-pedagogique/des-bacteries-et-des-Hommes>

Bactéries et microbes – Robert Koch
<https://www.futura-sciences.com/sante/dossiers/medecine-bacteries-microbes-tout-genre-704/page/7/>

La main à la pâte – Rôle des micro-organisme dans l'alimentation
http://ensaia.univ-lorraine.fr/telechargements/la_main_a_la_pate-microbiologie_et_alimentation.pdf

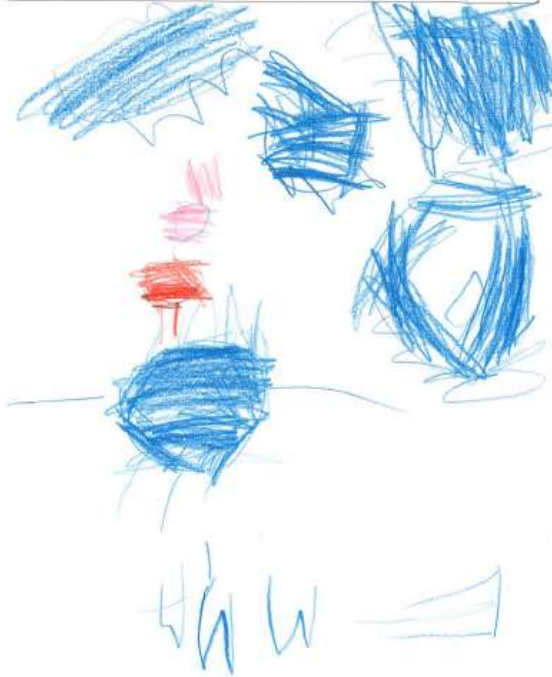
Annexes

Représentation par élève des micro-organismes. Recueil avant et après mon action pédagogique.

[redacted] – Moyenne Section	
<p>Prénom: [redacted] Date : 28/01/2020</p> <p>Domaine : Explorer le vivant</p> <p>Compétence : Représenter un microbe ou plusieurs comme on l'imagine.</p> <p>Consigne : Je dessine librement un ou plusieurs microbes comme je les imagine. Je dois respecter les couleurs, les formes... pour qu'ils ressemblent à mon image virtuelle.</p> 	<p>De toutes les couleurs. Requin, grandes dents Lunettes Rond Comme des empreintes de chien</p>
<p>Prénom: [redacted] Date : 10/2/20</p> <p>Domaine : Explorer le vivant</p> <p>Compétence : Représenter un microbe ou plusieurs comme on l'imagine.</p> <p>Consigne : Je dessine librement un ou plusieurs microbes comme je les imagine aujourd'hui, après avoir fabriqué du pain avec des levures et des yaourts avec des bactéries. Je dois respecter les couleurs, les formes... pour qu'ils ressemblent à mon image virtuelle.</p> 	<p>Multicolores ≠ pain, yaourt Carré, rond très jolis</p>

— Moyenne Section

Prénom: _____ Date: 28/01/2020
 Domaine: Explorer le vivant
 Compétence: Représenter un microbe ou plusieurs comme on l'imagine.
 Consigne: Je dessine librement un ou plusieurs microbes comme je les imagine. Je dois respecter les couleurs, les formes... pour qu'ils ressemblent à mon image virtuelle.



Bleu, rouge, rose
 Cheveux
 Sans dent, yeux
 Avec des jambes pour certains

Prénom: _____ Date: 10/02/20
 Domaine: Explorer le vivant
 Compétence: Représenter un microbe ou plusieurs comme on l'imagine.
 Consigne: Je dessine librement un ou plusieurs microbes comme je les imagine aujourd'hui, après avoir fabriqué du pain avec des levures et des yaourts avec des bactéries. Je dois respecter les couleurs, les formes... pour qu'ils ressemblent à mon image virtuelle.



gentils
 ≠ couleurs pain, couleur
 minuscules
 pois
 3 yeux
 multicolore
 même forme pain, yaourt
 pas de bouche, pas de dents

— Moyenne Section

Prénom: [redacted] Date: 28/01/2020

Domaine : Explorer le vivant

Compétence : Représenter un microbe ou plusieurs comme on l'imagine.

Consigne : Je dessine librement un ou plusieurs microbes comme je les imagine. Je dois respecter les couleurs, les formes... pour qu'ils ressemblent à mon image virtuelle.



Tous de la même couleur

Prénom: [redacted] 10/2/20

Domaine : Explorer le vivant

Compétence : Représenter un microbe ou plusieurs comme on l'imagine.

Consigne : Je dessine librement un ou plusieurs microbes comme je les imagine aujourd'hui, après avoir fabriqué du pain avec des levures et des yaourts avec des bactéries. Je dois respecter les couleurs, les formes... pour qu'ils ressemblent à mon image virtuelle.



en cube → levure
 point → car dans la pâte à pain elle n'a pas gonflé
 beaucoup
 caché
 couleur ≠
 ≠ pain, yaourt
 gentil

— Moyenne Section

Prénom:		Date: 26/01/2020
Domaine:	Es	
Compétence: Représenter un microbe ou plusieurs comme on l'imagine.		
Consigne: Je dessine librement un ou plusieurs microbes comme je les imagine. Je dois respecter les couleurs, les formes... pour qu'ils ressemblent à mon image virtuelle.		



Comme un bonhomme
sans bras
non
avec des cheveux
des petits en couleur

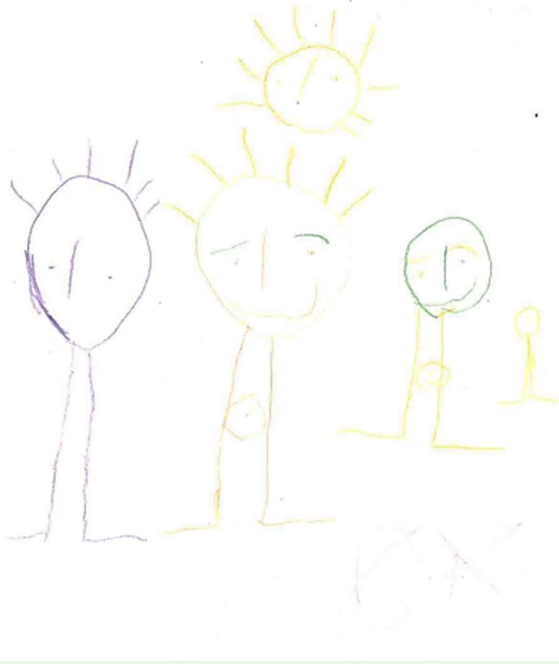
Prénom:		Date: 10/2/20
Domaine:		
Compétence: Représenter un microbe ou plusieurs comme on l'imagine.		
Consigne: Je dessine librement un ou plusieurs microbes comme je les imagine aujourd'hui, après avoir fabriqué du pain avec des levures et des yaourts avec des bactéries. Je dois respecter les couleurs, les formes... pour qu'ils ressemblent à mon image virtuelle.		



Papa, maman, bébé, grands frères
≠ couleurs
gentils
pas beaucoup

— Moyenne Section

Prénom: [redacted] Date: 26/01/2020
 Domaine: Explorer le vivant
 Compétence: Représenter un microbe ou plusieurs comme on l'imagine.
 Consigne: Je dessine librement un ou plusieurs microbes comme je les imagine. Je dois respecter les couleurs, les formes... pour qu'ils ressemblent à mon image virtuelle.



Comme des bonshommes
 avec cheveux, nez, yeux
 jambes
 avec une tête, des sourcils
 1 maman, papa, petit

Prénom: [redacted] Date: 10/2/20
 Domaine: Explorer le vivant
 Compétence: Représenter un microbe ou plusieurs comme on l'imagine.
 Consigne: Je dessine librement un ou plusieurs microbes comme je les imagine après avoir fabriqué du pain avec des levures et des parents avec des bactéries. Je dois respecter les couleurs, les formes... pour qu'ils ressemblent à mon image virtuelle.



famille de microbes
 papa, bébé, frères, maman
 plein de couleurs
 cheveux
 sourcils, nez
 7 puis, yaourt

– Moyenne Section

Prénom: [redacted]	Re : 28/01/2020
Domaine : Explorer le vivant	
Compétence : Représenter un microbe ou	
Consigne : Je dessine librement un ou plusieurs microbes comme je les imagine. Je dois respecter les couleurs, les formes... pour qu'ils ressemblent à mon image virtuelle.	

Avec 1 bouche
 sans bras
 avec cheveux, nez, yeux
 Tous verts
 Bébé, maman, papa -



Prénom: [redacted]	Date
Domaine : Explorer le vivant	
Compétence : Représenter un microbe ou plusieurs comme on l'imagine.	
Consigne : Je dessine librement un ou plusieurs microbes comme je les imagine aujourd'hui, après avoir fabriqué du pain avec des levures et des yaourts avec des bactéries. Je dois respecter les couleurs, les formes... pour qu'ils ressemblent à mon image virtuelle.	

Papa
 enfants
 multicolore
 pas multicolore } car ils sont ≠
 pas de bras
 pas de dents
 gentil, pas de dents



— Moyenne Section

Prénom: [redacted] Date : 28/01/2020

Domaine : Explorer le vivant

Compétence : Représenter un microbe ou plusieurs comme on l'imagine.

Consigne : Je dessine librement un ou plusieurs microbes comme je les imagine. Je dois respecter les couleurs, les formes... pour qu'ils ressemblent à mon image virtuelle.

En vert car il n'y a pas de blanc pour dessiner !



beaucoup,
vert
petits traits
sans cheveux, jambes,
avec des dents

Absent

— Petite Section

Prénom: _____ Date: 28/01/2020

Domaine : Explorer le vivant

Compétence : Représenter un microbe ou plusieurs comme on l'imagine.

Consigne : Je dessine librement un ou plusieurs microbes comme je les imagine. Je dois respecter les couleurs, les formes... pour qu'ils ressemblent à mon image virtuelle.



beaucoup de couleurs, beaucoup.
Traits en ~~rouge~~
Juste des microbes avec des bras-

Prénom: _____ Date: 10/2/20

Domaine : Explorer le vivant

Compétence : Représenter un microbe ou plusieurs comme on l'imagine.

Consigne : Je dessine librement un ou plusieurs microbes comme je les imagine aujourd'hui, après avoir fabriqué du pain avec des levures et des yaourts avec des bactéries. Je dois respecter les couleurs, les formes... pour qu'ils ressemblent à mon image virtuelle.



de toutes les couleurs
≠ pain, yaourt
sont jolis

— Petite Section

Prénoms : [redacted] Date : 28/01/2020

Domaine : Explorer le vivant

Compétence : Représenter un microbe ou plusieurs comme on l'imagine.

Consigne : Je dessine librement un ou plusieurs microbes comme je les imagine. Je dois respecter les couleurs, les formes... pour qu'ils ressemblent à mon image virtuelle.



Rond sans yeux, nez... juste rond
Vert tous

Prénoms : [redacted] Date : 10/2/20

Domaine : Explorer le vivant

Compétence : Représenter un microbe ou plusieurs comme on l'imagine.

Consigne : Je dessine librement un ou plusieurs microbes comme je les imagine aujourd'hui, après avoir fabriqué du pain avec des levures et des yaourts avec des bactéries. Je dois respecter les couleurs, les formes... pour qu'ils ressemblent à mon image virtuelle.



microbes du pain (orange, violet)
yaourt (gris, bleu). bactérie

— Petite Section

Prénom: [redacted] Date: 28/01/2020
Domaine: Explorer le vivant
Compétence: Représenter un microbe ou plusieurs comme on l'imagine.
Consigne: Je dessine librement un ou plusieurs microbes comme je les imagine. Je dois respecter les couleurs, les formes... pour qu'ils ressemblent à mon image virtuelle.



Noir, marron, rose
Montagne → Dents
Comme un serpent

Prénom: [redacted] Date: 10/02/20
Domaine: Explorer le vivant
Compétence: Représenter un microbe ou plusieurs comme on l'imagine.
Consigne: Je dessine librement un ou plusieurs microbes comme je les imagine aujourd'hui, après avoir fabriqué du pain avec des levures et des yaourts avec des bactéries. Je dois respecter les couleurs, les formes... pour qu'ils ressemblent à mon image virtuelle.



microbes de plein de couleurs
en forme de traits
≠ pain, yaourt
beaucoup

– Petite Section

Prénom: [redacted] Date: 28/01/2020
Domaine: Explorer le vivant
Compétence: Représenter un microbe ou plusieurs comme on l'imagine.
Consigne: Je dessine librement un ou plusieurs microbes comme je les imagine. Je dois respecter les couleurs, les formes... pour qu'ils ressemblent à mon image virtuelle.



Rose, violet
Rond
Avec des dents pointues
Sans cheveux, bras, jambes

Prénom: [redacted] Date: 10/02/20
Domaine: Explorer le vivant
Compétence: Représenter un microbe ou plusieurs comme on l'imagine.
Consigne: Je dessine librement un ou plusieurs microbes comme je les imagine aujourd'hui, après avoir fabriqué du pain avec des levures et des yaourts avec des bactéries. Je dois respecter les couleurs, les formes... pour qu'ils ressemblent à mon image virtuelle.



rouge
plusieurs couleurs
≠ pain, yaourt

— Petite Section

Prénom: [redacted]	Date: 28/01/2020
Domaine : Explorer le vivant	
Compétence : Représenter un microbe ou plusieurs comme on l'imagine.	
Consigne : Je dessine librement un ou plusieurs microbes comme je les imagine. Je dois respecter les couleurs, les formes... pour qu'ils ressemblent à mon image virtuelle.	



Jaune et orange
Rond

Prénom: [redacted]	Date: 10/2/20
Domaine : Explorer le vivant	
Compétence : Représenter un microbe ou plusieurs comme on l'imagine.	
Consigne : Je dessine librement un ou plusieurs microbes comme je les imagine aujourd'hui, après avoir fabriqué du pain avec des levures et des yaourts avec des bactéries. Je dois respecter les couleurs, les formes... pour qu'ils ressemblent à mon image virtuelle.	



microbes
beaucoup de couleurs
≠ pain, yaourt

— Petite Section

Prénoms: _____ Date: 28/01/2020

Domaine: Explorer le visuel

Compétence: Représenter un microbe ou plusieurs comme on l'imagine.

Consigne: Je dessine librement un ou plusieurs microbes comme je les imagine. Je dois respecter les couleurs, les formes... pour qu'ils ressemblent à mon image virtuelle.



Rouge, vert, marron
Rond
Sans bras, cheveux, dents, jambes.

Prénoms: _____ Date: 10/2/20

Domaine: Explorer le visuel

Compétence: Représenter un microbe ou plusieurs comme on l'imagine.

Consigne: Je dessine librement un ou plusieurs microbes comme je les imagine aujourd'hui, après avoir fabriqué du pain avec des levures et des yaourts avec des bactéries. Je dois respecter les couleurs, les formes... pour qu'ils ressemblent à mon image virtuelle.



beaucoup de couleurs
rond

— Petite Section

Prénom: [redacted] Date: 28/01/2020

Domaine : Explorer le vivant

Compétence : Représenter un microbe ou plusieurs comme on l'imagine.

Consigne : Je dessine librement un ou plusieurs microbes comme je les imagine. Je dois respecter les couleurs, les formes... pour qu'ils ressemblent à mon image virtuelle.



Orange
avec dents, 1 tête, jambes
il fait peur.

Prénom: [redacted] Date: 10/2/20

Domaine : Explorer le vivant

Compétence : Représenter un microbe ou plusieurs comme on l'imagine.

Consigne : Je dessine librement un ou plusieurs microbes comme je les imagine. Je dois respecter les couleurs, les formes... pour qu'ils ressemblent à mon image virtuelle.



plein de couleurs
très grande
méchante tous
beaucoup de formes
même pain, sport.

— Petite Section

Prénom: [redacted] Date : 28/01/2020

Domaine : Explorer le vivant

Compétence : Représenter un microbe ou plusieurs comme on l'imagine.

Consigne : Je dessine librement un ou plusieurs microbes comme je les imagine. Je dois respecter les couleurs, les formes... pour qu'ils ressemblent à mon image virtuelle.



un petit
un gros
dans mon nez
sans yeux, mains, nez.

Absent