

# La pasteurisation

Béatrice Salviat

Présents partout dans notre environnement, en particulier dans l'air, les microbes sont les êtres vivants les plus nombreux sur notre planète Terre. Ils sont aussi les plus abondants en masse totale. Mais à cause de leur toute petite taille, ils passent la plupart du temps inaperçus dans la vie quotidienne. Observer et contrôler leur action sur des aliments constitue pour les enfants un enrichissant moyen de se familiariser avec eux.

Quand il étudia la conservation des vins, Louis Pasteur mit en application ses connaissances sur les microbes. Il avait montré que ces organismes, visibles uniquement au microscope, étaient capables de se nourrir, donc de proliférer, en transformant des aliments. De « bons » microbes permettaient la transformation du jus de raisin en vin mais de « mauvais » microbes rendaient ensuite ce vin impropre à la consommation. Comment permettre aux premiers de se développer à leur gré tout en éliminant efficacement les seconds ? C'est à ce problème que nous allons réfléchir, en trois étapes successives :

– Produire des aliments par fermentation. Comme il est appétissant, le pain tout chaud ! La fabrication de vin ou de pain offre une occasion créative de s'interroger, de manipuler, de confronter des recettes et des traditions familiales ou artisanales, mais aussi d'expérimenter en faisant varier différents facteurs, notamment en testant les effets de la présence ou de l'absence de levures. Finalement, ce n'est pas si difficile de faire travailler des microbes !

– Conserver les aliments. Une fois ces aliments fabriqués, nous nous penchons sur le problème de leur conservation. Abandonnons une tranche de bon pain dans un sac en plastique. Au bout d'une semaine, des moisissures bleues ou vertes y ont élu domicile. Il n'est plus question de la manger ! Comment éviter qu'apparaissent ces moisissures ?

– Explorer une technique industrielle de conservation. Parmi les divers procédés permettant d'éliminer les microbes indésirables, celui que Pasteur mit au point, et qui fit l'objet d'un brevet, offre un intérêt tout particulier. Quelles sont ses caractéristiques et ses applications, à la lumière de ce que les enfants auront étudié précédemment ?

Les élèves vont tester leurs hypothèses en manipulant les denrées et en menant des enquêtes. Ils vont débattre et raisonner, mettre en relation leurs idées et les faits, ce qui peut contribuer à développer leur éducation citoyenne. Pour recueillir les productions individuelles et collectives, des schémas, des notes prises sur des feuilles de papier rassemblées deviendront cahier d'expériences. Le matériel expérimental, quant à lui, essentiellement de récupération,

sera très peu onéreux. Cette progression que nous proposons ici n'est qu'une suggestion parmi d'autres, à adapter librement.

Avant d'aller plus loin, une petite précision à propos de « microbe ». Ce mot (du grec micros, petit et bios, vie) est un terme très général qui désigne des êtres vivants variés, d'espèces différentes, ayant pour essentiel point commun leur taille, inférieure à un dixième de millimètre (en regardant sur une règle, il est possible d'appréhender concrètement cet ordre de grandeur).

La plupart des microbes sont formés d'une seule cellule plus ou moins sphérique, ovoïde ou allongée. Les levures ont un noyau contenant l'ADN, support de l'information génétique. Elles mesurent à peu près un centième de millimètre. Les bactéries sont environ dix fois plus petites que les levures (de l'ordre du millième de millimètre) et leur ADN n'est pas contenu dans un noyau. À l'école primaire, il n'est pas question d'étudier la morphologie des différents microbes, ni de parler d'ADN ou de noyau, mais on peut comprendre que ce n'est pas parce que les microbes sont très petits qu'ils sont identiques les uns aux autres !

## **Produire des aliments par fermentation**

Utilisées depuis l'Antiquité et dans la plupart des civilisations, les fermentations servent à produire des aliments divers : pains, fromages, boissons alcoolisées. Toutefois, pour connaître l'explication scientifique de ce phénomène naturel, il fallut attendre les travaux de Louis Pasteur. Ce dernier montra que la transformation du jus de raisin en vin était due à l'activité de levures, champignons microscopiques se trouvant sur la peau des raisins.

A priori, les enfants ne connaissent pas les travaux de Pasteur. À partir de questions de la vie quotidienne, ils tenteront tout d'abord de répondre à l'une ou l'autre de ces questions : « Comment fait-on du pain ? », « Comment fabrique-t-on du vin ? », « Comment obtient-on des yaourts ? ». Le but est, modestement, de produire un aliment consommable. Dans un premier temps, tous émettent leur opinion et proposent des idées, ils en discutent entre eux, éventuellement par groupes, puis a lieu un premier bilan. La classe fait le point sur ce que l'on sait à coup sûr (« Pour le pain, il faut de la farine ! ») et sur ce que l'on ignore (« Aurions-nous oublié certains ingrédients ? »). Des informations et des questions sont consignées sur une affiche collective et sur le cahier d'expériences.

Ensuite, si les débats ont été menés suffisamment loin, il est possible de tester les recettes proposées. Un questionnement préalable mené dans la famille, une visite auprès du boulanger ou d'un viticulteur, une recherche dans des livres ou sur internet pourront se révéler nécessaires à un moment ou à un autre. Si les mots « levure » ou « microbe » sont prononcés, on s'interrogera sur leur sens. Sinon, ils seront progressivement introduits quand le besoin s'en fera sentir. Au fur et à mesure des séances, il est conseillé de photographier les réalisations obtenues.

## **Produire du vin**

Pour donner un aperçu de ce que peuvent réaliser les enfants, voici le rapport écrit d'une classe qui a préalablement effectué une visite chez un producteur de vin : « 30 septembre nous cueillons le raisin. 1<sup>er</sup> octobre nous le pressons en écrasant les grains avec une fourchette dans un grand saladier, puis nous goûtons, le jus est très sucré ! Nous recouvrons le saladier d'un film plastique transparent. 4, 5 et 6 octobre nous voyons des bulles sous le plastique qui devient bombé. Le moût flotte au-dessus du liquide. Nous goûtons à nouveau. Le liquide est moins sucré qu'avant. Le goût et l'odeur ont changé. 7 octobre nous voyons beaucoup de bulles et de la mousse remonte à la surface. 14 octobre nous goûtons encore (sans avaler !), il y a de l'alcool, le sucre a disparu. Nous avons réussi à fabriquer du vin ! ».

Qu'est devenu le sucre ? D'où vient l'alcool ? Les enfants peuvent vérifier avec un microscope la présence de micro-organismes puis faire l'hypothèse que le sucre se transforme en alcool et prolonger les expériences sur la fermentation du raisin. À l'aide d'un appareil bon marché utilisé par le vigneron, l'alcomètre ou aréomètre (on verse le vin à tester dans un tube gradué contenant un flotteur qui monte d'autant plus haut qu'il y a plus d'alcool, le taux se lisant sur les graduations du tube), ils peuvent alors constater que plus on met de sucre (dans des limites raisonnables de quelques morceaux par litre), plus la quantité d'alcool produite est grande. Les levures réalisent une « fermentation alcoolique ».

## **Produire du vinaigre**

La fabrication du vinaigre est chose plus aisée encore. On prend du vin, on le met dans une bonbonne ou une dame-jeanne à moitié remplie, offrant une surface de contact large avec l'air. Puis on attend. Deux semaines à un mois plus tard, on obtient du vinaigre artisanal. Le goût a changé cette fois aussi ! Le liquide est acide. Le voile qui s'est développé à la surface du vin contient des microbes qui ont besoin d'air pour effectuer une fermentation, appelée « fermentation acétique ».

La question de savoir d'où viennent les microbes formant le voile peut être posée. Sont-ils produits par « génération spontanée » dans le vin ou bien sont-ils issus de germes préalablement contenus dans l'air ? L'histoire des sciences a montré que cette question avait suscité de virulentes controverses entre scientifiques au cours du XIX<sup>e</sup> siècle. Seule une expérimentation très méticuleuse, impossible à effectuer en classe, avait permis à Pasteur de trancher : la « génération spontanée » n'existe pas. On peut dire aux enfants que dans certains laboratoires bien équipés, on sait protéger le vin des microbes de l'air, et que jamais, dans ces conditions, le voile ne se développe spontanément. Mais sachons poser des limites. La familiarisation pratique suggérée ici servira surtout de référence concrète pour donner du sens à des problèmes qui ne seront résolus qu'ultérieurement au cours de la scolarité des enfants.

## **Faire du pain**

Voici une recette parmi d'autres : « Avec 500 g de farine, 300 g d'eau, 20 g de levure et 10 g de sel, on a réussi une recette pour fabriquer du pain. Il faut mélanger la farine, l'eau, la levure et le sel jusqu'à ce que la pâte se décolle du saladier et des mains. Puis on laisse reposer quinze à trente minutes. Ensuite on divise la pâte en morceaux (350 g pour une baguette, 120 g pour des petits pains) dont on fait des boules. On laisse reposer quinze minutes. On replie ensuite plusieurs fois les morceaux sur eux-mêmes. On leur donne la forme voulue. On les pose sur une serviette propre en tissu et on laisse lever la pâte une à deux heures. Puis, dans le four à thermostat 7 ou 8, aux environs de 250 °C, on fait bouillir de l'eau dans un récipient afin de produire de la vapeur pour que le pain reste bien moelleux à la cuisson dans cette ambiance humide. On entaille les pains avec un couteau au moment de mettre dans le four. Du gaz s'échappe. On laisse cuire environ une demi-heure en surveillant régulièrement. »

Les enfants peuvent tester plusieurs recettes et expérimenter : « Quand il n'y a que de l'eau, de la farine et du sel dans la pâte, le pain ne gonfle pas et reste tout plat après la cuisson. Et puis le goût n'est pas excellent ! Mais quand on rajoute de la levure de boulanger, quelle différence ! »

Quand on fait cuire la levure toute seule avant de l'introduire dans la farine, la pâte ne lève pas : « Forcément, on a tué les microbes en les chauffant et du coup, ils ne peuvent plus travailler ! »

La levure de boulanger se présente sous forme de petits cubes que l'on peut acheter dans le commerce à faible prix. Comme la levure du vin, cette levure transforme les sucres de la farine en alcool et dioxyde de carbone (ou gaz carbonique). Dans le cas du vin, c'est l'alcool qui est intéressant, dans le cas du pain, c'est le gaz car il fait lever la pâte. La petite quantité d'alcool produite s'évapore à la cuisson. Consommer du pain est donc sans danger pour les enfants, alors que boire du vin est évidemment totalement déconseillé, compte tenu des dégâts que cela peut entraîner sur le système nerveux !

## **Fabriquer des yaourts**

Vous avez certainement déjà remarqué ce petit goût acide qui existe dans le yaourt mais pas dans le lait. D'où vient-il ? On fabrique des yaourts avec une yaourtière, sorte de bain-marie (tout simplement un bac contenant de l'eau avec un système de chauffage) qui maintient la température à environ 38 °C. À partir d'un litre de lait mélangé à un yaourt, on obtient huit yaourts au bout d'une demi-journée. Pourquoi est-il important d'ajouter un yaourt au lait pour fabriquer d'autres yaourts ? Tout simplement parce que ce yaourt apporte des microbes (là, ce ne sont pas des levures mais des bactéries qui interviennent). Ces microbes vont se développer en utilisant la nourriture qu'ils trouvent dans le lait. Pour cela, ils font de la « fermentation lactique » en transformant le sucre du lait en un acide (l'acide lactique). La fermentation lactique est différente de la fermentation alcoolique. Chaque type de microbe réalise un type différent de fermentation.

Parfois, quand on l'a laissé trop longtemps à l'air, le yaourt finit par devenir

mauvais : on ne peut plus le manger car cela peut être dangereux pour la santé... et puis son goût est bien désagréable. En effet, il existe des ferments « utiles », qui permettent de fabriquer des aliments, et des ferments « indésirables », qui rendent les aliments impropres à la consommation. Essayons de trouver comment nous protéger de ces derniers.

## **La conservation des aliments et la protection contre les microbes indésirables**

Un débat peut être initié à partir du vécu des enfants. Y a-t-il des conditions particulières pour conserver les aliments ? Tous les aliments se conservent-ils de la même façon ?

### **Les enfants observent puis expriment leur point de vue sur la conservation des aliments**

Divers aliments fabriqués par les enfants mais aussi des aliments prélevés dans la nature, rapportés de la maison ou du restaurant scolaire (fruits, gâteaux, etc.) sont laissés à température ambiante dans la classe : « Les aliments mal conservés, ça moisit, ça pourrit, ça tourne, c'est périmé, gaspillé, ça s'abîme, il y a des bactéries, des virus, des poils, des champignons microscopiques, on peut faire du compost, ça vieillit, ça sent mauvais, c'est mauvais pour la santé ! Voilà pourquoi il faut faire attention quand on garde des aliments »<sup>1</sup>.

Pour conserver les aliments, on doit prendre des précautions. Lesquelles ? Les enfants formulent des hypothèses : « Il faut les mettre au froid dans le réfrigérateur ou le congélateur, les laisser dans une boîte de conserve, les saler beaucoup, les faire cuire avec du sucre comme la confiture, etc. »

### **Les enfants comparent différents modes de conservation**

Dès le lendemain, certaines des idées émises par les enfants sont confrontées à la réalité. Différentes méthodes de conservation de divers aliments sont comparées. Jour après jour, les élèves font des dessins d'observation, prennent éventuellement des photographies et inscrivent leurs remarques sur leur cahier d'expériences. Laissés à température ambiante, conservés dans le sel, bouillis, emballés ou non, enfermés dans un bocal, dans l'alcool, congelés, réfrigérés, disposés dans une cave, la viande, le lait ou la poire ne se comportent pas de la même façon. Après avoir discuté par petits groupes des protocoles à mettre en œuvre, les enfants placent les aliments dans de nouvelles conditions. Chaque jour, les modifications éventuelles sont à nouveau consignées soigneusement par écrit : la forme, la couleur, l'odeur sont bien décrites.

Au bout de quelque temps, on conclut que toutes les méthodes de conservation ne conviennent pas pour tous les aliments : « La poire se conserve longtemps

à température ambiante, alors que le lait caille ! Pour conserver efficacement le lait, il faut le faire bouillir, mais cela ne suffit pas. Il faut ensuite le refroidir rapidement et le conserver au frais, à 4 °C environ »<sup>2</sup>

Est-ce que les aliments se conservent mieux avec ou sans air ? « Les flacons de lait laissés à l'air subissent des modifications : du gaz apparaît et il y a parfois aussi des moisissures qui se développent au bout de quelques jours. Les flacons de lait bouchés et chauffés dans une Cocotte-Minute ne subissent pas ces modifications. Le lait y reste plus longtemps intact. »

En s'appuyant sur leurs expériences et sur des recherches documentaires, les enfants relèvent deux paramètres importants pour conserver un produit à température ambiante : chauffage préalable et absence de contact avec l'air.

## **Les enfants cherchent dans quelles conditions se développent les moisissures**

Les moisissures sont des champignons qui altèrent les aliments et, dans la nature (par exemple dans le sol), précèdent souvent leur décomposition. Quand un aliment est moisi, il est rarement conseillé de le manger, sauf dans quelques cas particuliers, comme celui des fromages tels que le roquefort ou le bleu.

Dans l'air, les moisissures existent sous forme de spores, sortes de petites capsules microscopiques, qui se développent ensuite en filaments lorsqu'elles trouvent de bonnes conditions pour se nourrir. Quelles sont les conditions du développement de la moisissure du pain ? Les élèves réfléchissent et suggèrent des hypothèses : il faut que la moisissure dispose d'eau, elle a besoin de lumière, elle se développe mieux au froid, etc. Ils expérimentent. Cette investigation offre plusieurs avantages méthodologiques. À cette occasion, les enfants apprennent à faire varier un à un chaque paramètre, tous les autres restant constants. On dispose de plusieurs boîtes en plastique munies de couvercles, dans lesquelles on place une tranche de pain : dans une première expérience, toutes les boîtes sont mises à la lumière, à température ambiante, mais certaines contiennent beaucoup d'eau, d'autres un peu et les dernières pas du tout (on ajoute éventuellement un sachet de produit desséchant). Les enfants constatent que le pain sec ne moisit pas : les moisissures ont besoin d'humidité.

Pour tester les besoins thermiques par exemple, toutes les boîtes contenant du pain sont placées à l'obscurité avec la même quantité d'eau, mais certaines sont placées dans la classe à température ambiante et d'autres au réfrigérateur. Les enfants constatent que les moisissures se développent mieux à température douce.

Sur le même principe, on peut placer les boîtes à la lumière ou à l'obscurité (dans un placard de la classe par exemple). Les expériences montrent que les moisissures ont besoin d'humidité et de chaleur pour proliférer, mais pas de lumière.

Ces expériences menées sur les moisissures ont essentiellement pour but d'initier à une démarche expérimentale avec émission d'hypothèses, proposition

d'un protocole (on dit ce que l'on va faire pour tester l'hypothèse), réalisation des expériences (on met, on prend), confrontation des résultats (on observe, on dessine sur le cahier de sciences), interprétation (on dit ce que l'on comprend) et conclusion (on critique éventuellement et on formule de nouvelles hypothèses à tester par d'autres manipulations). Sans vouloir faire un parallèle naïf entre les travaux des scientifiques et ceux des enfants, on peut cependant considérer que ce qui précède peut constituer une initiation à une démarche de chercheur proche de celle que mena Louis Pasteur lorsqu'il mit au point la pasteurisation.

## **La pasteurisation**

Sur les étiquettes des emballages de certains aliments que le maître aura demandé d'apporter en classe, les enfants lisent le mot « pasteurisé » : « lait pasteurisé », « jus de fruit pasteurisé ». D'où vient ce terme ? Que signifie-t-il ?

Les élèves cherchent et trouvent dans le dictionnaire la définition de la pasteurisation : c'est un procédé qui consiste à chauffer pendant quelques minutes un liquide à des températures inférieures à 100 °C et à opérer ensuite un refroidissement rapide. Cela est donc différent de la stérilisation qui a pu être faite dans la Cocotte-Minute, où l'on chauffait également pendant plusieurs minutes mais cette fois à plus de 100 °C (voir plus bas).

## **Recherches sur les travaux de Pasteur**

Les cahiers de Pasteur sont remplis de dessins de petits organismes, de croquis, de schémas de matériels divers, de commentaires. Ils rendent compte des innombrables expériences réalisées sur chaque problème que le chercheur a rencontré.

Les enfants lisent la description des découvertes de Pasteur sur les fermentations (elle se trouve sur le cédérom), puis discutent – d'où viennent les maladies du vin ? comment peut-on empêcher ces maladies ? – et rédigent leurs conclusions.

Le brevet sur la conservation du vin, déposé le 11 avril 1865, est venu couronner toute une démonstration expérimentale rigoureuse (comparable, on l'a vu, même si elle fut bien plus compliquée, à celle que les enfants ont menée en étudiant les conditions de développement des moisissures), dont les nombreuses manipulations ont nécessité de strictes conditions d'hygiène. Son fac-similé est examiné (également dans la médiathèque du cédérom).

Après avoir mis en évidence grâce au microscope la présence de micro-organismes vivant dans l'air – les enfants et même beaucoup d'adultes imaginent à tort que les microbes se créent spontanément à partir des aliments –, Pasteur a reconnu que certains d'entre eux produisaient les maladies ou altérations spontanées des vins. Il découvrit qu'en chauffant le vin à une température comprise entre 60 et 100 °C à l'abri de l'air, ces microbes étaient détruits. Ce procédé empêchait toute fermentation irrégulière des vins, quelle que soit leur nature,

sans nuire de façon trop importante à leur qualité – en effet, le vin était chauffé juste ce qu'il fallait, mais pas plus, pour lui conserver un goût acceptable. On pourra cependant expliquer à la classe que le procédé convient mieux à d'autres aliments et que, pour le vin, il ne fut utilisé qu'un temps car justement, il en amoindrissait le goût.

### **Les applications industrielles de la pasteurisation**

Pasteur écrivit ceci à propos du vin : « Nous avons chauffé en deux jours 650 hectolitres. La rapidité de l'opération se prête aux approvisionnements les plus considérables et les plus prompts. Ces 650 hectolitres vont partir pour les côtes occidentales de l'Afrique (où nos marins ne boivent guère que du vinaigre) avec 50 hectolitres du même vin non chauffé. Si l'essai réussit, c'est-à-dire si les 650 hectolitres arrivent et peuvent séjourner sans altération, et que les 50 hectolitres s'altèrent, ce dont je ne doute pas sur la foi de mes expériences de laboratoire, la question sera résolue et, à l'avenir, tout le vin de la marine sera assuré contre les maladies par le chauffage préalable. »

Quelle est l'hypothèse de départ de Pasteur ? Que s'attend-il à trouver ? Quelles seront les conséquences industrielles si l'hypothèse est validée ? Les quantités indiquées sont-elles comparables à celles produites actuellement par les viticulteurs ?

L'étude des applications industrielles de la pasteurisation peut également être l'occasion de tirer des informations d'une visite ou d'un document, de réaliser une enquête et d'en rendre compte par écrit, par oral, par des photographies, un film ou un panneau mural.

### **Pasteuriser et conserver le goût ?**

Un jus d'orange pasteurisé se conserve moins longtemps qu'un jus d'orange stérilisé. Certains enfants se demanderont pourquoi on continue à pasteuriser le jus d'orange alors qu'il faut en plus garder le produit au frais.

Pour avoir la réponse, il suffit de comparer différents jus d'orange. Les élèves organisent des tests à l'aveugle en numérotant les gobelets contenant différents jus d'orange. Ils se rincent la bouche entre deux dégustations et trouvent en général que le jus frais est meilleur que le jus pasteurisé, lui-même meilleur que le jus stérilisé<sup>3</sup>... mais pas toujours ! En général, moins on chauffe, moins on altère les composants, donc le goût de l'aliment. Ce test permet d'enrichir le vocabulaire relatif à la description des sensations gustatives (sucré, acide, parfumé...).

### **Conclusion**

Les travaux de Pasteur ont entraîné les enfants dans le monde mystérieux et fascinant des microbes. Savent-ils que des microbes interviennent dans le déclenchement de maladies ? Cette étude pourra être prolongée par une

réflexion et un débat sur l'hygiène et la santé, un travail qui pourra commencer par de petites expériences et se prolonger par une enquête et une visite. Dans une laiterie, par exemple, le lait reçu dans des tanks réfrigérés est immédiatement pasteurisé avant de servir à la fabrication d'autres aliments. Les conditions d'hygiène sont strictes : on désinfecte à l'eau de Javel, on stérilise les instruments, le personnel porte blouses et calottes. À l'hôpital, les mêmes précautions sont observées.

En définitive, ces études aident à mieux comprendre en quoi consistent des pratiques courantes telles que la désinfection, la pasteurisation, la stérilisation.

- désinfecter (à l'aide de produits chimiques) permet de détruire des microbes pathogènes, autrement dit des agents infectieux. L'alcool est un désinfectant relativement médiocre car il ne permet pas de détruire toutes les bactéries ;
- pasteuriser consiste à chauffer à moins de 100 degrés Celsius et permet la destruction des microbes actifs, y compris les microbes utiles, mais pas celles des spores ;
- stériliser consiste à tuer tous les microbes et leurs formes de résistance, soit à l'aide de produits chimiques ou de rayons ionisants (ultraviolets, rayons gamma), soit en chauffant à plus de 100 degrés Celsius pendant plusieurs minutes.

- 1 : Extrait des travaux de la classe de Sylvie Fremineur, Le Chaumet-Évires.
- 2 : Extrait des travaux de l'école primaire de Saint-Germain et Mons.
- 3 : Travaux de l'école de Bergerac.