

Les bactéries du yaourt (I)

- 1) **Avez-vous déjà fait du yaourt, par exemple en classe de ferme ? Comment avez-vous fait du yaourt ?**

On prend un yaourt, on le met dans un tetrabrick de lait tiède et on attend une nuit.

- 2) **Et pour faire un gâteau, si je prends un morceau de gâteau, je le mets dans un paquet de farine tiède et j'attends une nuit, ça va me faire du gâteau également ? Pourquoi ?**

Bien sur que non ! Nous faisons du gâteau, mais ce n'est pas nous qui faisons le yaourt, c'est le yaourt qui se fait lui-même parce que le yaourt est vivant et le gâteau non.

- 3) **Quels sont les choses qu'on peut faire quand on est vivant et pas quand on est mort ? Quelles activités distinguent les êtres vivants et les objets inanimés ?**

NOUS	ANIMAL	PLANTE	PIERRE
jouer	(x)	NON	NON
respirer	x	métabolisme	NON
manger	x		NON
aller aux toilettes	x		NON
avoir des enfants	x		x
bouger	x	NON	NON
penser	(x)	NON	NON
...			

- 4) **Les bactéries sont-elles considérées comme vivantes ? Pourquoi ?**

Oui, elle sont vivantes parce qu'elles ont un *métabolisme* et parce qu'elles se *reproduisent*.

- 5) **Et les virus ?**

Les virus non. Ils ne peuvent ni se nourrir ne se multiplier sans l'aide d'un autre vivant.

- 6) **Nous avons appris que tous les êtres vivants portent un nom scientifique en deux mots, comme un nom et un prénom. Comment s'appellent les deux bactéries principales du yaourt ?**

Lactobacillus bulgaricus et Streptococcus thermophilus.

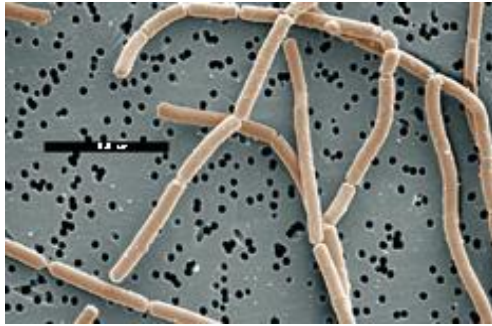
- 7) **Dans quelle langue sont ces noms, et pourquoi ?**

En latin, comme ça les chercheurs scientifiques de différents pays peuvent se comprendre dans une langue universelle.

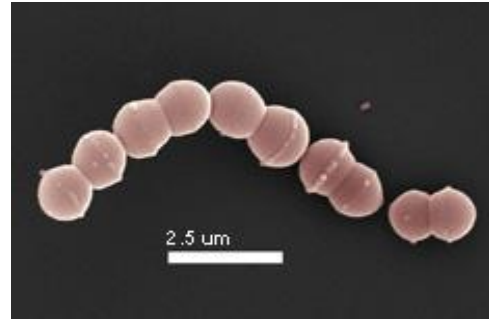
8) Les virus ont-ils un nom latin ? Pourquoi ?

Non, parce qu'ils ne sont pas vivants. Ils ont des noms avec des lettres et des chiffres, un peu comme « R2D2 » ou « C3PO ». Les robots dans « starwars » ne sont pas des êtres vivants non plus !

9) Dessine un Lactobacillus et un Streptococcus !



Lactobacillus bulgaricus



Streptococcus thermophilus

10) Que fait une bactérie toute la journée ?

Elle mange et elle se divise.

11) Nous avons appris que chez les vers de terre, il n'y a pas de maman et de papa mais qu'ils se mettent d'accord. Comment s'organisent les bactéries pour se multiplier ?

Non seulement qu'il n'y a pas de maman et de papa, il n'y a pas de bébé non plus ! Chaque bactérie se divise et ça fait deux bactéries pareilles, comme des jumeaux. Elles ont la même taille, il n'y a pas un « parent » et un « enfant ».

12) Combien de temps leur faut-il pour cela ?

20 minutes environ. Imaginez-vous combien de jumeaux cela donnerait si nous tous on se divisait 3x par heure !

13) Le nombre de bactéries double toutes les 20 minutes. Combien de bactéries y a-t-il après 5 heures ?

début	20 min	40 min	1h00	1h20	1h40	2h00	2h20
1	2	4	8	16	32	64	128

2h40	3h00	3h20	3h40	4h00	4h20	4h40	5h00
256	512	1024	2048	4096	8192	16384	32768

14) Imagine qu'une bactérie pèse 1g. (heureusement ce n'est pas le cas !) combien pèsent les bactéries produites entre l'heure où tu prends ton petit déjeuner (vers 7 heures) et ton repas de midi (c'est-à-dire 5 heures après) ?

32kg et 768g, ton poids environ. (Puisque je te disais que c'est heureux qu'une bactérie ne pèse pas un gramme entier !)

LE CLUB DES PETITS DÉBROUILLARDS

15) En fait, quand on mange du yaourt, on mange plein de bactéries. Le yaourt est donc un aliment vivant. N'est-ce pas dangereux ?

Non, pas du tout. C'est même très bon pour la santé !

16) Est-ce que les bactéries font du yaourt pour nous faire plaisir ?

Bien sur que non ! Elles font ça pour vivre et elles n'ont pas conscience qu'elles sont mangées par nous. D'ailleurs, certains d'entre elles survivent très bien dans notre appareil digestif et c'est ce fait même qui est bénéfique pour notre santé. Elles nous aident dans notre digestion à nous, fait dont elles n'ont pas conscience non plus, bien entendu.

17) Imagine-toi que tu es une bactérie et que tu vis dans du yaourt. Que manges-tu ?

Le lactose ou sucre de lait.

18) La formule chimique (ou moléculaire) du lactose est $C_6 H_{12} O_6$. Combien d'atomes de carbone, d'hydrogène et d'oxygène contient-elle ?

C (carbone)	6
H (hydrogène)	12
O (oxygène)	6

19) Et l'acide lactique $C_2H_5O-COOH$, produit dans lequel la bactérie transforme le lactose pendant la fermentation lactique ?

C (carbone)	3
H (hydrogène)	6
O (oxygène)	3

20) Donc combien de molécules d'acide lactique la bactérie peut-elle fabriquer avec une molécule de lactose ?

2, puisque le lactose a le double d'atomes !

21) A quoi cela sert de mettre des étiquettes ?

A se rappeler dans quelques jours à quelle expérience correspond chaque résultat. On met toujours l'étiquette avant de remplir le pot, et il faut toujours la coller sur le pot et pas sur le couvercle.

22) Quelle autre langue, à côté du latin, est souvent utilisée dans les sciences ?

Le grec. Les grecs étaient parmi les premiers à faire des « sciences » au sens large. Les arabes aussi étaient des grands chercheurs. Des mots comme « algèbre » et « chiffre » en témoignent encore aujourd'hui.

Les bactéries du yaourt (II)

But de cet atelier :

A partir d'un support connu par les enfants (tout le monde a déjà mangé du yaourt !) on fixe un but clair et qui retient l'intérêt des enfants : en produire !

Il permet à l'enfant d'avancer de manière autonome par tâtonnement essai-erreur. Son cheminement est guidé en lui demandant de confronter *ce qu'il pensait en entrant dans la classe* et *ce dont il est sûr à la fin de l'expérience*. Cette confrontation est importante car on ne peut s'étonner d'un résultat que si on se rappelle ce que l'on attendait ! Cette démarche canalise et oriente également les recherches de l'enfant ; il sait ce qu'il veut trouver, l'expérience n'est pas amusement gratuit.

L'enfant est encouragé à utiliser sa créativité pour imaginer des variables intéressantes à tester, et il peut déployer son ingéniosité pour déterminer comment on peut les tester. La bonne réponse ne lui est pas donnée par un adulte externe, il doit « déchiffrer » lui-même via l'expérience la « réponse » donnée par la nature.

Ce que l'enfant « pensait » en entrant ne concerne que lui-même et n'est pas soumis à une correction ou une critique. Ainsi, peu importe s'il avait « juste » ou s'il a pu se corriger tout seul, la fierté de la réussite lui appartient. Il n'est pas grave de se tromper (par ex changer 2 variables à la fois), du moment que l'enfant se rend compte de son erreur et propose une manière d'affiner son expérience.

L'enfant est invité à suivre la démarche OHERIC (observation, hypothèse, expérience, résultat, interprétation, conclusion). Il est invité à présenter ses résultats, à argumenter ses théories, à écouter celles des autres, à discuter non pour « avoir raison » mais pour « trouver la vérité ».

Le matériel nécessaire (lait, yaourt, yaourtière ou plaque chauffante, thermomètre) est peu coûteux, facile à se procurer, facile à mettre en œuvre, facile à reproduire à la maison. Pas de danger particulier. Attrait du fait qu'il débouche sur quelque chose que l'on peut manger !

Tentacules vers :

Biologie : le règne des bactéries

Alimentation : bienfaits d'une alimentation naturelle : étude du pourquoi

Hygiène alimentaire : contamination, conservation des aliments

Digestion : effet de certains ingrédients sur notre métabolisme et celui des bactéries

Chimie : réaction de la fermentation lactique

Histoire : conservation des aliments avant l'ère du frigo, conservation des momies

Géographie : pourquoi mange-t-on épicé en Inde ou en Afrique par exemple ?

Mathématiques : calcul des puissances de 2, graphique d'une exponentielle

Français : rédiger un mode opératoire, recherche au dictionnaire

Electricité : démonter une yaourtière et comprendre son fonctionnement

Vie courante : fabrication d'une nourriture connue par les enfants

Matériel nécessaire :

- lait (le moins cher : UHT écrémé suffit) 1 ou 2 litres

LE CLUB DES PETITS DÉBROUILLARDS

- yaourt (le moins cher, nature, au rayon frais) 1 ou 2 pots de 125 ml
- yaourtière (on en trouve à peu de frais à la brocante)
- **et / ou** bain marie (par exemple grand bac plastique avec eau chaude, isolé avec une couverture)
- grand bol propre et fouet (pour mélanger le yaourt au lait)
- petits pots (pot de confiture, gobelets plastiques, pots de rouleau de film...)
- thermomètres (par ex thermomètres pour frigo que l'on peut tremper dans un liquide, jusqu'à 50°C au moins)
- microscope pour observer les bactéries, encre pour colorer
- ingrédients à tester, par ex : sucre, sel, vinaigre, épices, désinfectant (alcool, eau de javel...), savon, aspirine, antibiotique (prudence !)

Déroulement technique (discussions pédagogiques à intercaler et à adapter)

- mélanger 1 yaourt à 1l de lait dans le bol à l'aide du fouet
- préparer les pots et leurs étiquettes
- remplir les pots du mélange lait/yaourt
- ajouter l'ingrédient à tester (certains pots demandent un traitement spécial*)
- placer dans la yaourtière ou le bain marie
- attendre 8-12h

* traitements spécifiques (autres que « ajouter un ingrédient »)

- pour le lait : mettre du yaourt dans de l'eau (par ex)
- pour le yaourt : mettre du lait sans yaourt
- pour la chaleur : placer au frigo
- pour la yaourtière : remplacer par un bain marie
- pour la lumière : mettre dans un récipient identique mais opaque, couvrir d'aluminium
- pour l'air : mettre dans un sachet étanche dont on a chassé l'air
- pour la chaleur : ébouillanter dans une éprouvette
- on pourrait essayer si la simple utilisation du micro-ondes, sans pour autant dépasser 40°C, nuit aux bactéries

Observations et conclusions :

Que les ferments lactiques n'ont pas besoin de **lumière** pour œuvrer ne devrait pas surprendre, puisqu'ils vivent dans des endroits sombres comme par exemple nos intestins !

Qu'on peut remplacer une **yaourtière** automatique par une autre source de chaleur non plus... encore faut-il connaître ses caractéristiques ! Les voilà :

- Le lait est amené progressivement à 40 – 45°C (juste un peu plus chaud que la température corporelle).
- La résistance électrique se coupe après environ une heure, mais l'inertie thermique de la yaourtière est telle qu'elle garde une température de +/- 36 °C pendant environ 4h.

LE CLUB DES PETITS DÉBROUILLARDS

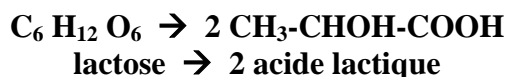
- Il faut donc non pas seulement remplacer la phase de chauffage, mais également maintenir la température le temps voulu, sinon les réactions métaboliques n'auront pas lieu en suffisance.
- On peut essayer de mettre un pot de laitensemencé simplement sur le chauffage... il aura une consistance de yaourt après quelque 3 ou 4 jours – mais il n'en aura pas le goût ! D'autres bactéries putrescides auront eu le temps de se développer et de faire « tourner » le lait.

Le secret du yaourt est la fermentation à une **température** qui privilégie la prolifération de bactéries inoffensives pour notre santé. Une fois que « toute la place est prise » et une partie des réserves nutritives (le lactose) est consommée, le yaourt se conservera assez bien, même à température ambiante. La lactofermentation est un mode de conservation compatible avec l'hygiène et la sécurité alimentaire souvent utilisé avant l'ère du frigo. La choucroute et le salami en sont des exemples.

On pourra sans doute élever des lactobacilles sans lait et les « nourrir » d'une solution de **lactose** pure, mais c'est la caséine (protéine du lait) coagulée sous l'action de l'acide lactique qui donne au yaourt sa consistance « yaourteuse ». Le « lait » de soja ou de riz ne sont pas « du lait » au sens « aliment produit par une mère mammifère pour son petit ». C'est juste leur apparence laiteuse qui leur a valu le nom. Vu qu'ils ne contiennent pas de lactose, ils ne devraient pas permettre aux bactéries du yaourt de vivre (à tester - pourtant, le « yaourt » au soja existe : comment font-ils donc ??). De même, il serait intéressant de comparer à un lait allégé en lactose.

Le yaourt comme **ensemencement** peut être remplacé par des bactéries lyophilisées (mises en dormance par dessiccation) qu'on peut acheter dans les magasins spécialisés (magasins bio et diététiques). D'ailleurs, comme pour la vinification, ce n'est pas seulement le produit de départ (la qualité du lait ici) qui influence le goût, mais aussi le choix du ferment. Un yaourt aura toujours le goût du yaourt « parent » ! (Sous réserve d'utiliser le même lait et qu'il n'y ait pas introduction de souches étrangères.)

Comme on peut le déduire de l'équation de la fermentation lactique, aucun gaz n'est impliqué, ni du côté des ressources (oxygène pour la respiration), ni du côté des produits (gaz carbonique pour la respiration). Nos cellules connaissent également ce mode de fonctionnement en **anaérobie** (manque d'oxygène). Les courbatures après un effort inhabituel seraient partiellement dues à une accumulation d'acide lactique dans les muscles qui n'ont pas pu disposer de l'oxygénation nécessaire pendant l'effort. Cette voie métabolique n'est qu'un « dépannage », car elle génère des métabolites difficiles à éliminer (comparé au CO₂) et elle est beaucoup moins rentable (moins d'énergie libérée par mol de sucre).



Dans tous les modes d'emploi de yaourtières, on insiste sur le fait qu'il ne *faut pas* mettre les couvercles sur les pots pendant la fermentation. Pourtant, les yaourts prennent et je n'ai pas pu détecter de différence de goût !

LE CLUB DES PETITS DÉBROUILLARDS

Le manque de **chaleur** (ou même le **frigo** ou le **surgélateur**) ne fait que ralentir la prolifération des bactéries. Dès que les températures redeviennent plus clémentes, elles reprennent leur vitesse de croisière. C'est pour cela que le frigo ne convient pas à la conservation longue durée et pourquoi il ne faut jamais recongeler un produit dégelé.

Au-delà de 80°C par contre, les enzymes indispensables à la vie de la bactérie sont détruites définitivement et même un retour dans une plage de température favorable ne permet plus de prolifération. La **stérilisation UHT**, les fruits en bocaux et les légumes en boîte en sont des applications.

Affirmer que le **savon** tue les bactéries serait un raccourci didactique... Certes il est utile de se laver les mains au savon, surtout avant de manger, après avoir été aux toilettes et quand on a touché un malade (milieu hospitalier) ou quand on éternue (imaginez de serrer la main à quelqu'un en guise de bienvenue – et bonjour surtout pour le lift gratuit que vous venez d'offrir aux bactéries de votre rhume !). Normalement, le savon agit comme émulsifiant pour dissoudre les « crasses » grasses qui protègent les bactéries d'être emportées par le jet d'eau claire. En ce qui concerne notre yaourt, c'est peut-être son action comme tensioactif, l'augmentation de pH ou encore le contenu en parfum qui est à incriminer.

Le pouvoir désinfectant de **l'alcool** dépend de sa concentration, du temps d'exposition et de la bactérie présente. Expérimentations ouvertes... Il est moins efficace de désinfecter un milieu envahi de bactéries que de prolonger la conservation d'un milieu exempt de bactéries. On conserve des prunes au rhum, par exemple...

En ce qui concerne **l'eau de javel**, c'est un biocide général qui entrave toutes les cellules dans leur fonctionnement vital. Il est vrai qu'elle tue les bactéries et que c'est un excellent désinfectant en milieu hospitalier, mais vu qu'elle continue à tuer tout sur son passage même après qu'elle ait quitté votre habitation par les égouts (elle détruit les fosses septiques et elle tue la microflore dans les lagunages), il serait plus judicieux de s'en passer. Des alternatives biodégradables existent. En Allemagne, la vente d'eau de javel est interdite.

Les **antibiotiques**, αντιβιοτικά comme le nom l'indique, sont anti-vie et donc inefficaces contre les virus de la grippe par exemple. Ils sont malheureusement efficaces contre les bactéries qui peuplent et qui protègent notre intestin, ce qui explique les troubles digestifs fréquents en effet secondaire quand on est amené à en prendre. Les antibiotiques sont souvent spécifiques à une souche de bactéries, ce qui explique la diversité d'antibiotiques différents sur le marché. De plus, les bactéries sont sujettes à mutation et acquièrent des résistances et rendent du coup les médicaments inefficaces.

Certaines **épices** (thym, romarin, piment...) ont des propriétés bactéricides. On peut les mettre en évidence via un dispositif expérimental analogue aux antibiogrammes : on dispose des petites rondelles imbibées d'huile essentielle dans des boîtes de pétriensemencées de bactéries et on observe une zone claire (pas de croissance bactérienne) autour des rondelles. Les égyptiens en avaient connaissance et les archéologues ont pu détecter du thymol par exemple dans les momies qui se conservent parfaitement depuis

LE CLUB DES PETITS DÉBROUILLARDS

quelques milliers d'années ! Ce n'est donc pas un hasard si on conseille de boire une infusion ou de faire des inhalations en cas de rhume, si on brûle de l'encens en espérant de réduire le risque de contamination en temps d'épidémie (mi-efficace, mi-votif !), ou si on mange épicé, voir *très épicé* dans certaines régions du globe où la conservation de la nourriture est difficile à cause de la chaleur. Les marinades (viande, poisson, olives...) remplissent ce rôle.

L'avantage de l'action des épices par rapport à un antibiotique (on pourrait imaginer de désinfecter systématiquement notre nourriture ou d'y ajouter des antibiotiques) est que leur action est *sélective* : ils n'endommagent pas les bactéries qui peuplent notre intestin. Notre flore intestinale, avec laquelle nous cohabitons en bons termes, a pu co-évoluer avec nous en fonction de notre alimentation.

L'aspirine est un anti-fièvre, anti-inflammatoire et anti-douleur, mais n'a aucune influence sur les bactéries qui sont peut-être la cause de la maladie. Une aspirine (ou un dafalgan ou ...) n'atténue que les *symptômes* et n'accélère en rien la guérison. On dira que c'est déjà ça de gagné !

Un peu de **sucre** (5-10%) ne nuira pas au bon développement des bactéries : la plupart des yaourts vendus sucrés ont ce taux en sucre (on pourrait quand même s'interroger si ingérer 12,5g de sucre pour un yaourt de 125 ml est si bon que ça pour la santé ??). *Beaucoup* de sucre (à partir de 50%) par contre interfère avec le métabolisme des bactéries, probablement en augmentant la pression osmotique du milieu. Cet effet est utilisé pour conserver les confitures, les fruits confits.

Un peu de **sel** (une pincée) n'interférera pas avec le métabolisme des bactéries, beaucoup de sel par contre empêche la prolifération des bactéries. On utilise cet effet pour conserver la viande et le poisson (salaisons). Augmenter le contenu en sel augmente la pression osmotique du milieu, le sel « monopolise » l'eau en quelque sorte, et la rend inaccessible pour la vie cellulaire. Diminuer l'eau disponible équivaut à un assèchement (autre mode de conservation qui empêche la prolifération de bactéries : fruits secs, poisson séché, jambon...)

Certaines bactéries *fabriquent* des acides (fermentation lactique, fermentation acétique), mais chacune a une concentration limite au-delà de laquelle elle ne peut plus vivre. D'autres bactéries ne supportent pas un milieu acide du tout. On peut conserver des aliments dans du **vinaigre**, ou recourir à la fermentation lactique pour la conservation (choucroute, salami...).

Expérimentation :

Pour mieux comprendre la notion d'exponentielle, il serait bien de faire une tournée de yaourt dans chaque classe. Lundi matin, on commence avec un yaourt frais dans un litre de lait. Il suffit de mélanger dans la casserole et de répartir dans les pots. On met en route en poussant sur le bouton (qui s'illumine en rouge). Le témoin s'éteint après une heure, mais les yaourts ne seront prêts qu'après 8 à 12 h environ.

De ces yaourts, on en prend un qui sera mélangé à un nouveau litre de lait dans la prochaine classe. Les 7 autres yaourts seront partagés dans la classe qui l'a « élevé ».

LE CLUB DES PETITS DÉBROUILLARDS

Laisser imaginer aux enfants combien de yaourts ils auraient eu si chaque yaourt avait donné 8 nouveaux yaourts au lieu d'être mangé et ainsi de suite.

Question de compréhension :

Que se passe-t-il si on prend un yaourt aux fruits comme début ? Est-ce que si on prend un yaourt aux fraises pour commencer toute sa « descendance » goûtera la fraise ?

Bien sûr, la première génération goûtera encore la fraise, mais dilué. Le yaourt est vivant, le goût des fraises non, il ne se multipliera pas au cours du temps. Au contraire, après quelques générations, la concentration en fraises sera tellement diluée qu'on n'arrivera plus à la détecter.

Les bactéries du yaourt

**Est-ce que les bactéries
ont besoin de:**

	comment tester	fait du yaourt	reste liquide	conclusion / explication
lait				
yaourt				
chaleur				
lumière				
air				
yaourtière				

**Est-ce que les bactéries
sont détruites par:**

	comment tester	fait du yaourt	reste liquide	conclusion / explication
chaleur				
savon				
descinfectant				
aspirine				
antibiotique				
sel				
sucre				
vinaigre				