

Il y a de l'eau dans les fèves de cacao. Et deux techniques peuvent être mises en place afin de mettre cette affirmation en évidence. La première est effectuée en laboratoire et la seconde peut être réalisée chez soi. Toutes deux nécessitent de la rigueur mais sont très faciles à réaliser.

Il nous faut réunir des fèves de cacao fermentées, un moulin à hélice (type moulin à café), un congélateur, une balance, une étuve, une capsule.

Comment procéder ?

Dans un premier temps, on prépare les fèves* en enlevant la coque qui les recouvre.

Ensuite, les fèves sont refroidies à l'azote liquide (température = -196 °C) et mixées, froides, dans le moulin. On place immédiatement la poudre qui en résulte dans un sac hermétique.

On pèse la capsule qui recueillera la poudre

(précision : 0,2 mg)

$$P1 = \dots\dots\dots$$

On pèse maintenant environ 5 g de la poudre de cacao obtenue, avec la capsule

$$P2 = \dots\dots\dots$$

La masse exacte de cacao est donc :

$$P2 - P1 = PE$$

On place la capsule dans l'étuve à 103 °C pendant 16 heures.

On pèse (précision à 0,2 mg). $P3 = \dots\dots\dots$

On calcule la différence de masse.

$$P? = P2 - P3$$

Le calcul du pourcentage d'eau est donc :

$$\% H_2O = (100 \times P?) / PE$$

Un lot de cacao n'est accepté que pour une valeur inférieure à 8 %.

Jonathan Dodémont

* Les fèves sont hydrophiles, il faudra donc les conserver dans des sacs hermétiques au frais entre chaque étape.



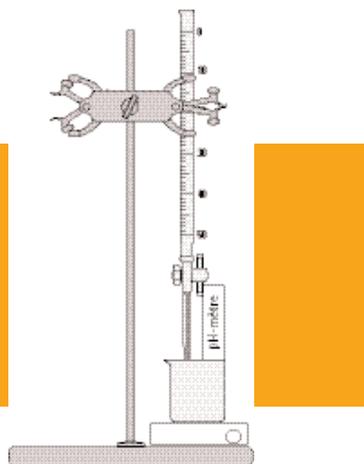
Les fèves de cacao fermentées présentent une teneur en eau de 55 à 60 %, la conservation du produit nécessite que cette teneur en eau soit ramenée à 7 %.

Suite au séchage, la reprise d'humidité peut entraîner l'apparition de fèves moissies. Les moisissures produiront à leur tour des enzymes nommées lipases, qui hydrolyseront les matières grasses et produiront des beurres acides et de mauvaise qualité. Par la suite, lorsque l'on aura obtenu la masse de cacao, le taux d'humidité présent aura une forte influence sur la viscosité. Il existe une corrélation entre le taux d'humidité des fèves et le taux d'humidité relative de l'air.

Niveau
jeu - 7/10

> EXPÉRIENCE II

Acide, mon cacao ?



L'acidité d'une poudre de cacao est une information importante pour les transformateurs et les acheteurs, pour s'assurer de la qualité du cacao et du déroulement de la fermentation. Voici une expérience qui permet de vérifier le taux d'acidité des fèves de cacao.

Pour cette expérience, il nous faut :

- un bécher de 150 mL ;
- 5 g de poudre de cacao ;
- 50 mL d'eau distillée bouillie et refroidie ;
- un agitateur magnétique et son aimant,
- un pH-mètre étalonné ;
- une solution de soude à 0,10 mol/L ;
- une éprouvette graduée de 10 mL.

Comment procéder ?

Prendre le bécher de 150 mL et peser 5 g de cacao. (N'ayez pas le réflexe d'y ajouter aussitôt du lait !)

Ajouter l'eau distillée et mettre sous agitation pendant une heure.

Introduire le pH-mètre (et non une cuillère) dans l'eau et le cacao.

Doser le mélange avec la soude NaOH jusqu'à pH = 8,3.

Le résultat obtenu se nomme acidité de Zeller (AcZ).

$$AcZ = \frac{\text{Volume en mL de NaOH à 0,10 mol/L}}{\text{masse en gramme de poudre de cacao}}$$

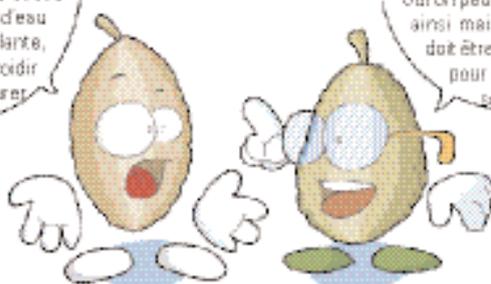
L'acidité totale (AcT) est obtenue ainsi :

$$AcT = \frac{AcZ}{0,5782}$$

Le résultat d'analyse doit être compris entre 2,8 et 4,0 mL de soude à 1 mol/L par gramme de cacao exprimé sur matière sèche, pour que l'échantillon soit jugé normal.

Jonathan Dodémont

Ouah ! Moi je pensais prendre 10 g de poudre de cacao avec 90 ml d'eau distillée bouillante, mélanger et laisser refroidir jusqu'à 20 °C et mesurer au pH-mètre sous agitation.

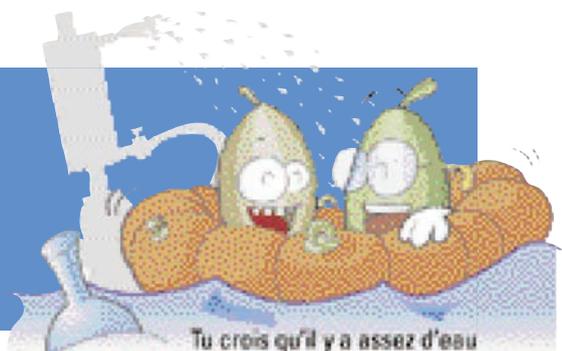


Oui on peut aussi faire ainsi mais dans ce cas le pH doit être entre 4,8 et 5,2 pour que le lot de cacao soit jugé conforme.



> EXPÉRIENCE III

Une riche expérience



Tu crois qu'il y a assez d'eau pour refaire l'expérience ?

L'objectif sera ici de déterminer le pourcentage de matières grasses de notre cacao. Lors de la fabrication du chocolat, il est impératif d'ajouter du beurre de cacao aux fèves décortiquées et broyées afin d'apporter, entre autres, un meilleur fondant au produit final. Étant donné que le beurre de cacao est l'ingrédient le plus onéreux, un fort taux de matières grasses dans des fèves de cacao est un avantage. Pour cette raison, il est intéressant de déterminer le taux de matières grasses présent dans les fèves afin de déterminer leur valeur marchande.

Pour cela il faut :

- du cacao ;
- une cartouche d'extraction (fig. 1, repère 5) ;
- du coton de verre ;
- un montage Soxhlet (fig. 1) ;
- un évaporateur rotatif, une balance de précision, de l'éther de pétrole.

C'est parti !

Dans un premier temps, il faut connaître la masse exacte de cacao que nous allons analyser.

Opérons donc :

- une pesée de la cartouche d'extraction que l'on note P1 ;
- une pesée de la cartouche remplie aux trois quarts avec du cacao que l'on note P2.

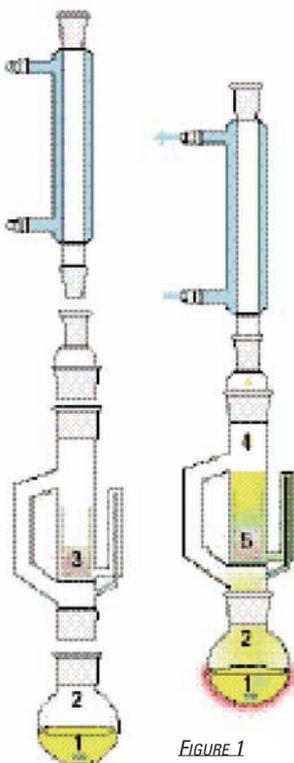


FIGURE 1

On place ensuite un petit morceau de coton de verre sur la poudre ;

- une pesée du ballon de 500 mL (fig. 1, repère 2) que l'on note P3.

À partir de maintenant, procédons par ordre ! Placer le ballon sur le chauffe-ballon (jusqu'à là rien d'exceptionnel). Ajuster sur le ballon le Soxhlet, appareil de verre, du nom de son inventeur, Franz von Soxhlet (1848-1926). Placer la cartouche remplie de cacao dans le Soxhlet et méditer quelques instants sur cette remarque d'un journaliste à propos du travail des chercheurs : « Des chercheurs ont découvert que le chocolat produisait sur le cerveau des réactions similaires à celles de la marijuana... Ils ont aussi trouvé d'autres similitudes

mais ne s'en souviennent plus ! » (Matt Lauer, NBC, 22 août 1996)

Bien, bien !... mais où en étions-nous de cette extraction ?

Ah oui ! Placer l'éther de pétrole de façon à provoquer deux siphonnages et emboîter aussitôt le réfrigérant. Vérifier attentivement les branchements !

Chauffer le ballon pendant ... 8 heures. Bien sûr, « la patience, c'est comme le chocolat...

On n'en a jamais assez ! ».

En revenant le lendemain matin au laboratoire, un gobelet de chocolat chaud à la main, il se peut que vous tourniez machinalement un bout de plastique dans la tasse tandis que la chaleur du liquide se diffuse dans votre main gauche. Bizarre... quelque chose ne tourne pas rond dans cette tasse (se reporter à l'*Expérience V, Le chant du chocolat*).

Enfin, l'extraction est terminée. Retirer le réfrigérant, ainsi que le Soxhlet. Vider le reste du solvant dans le ballon sans en perdre une goutte. Et maintenant, un petit coup d'évaporateur rotatif à 50 °C.

Pour finir, mettre à l'étuve 2 heures à 100 °C.

C'est l'heure de la pesée : poser le ballon sur la balance et lire le nouveau poids du ballon contenant les matières grasses P4. Un calcul rapide donne le résultat suivant :

$$\% \text{ matières grasses} = \frac{P4 - P3 \times 100}{P2 - P1}$$

Après plusieurs heures de travail, nous tenons enfin notre résultat. Et aussi une bonne quantité de vaisselle...

Jonathan Dodémont



EXPÉRIENCE IV

Il en voit de toutes les couleurs !

La poudre de cacao est un produit qui peut se présenter sous différentes couleurs en fonction de plusieurs paramètres. L'un d'entre eux est très facile à mettre en évidence : c'est le pH. Pour le savoir, une petite expérience simple...

Pour le matériel de cette expérience, il nous faut de la poudre de cacao, trois béchers de 50 mL et un bécher de 250 mL, une spatule, deux agitateurs et une cuillère à soupe, du vinaigre blanc (acide), du bicarbonate de soude (basique), de l'eau distillée, un pH-mètre ou du papier pH.

Comment procéder ?

Prendre le bécher de 250 mL et y verser 200 mL d'eau. Mélanger une cuillère à soupe

de poudre de cacao avec l'eau du bécher. Ensuite, verser 40 mL de ce mélange dans les trois petits béchers de 50 mL. Garder l'un des béchers comme témoin. Dans le deuxième, mettre une cuillère à soupe de vinaigre et dans le troisième une spatule de bicarbonate.

On constate alors que la couleur change au bout de quelques minutes.

On peut en tirer les conclusions suivantes : en milieu acide la poudre devient plus claire et en milieu basique elle devient plus foncée (se reporter à l'article *Les poudres de cacao, une palette aux multiples nuances* de Sylvie Schmitt).

Jonathan Dodémont

> EXPÉRIENCE V

Le chant du chocolat, basse, barython ou ténor ?

Qui n'a pas jamais goûté au chocolat chaud ? En interrogeant une dizaine de personnes autour de nous, nous avons noté que très peu d'entre elles avaient remarqué le phénomène suivant : un petit coup donné à la tasse avec la cuillère lorsque le lait vient d'être versé sur le cacao produit un son grave au début, et plutôt aigu dix à quinze secondes plus tard. En donnant les coups à intervalles réguliers, on entend très distinctement une augmentation continue de la hauteur du son entre ces deux extrêmes. À l'évidence, les propriétés acoustiques de l'ensemble formé par la tasse et le chocolat évoluent entre le début et la fin de l'expérience. Qu'est-ce qui change ? Pourquoi le son que l'on entend est-il plus aigu à la fin qu'au début ?

Du choc au son

Le choc communiqué à la tasse contenant le chocolat chaud fait vibrer l'ensemble tasse-chocolat, ensemble que nous désignerons désormais par S. À son tour, S met en vibration l'air qui l'avoisine (fig. 1). Les vibrations acoustiques ainsi produites se propagent dans l'air et atteignent nos tympans : nous entendons un son. Les fréquences sonores audibles sont situées approximativement entre 20 et 20 000 Hz. Rappelons qu'en acoustique, la hauteur désigne le caractère grave ou aigu d'un son. Lorsque l'on augmente la fréquence des vibrations d'une membrane de haut-parleur, la hauteur croît : le son devient aigu. La différence essentielle entre le son produit par un haut-parleur et celui que l'on obtient en



FIGURE 1

Lorsque l'on percute la tasse, l'ensemble chocolat-tasse vibre et produit un son dont la hauteur grave ou aiguë dépend du nombre de bulles d'air présentes dans le liquide. © Y. Rocher.

donnant un coup à une tasse réside dans le fait que les vibrations du haut-parleur sont commandées, contrôlées électriquement : la fréquence à laquelle vibre un haut-parleur lui est imposée par celle du courant alternatif qui l'alimente. En revanche, l'impulsion très brève que constitue le choc donné à la tasse ne permet pas de contrôler les vibrations de S. Le choc ne force pas S à vibrer à une fréquence particulière, imposée, entretenue par l'extérieur. Après le choc, sans contrainte extérieure, S vibre librement. À quelle fréquence ? Il vibre simultanément à plusieurs fréquences qui lui sont propres : on parle de « fréquences propres ». L'ensemble de ces vibrations sonores produit une sensation d'une hauteur particulière, plus ou moins aiguë. Mais pourquoi les chocs donnés à la tasse

Une expérience entre les dents

Intéressons-nous à un fil tendu entre deux points fixes. Si l'on écarte légèrement ce fil de sa position de repos avant de le lâcher, il effectue quelques allers-retours quasi imperceptibles à l'œil puis reprend sa position initiale de repos. Clairement, la fréquence des allers-retours ne lui a pas été imposée par l'extérieur : alors de quoi dépend-elle ? Elle ne dépend que des caractéristiques propres au fil, comme par exemple son état de tension, ou sa longueur. Il est facile de se convaincre de cela à l'aide d'une expérience très simple, réalisée avec un fil de quinze à cinquante centimètres de longueur. Les deux points fixes entre lesquels on tendra le fil sont le pouce et l'index d'une main et... les dents. Il est facile de modifier la longueur du fil ainsi que sa tension, en déplaçant les doigts le long du fil et en tirant dessus plus ou moins fortement. En pinçant le fil avec un doigt de l'autre main, comme on pince une corde de guitare, les vibrations du fil se transmettent aux dents puis aux oreilles *via* les os : on entend un son plus ou moins aigu. L'effet est d'ailleurs plus spectaculaire avec les oreilles bouchées. Quelques essais permettent de se rendre compte de ceci : pour une longueur donnée, la hauteur croît lorsque l'on augmente la tension du fil, le son devient plus aigu. En effet, en augmentant la tension du fil, la force de rappel qui cherche à rétablir la position de repos – rompue par le pincement – croît : cela a pour effet de ramener le fil plus rapidement vers cette position⁽¹⁾.

On peut également constater que, pour une tension donnée, la hauteur décroît lorsque l'on augmente la longueur du fil : le son devient plus grave. En effet, une augmentation de longueur a pour effet de réduire les fréquences. Remarquons enfin que pour une même tension et une même longueur, un fil plus lourd vibrera moins fréquemment en raison de son inertie plus grande. Comme ce sont des paramètres dépendants uniquement du fil (masse, longueur, tension) qui en déterminent les fréquences des vibrations, on parle de « fréquences propres » : sous-entendu « propres au fil ». Insistons sur le fait que pour un triplet (masse, longueur, tension) donné, le fil ne possède pas une fréquence propre, mais théoriquement une infinité de fréquences, toutes multiples entières d'une fréquence de base : la fréquence propre fondamentale.

(1) Dans tous les cas, le fil dépasse sa position de repos. Il y revient, mais la dépasse une nouvelle fois. Ce n'est qu'après un certain nombre d'allers-retours d'amplitudes décroissantes que le fil finit par s'arrêter à sa position de repos.

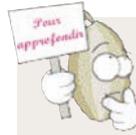
après avoir versé le liquide chaud sur le cacao produisent-ils un son de hauteur de plus en plus élevée ?

La solution de l'énigme

Le son émis par S juste après la préparation du chocolat est moins aigu que celui obtenu une quinzaine de secondes plus tard. À l'évidence, S change... mais en quoi exactement ? En versant l'eau ou le lait sur la poudre au fond de la tasse, de l'air reste piégé dans la poudre sous forme de bulles. Ces dernières sont progressivement évacuées vers la surface où elles contribuent à produire la mousse. Ainsi, juste après avoir préparé le chocolat, la tasse contient un liquide riche en bulles. L'évacuation progressive des bulles au cours du temps a pour effet d'augmenter les fréquences propres du système et donc la hauteur du son (se reporter à l'encadré *Pour approfondir*).

Le son chocolaté

On peut comprendre qualitativement la résolution de notre énigme du « son chocolaté » en ayant à l'esprit l'exemple du fil et notamment la force de rappel dont il a été question. La différence réside dans le fait que lorsque l'on s'intéresse à une vibration sonore, et non à celle d'un fil, la grandeur analogue à la tension qui cherche à rétablir l'équilibre est la résistance qu'oppose le milieu à la compression ou à la détente. Cela se comprend : l'équilibre que rompt une onde sonore concerne le « tassement » des particules (atomes ou molécules) qui composent la matière. Cette grandeur qui s'oppose aux variations de volume – de densité – porte le nom de module de compressibilité. Plus le module de compressibilité d'un milieu est grand, moins le milieu est compressible, de même que plus la tension du fil est élevée, moins il est facile de



Un fil tendu que l'on pince produit un son dont la hauteur croît si l'on augmente la tension

du fil. De même, comme on peut le constater au cours de l'exposé « air liquide », présenté au Palais de la découverte, une cloche en plomb émet un son bien plus aigu lorsqu'elle est refroidie à $-193\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dans ces deux exemples, l'augmentation de la tension du fil et le refroidissement de la cloche ont un même effet : élever leur résistance à la déformation. De manière analogue, la réduction du nombre de bulles d'air dans le chocolat rend ce dernier moins compressible : le son devient plus aigu. Invitons le lecteur à expérimenter, sans chocolat ni café instantané, mais avec des cachets effervescents, de l'eau très chaude sortant du robinet (riche en bulles). La variété des expériences dépendra de la curiosité et de l'imagination de chacun.

l'écarter de sa position de repos. Cette analogie nous conduit intuitivement au résultat suivant : toutes choses étant égales par ailleurs, un corps dont le module de compressibilité est plus élevé que celui d'un autre, possèdera des fréquences propres également plus élevées. Soumis à un choc, il émettra un son plus aigu. L'appauvrissement du chocolat en bulles d'air augmente son module de compressibilité.

Kamil Fadel

> EXPÉRIENCE VI



Savoureux théorème

Quel rapport entre le chocolat et les mathématiques ?

Aucun, vraiment. Il existe juste un petit jeu auquel vous pouvez vous amuser avec une tablette de chocolat (ne jouez ni trop souvent, ni trop longtemps, sinon le problème ne sera plus mathématique, mais diététique !)

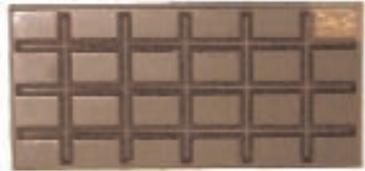
De quoi s'agit-il ? Vous disposez d'une tablette de chocolat, rectangulaire. Chacun des deux joueurs mange à tour de rôle autant de rangée(s) qu'il le souhaite, soit verticale(s), soit horizontale(s). Petit détail qui a son importance : le carré de chocolat en haut à droite aura été préalablement piqué au gros sel. Autrement dit, mieux vaut l'éviter. Quelle stratégie adopter pour ne pas goûter ce mélange contre nature ?

Il existe toujours une stratégie gagnante

Le théorème de Zermelo⁽¹⁾, un théorème de la théorie des jeux, nous affirme que, quelle que soit la taille de la plaquette, l'un des deux joueurs a une « stratégie gagnante ». Autrement dit, si ce joueur ne fait pas d'erreur, en suivant la bonne stratégie, il est sûr et certain de gagner. Ce théorème s'étend à tous les jeux « finis, à deux joueurs et à information complète ». Cette dernière précision élimine tous les jeux où l'on ne connaît pas le jeu de l'autre, où le hasard intervient... Pas de stratégie gagnante pour la belote, donc, mais pour les échecs, si ! Seul problème : savoir qu'il existe une stratégie gagnante, c'est bien beau, mais encore faut-il

la trouver ! Et autant pour le jeu du chocolat, il est envisageable d'examiner toutes les possibilités du jeu une par une, autant pour les échecs, cela relèverait de la folie de le tenter. Sans compter que des parties nulles sont également possibles. Dans ce cas, le théorème de Zermelo assure seulement l'existence d'une stratégie « non-perdante » pour l'un des deux joueurs, c'est-à-dire que le joueur assure au pire un match nul. Pour ce qui est des échecs, on ne sait même pas si c'est le premier ou le deuxième joueur qui dispose de cette fameuse stratégie.

En revanche, pour d'autres jeux, on le sait, et cette stratégie peut être très simple. Prenons par exemple un jeu très connu : vous disposez des allumettes en ligne, et chaque



(1) Ernst Zermelo, mathématicien allemand (1871-1953).

joueur, à tour de rôle, doit enlever de 1 à 3 allumettes. Le but, là encore, est de ne pas prendre la dernière. Comment gagner ? S'il ne reste qu'une allumette, c'est impossible. S'il en reste 2, 3, ou 4, c'est facile, vous en laissez une seule à votre adversaire. S'il en reste 5, vous êtes coincé : vous devez en laisser 2, 3 ou 4, et à moins d'un adversaire endormi, vous vous retrouverez le coup suivant avec une seule allumette. S'il vous reste 6, 7, ou 8 allumettes, il est donc facile de gagner en deux coups, en commençant par laisser 5 allumettes... Et ainsi de suite. 1, 5, 9, 13 allumettes sont des positions « perdantes » pour celui qui doit jouer, « gagnantes » pour celui qui les laisse à son adversaire. Dès lors, la stratégie gagnante devient très facile à trouver : en partant avec 1, 5, 9, 13... allumettes, c'est le deuxième joueur qui est assuré de gagner. En effet, il lui suffit de s'arranger pour que le nombre d'allumettes enlevées par son adversaire plus celles qu'il enlève fasse 4, ce qui est toujours possible. Si vous partez d'un autre nombre d'allumettes, c'est bien entendu le premier joueur qui a une stratégie gagnante, mettant alors son adversaire en position « perdante ».

Pour le jeu du chocolat, la stratégie est aussi très simple... À vous de la trouver ! Une piste ? Suivant les étapes, la plaquette n'a pas toujours les mêmes dimensions : c'est un rectangle plus ou moins allongé dans un sens ou dans l'autre, parfois un carré. Or, un joueur qui hérite d'un carré laisse nécessairement un rectangle à son adversaire, alors qu'il est toujours possible d'obtenir un carré en un coup à partir d'un rectangle. Et comme on perd quand il ne reste plus qu'un morceau...

Pour continuer à chercher des stratégies gagnantes en s'amusant, voici quelques variantes :

- et si, au jeu des allumettes, le gagnant est au contraire celui qui prend la dernière ? ;
- et si le carré à ne pas manger n'est pas dans l'angle ?

Robin Jamet



> EXPÉRIENCE VII

De la conséquence des saisons sur la fonte du chocolat



Le phénomène des saisons, régulier et très remarquable sous nos latitudes semble si banal que l'on ne prend guère le temps d'y réfléchir, voire même de l'enseigner. De prime abord, la grande majorité de la population aura tendance à « expliquer » ce phénomène par la distance changeante de la Terre au Soleil : « Il fait plus chaud en été qu'en hiver parce que nous sommes plus près du Soleil. » Au cours d'une année, il est vrai que cette distance varie de 147 103 000 km (périhélie) à 152 000 000 km (aphélie). Mais, c'est en réalité vers le 3 janvier que nous sommes au plus près du Soleil, et vers le 5 juillet au plus loin ! Ce qui paraît en contradiction avec les saisons vécues dans l'hémisphère nord.

La véritable explication des saisons tient en deux choses : premièrement, la Terre tourne autour du Soleil en une année, deuxièmement l'axe de la Terre est incliné par rapport à l'écliptique (plan de l'orbite terrestre autour du Soleil).

Pour nous qui sommes sur Terre, les saisons se traduisent surtout par une variation des températures, de la durée de l'ensoleillement et de la variation de la hauteur du Soleil à midi. Ces variations sont dues à l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre. Si l'axe n'était pas incliné (actuellement de $23^{\circ} 26'$) ce serait l'équinoxe toute l'année et le Soleil culminerait chaque jour à la même hauteur. À Paris, c'est au solstice du 21 juin que le Soleil atteint sa culmination maximale (un peu plus de 64° de hauteur). Au solstice d'hiver, notre étoile ne culmine qu'à 17° environ. En conséquence, la durée du jour varie d'environ seize heures en été contre huit heures en hiver.

En été, si les températures sont plus élevées qu'en hiver, c'est donc parce que le Soleil

reste plus longtemps au-dessus de l'horizon et nous chauffe autant de temps. Mais ce n'est pas tout.

En effet, l'incidence des rayons solaires en été (fig. 1) et en hiver (fig. 2) joue un rôle important : la variation de hauteur du Soleil au cours de l'année fait que la quantité de chaleur se répartit sur une surface plus grande en hiver qu'en été.

Et le chocolat dans tout ça ?

Afin de mettre en évidence les relations qui existent entre la hauteur du Soleil à midi, l'incidence des rayons solaires sur le sol et la température enregistrée, procédez comme suit : fixez deux spots munis d'une ampoule de 100 watts sur un montant d'une trentaine de centimètres dont l'inclinaison est réglable. Placez un carré de chocolat au lait (c'est plus fondant) sous le premier dispositif et inclinez



FIGURE 1
Incidence des rayons solaires à la surface de la Terre en été.



FIGURE 2
Incidence des rayons solaires en hiver sur la Terre.



FIGURE 3 A)
Hiver.



FIGURE 3 B)
Été.

le spot à environ 17° (fig. 3a) de hauteur (ce qui correspond approximativement à la hauteur du Soleil à midi au solstice d'hiver à Paris). Sur le second dispositif, inclinez le spot à environ 64° (fig. 3b) de hauteur (hauteur du Soleil à midi au solstice d'été à Paris).

Allumez les deux ampoules en même temps en prenant soin de noter l'heure.

Au terme d'une dizaine de minutes, seul le carré de chocolat placé sous le spot simulant un Soleil d'été aura fondu.

Cette expérience fonctionne bien, est spectaculaire et comblera autant les astronomes que les gastronomes.

Sébastien Fontaine



**CAUSERET (Pierre),
SARRAZIN (Liliane),**

Les saisons et les mouvements de la Terre,
Éditions Belin-Pour la Science, 2004.

Ouvrage très précis sur le phénomène des saisons et présentant de nombreuses expériences à réaliser soi-même (dont une variante proposée dans cet article).

SAVOIE (Denis), *Cosmographie,*
Éditions Belin-Pour la Science, 2006.

Un chapitre entier est dédié au phénomène des saisons et plus généralement au Soleil et au mouvement de révolution.

Un ouvrage indispensable pour comprendre les mouvements du Soleil, de la Lune et des planètes.



• Quelles matières grasses retrouve-t-on dans le chocolat ?

On trouve dans le chocolat différents acides gras : l'acide palmitique (25 à 30 %), le stéarique (32 à 37 %), l'arachidique (1 à 2 %), l'oléique (31 à 37 %), et le linoléique (2 à 5 %).

• Quelles sont les différences entre les différents types de chocolat ?

Le chocolat noir est constitué de pâte de cacao, de sucre, de beurre de cacao, de vanille et de lécithine de soja.

Le chocolat au lait contient aussi de la pâte de cacao, du beurre de cacao, du sucre, de la vanille, de la lécithine de soja et du lait.

Le chocolat blanc est constitué de beurre de cacao, de sucre, de lait, de vanille et de lécithine de soja.

• Le chocolat blanc est-il un chocolat ?

Oui. Plus couramment nommé « couverture ivoire » chez les professionnels, le chocolat blanc contient du beurre de cacao (au minimum 20 %), du lait (au minimum 14 %, matière sèche), du sucre (au minimum 55 %), et de la graisse butyrique (au minimum 3,5 %, matière grasse du lait).

• Pourquoi le chocolat blanchit-il en surface avec le temps ?

Le chocolat blanchit sous l'effet de deux facteurs :

- le blanchiment dû au gras. Il est provoqué par la recristallisation des graisses et / ou la migration de l'intérieur vers l'extérieur du gras. Une température de stockage constante retarde ce phénomène ;

- le blanchiment dû au sucre. En sortant le chocolat du réfrigérateur, l'humidité de la pièce se dépose dessus. Cette eau dissout le

Le chocolat en questions

sucré qui est en surface. Ensuite, lorsque le chocolat se réchauffe, l'eau va s'évaporer. Le sucre va recristalliser, mais en formant des cristaux plus gros et irréguliers. Pour l'éviter, il faut limiter les « chocs thermiques » et le conserver dans son papier tant qu'il est froid.

• Que signifient les teneurs en chocolat ?

Qu'est-ce qu'un chocolat à 70 % de cacao ? Ce pourcentage correspond à l'ensemble des ingrédients obtenus à partir de la pâte de cacao. Il comprend donc la pâte de cacao, le beurre de cacao et la poudre de cacao. Pour un chocolat noir, le pourcentage restant correspond principalement à la quantité de sucre. Ce pourcentage n'est pas un critère de qualité mais de quantité !

• Combien de produits ou molécules différents retrouve-t-on dans le cacao ?

Le cacao est une substance complexe, formée d'au moins 800 molécules différentes dont certaines ont une activité pharmacologique connue.

• Pourquoi ne faut-il pas donner de chocolat à son chien ?

Le chocolat n'est pas bon pour les chiens. Il contient la théobromine, un alcaloïde qui est toxique pour eux. Elle passe rapidement dans la circulation sanguine et va exercer notamment des effets sur le cœur. On observe alors une tachycardie (augmentation de la fréquence cardiaque) et ce que l'on appelle des extrasystoles (ce sont des contractions prématurées du muscle cardiaque qui se produisent indépendamment du rythme normal). À titre indicatif, une tablette de 200 grammes de chocolat noir peut tuer un chien de taille moyenne en moins de vingt-quatre heures.

• Où peut-on voir la plus grande fontaine de chocolat au monde ?

Elle se trouve aux États-Unis, à Las Vegas, dans le fastueux hôtel Bellagio. Elle mesure un peu plus de huit mètres de haut, utilise près de deux tonnes de chocolat fondu, avec un débit de cent vingt litres par minute ! Elle est bien entendu enfermée dans une tour de verre pour maintenir les gourmands à distance...

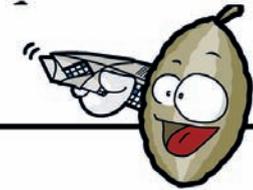
• Le chocolat provoque-t-il des crises de foie ?

En France, ce que l'on appelle crise de foie est un état qui survient en général après des excès de boissons alcoolisées et une absorption trop importante de corps gras. En réalité, le foie n'est pas en cause. Lorsqu'une personne présente des écœurements ou des nausées, on a l'habitude de dire qu'il s'agit d'une crise de foie, alors qu'il s'agit plutôt d'une indigestion. Et le chocolat ? Le chocolat se digère bien et n'entraîne aucune modification de l'activité biliaire... s'il est consommé en quantité raisonnable bien sûr !

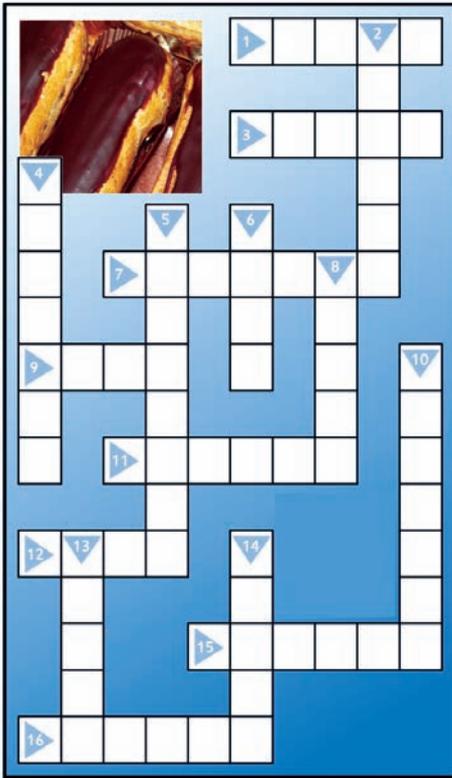
• Le chocolat donne-t-il des caries ?

Non, le chocolat ne provoque pas de caries. Il contient même trois substances anticaries :
 - le tanin du cacao contient du polyhydroxyphénol qui stoppe le développement des microbes ;
 - du fluor qui protège de la carie en renforçant l'émail ;
 - les phosphates de cacao qui attaquent les acides formés par les sucres.

Consommé raisonnablement par des personnes respectant les règles d'hygiène dentaire élémentaires et à des fréquences limitées à six par jour, le chocolat ne peut être accusé de provoquer des caries.



Chocolat !



Horizontalement

- 1 - Il en faut beaucoup pour faire du chocolat.
- 3 - Vient du nahuatl *cacahuatl*.
- 7 - Sur le tronc.
- 9 - Entier ou allégé.
- 11 - Copie d'un champignon coûtant 500 euros le kilo.
- 12 - Obtenue après broyage.
- 15 - Explode en bouche.
- 16 - Disparaît au profit des matières grasses végétales.

Verticalement

- 2 - Synonyme de tablette.
- 4 - De Bourbon.
- 5 - Fait fermenter les fèves.
- 6 - Couleur du désespoir.
- 8 - De canne ou de betterave.
- 10 - Après la fermentation.
- 13 - Citrique.
- 14 - Tous les chemins mènent ...

Horizontalement : 1 temps ; 3 cacao ; 7 cabosse ; 9 lait ; 11 truffe ; 12 pâte ; 15 poudre ; 16 beurre.
Verticalement : 2 plaque ; 4 vanille ; 5 bactérie ; 6 noir ; 8 sucre ; 10 séchage ; 13 acide ; 14 arôme.