

Les expériences autour du thé

Objectif pédagogique :

On introduit ici les notions de macération, de décoction, d'infusion. On montre les limites de ces opérations classiquement utilisées en cuisine.

On présente également les notions intuitives d'acide et de base, d'indicateur coloré.

On présente les tanins, les molécules aromatiques.

On évoque la sensation d'astringence.

On présente l'idée de réaction chimique, de protéines.

Fiche expérimentale :

Matériel pour une classe de 30 enfants :

Des sachets de thé (éviter le thé noir)

30 petits pots de verre

Une plaque chauffante

Une casserole

Des bols

Une branche de thym

Un verre d'huile

100 grammes de beurre

Une branche de sauge

Un morceau de tissu

Quelques feuilles de chou rouge

Un porte filtre à café

Filtres à café

Du vinaigre d'alcool blanc

Un citron ou une orange

Du vin blanc sec

Du bicarbonate de sodium

De l'écorce d'arbre

Feuilles de gélatine

Protocole :

1. Pour faire la distinction entre infusion, macération, décoction, les enfants (par binôme) mettent un sachet de thé dans 25 centilitres d'eau froide. Ils le laissent macérer pendant 5 minutes.

Pendant ce temps, le professeur prépare du thé par infusion : il place deux sachets de thé dans 50 centilitres d'eau portée à ébullition et les laisse pendant 3 minutes.

Le professeur prépare également du thé par décoction : il place deux sachets de thé dans 50 centilitres d'eau qu'il laisse bouillir pendant 3 minutes.

Les enfants goûtent les thés infusés, macérés et la décoction ; ils décrivent les sensations gustatives.

2. Pour voir la fonction du solvant (l'eau) dans les infusions, macérations ou décoctions, les enfants préparent une macération de thym dans l'huile et ils l'évaluent. Le professeur prépare une décoction de thym dans l'huile et une décoction de sauge dans du beurre.

3. Pour étudier les colorants du thé, on fait évaporer du thé en plaçant un bol de thé dans un endroit où il ne risquera pas d'être renversé. On observe les résidus dans le bol.

D'autre part, on pourra verser une des décoctions de thé dans une casserole et faire bouillir : on sentira la vapeur au-dessus de la casserole.

Simultanément on aura trempé un morceau de tissu, coloration du tissu. On lavera le tissu pour tester la tenue des colorants du thé.

4. On poursuivra l'exploration des colorants par l'examen du jus de chou rouge : des feuilles de chou rouge sont découpées en petits morceaux, qui sont placés dans une casserole d'eau bouillante, puis la décoction est filtrée et mise en bouteille fermée, conservée au frais.

5. On observe les éventuels changements de couleur quand on verse du vinaigre d'alcool, du jus de citron ou d'orange, du vin blanc sec dans du thé et dans la décoction de chou rouge. Puis quand on verse du bicarbonate de sodium.

6. On récupère des cendres de bois et l'on prépare une lessive de cendre en les dissolvant dans de l'eau, puis en filtrant. On verse la solution sur le thé ou sur la décoction de chou rouge. On observe les changements de couleur.

7. Les arômes et les tanins.

On comparera de l'eau pure, un thé infusé moins d'une minute, et un thé infusé pendant cinq minutes. On goûtera et on recherchera les sensations d'astringence.

On comparera l'astringence des décoctions de thé à celle que l'on a quand on fait une décoction d'écorce d'arbre.

8. On compare l'astringence des décoctions de thé à celle que l'on a quand on fait une décoction d'écorce d'arbre.

9. Pour tester l'action chimique des tanins, on compare la dissolution d'une feuille de gélatine dans de l'eau pure et dans un thé très fort, et dans une décoction d'écorce d'arbre.

Commentaire pédagogique :

1. Pour faire la distinction entre infusion, macération, décoction, les enfants (par binôme) mettent un sachet de thé dans 25 centilitres d'eau froide. Ils le laissent macérer pendant 5 minutes.

Pendant ce temps, le professeur prépare du thé par infusion : il place deux sachets de thé dans 50 centilitres d'eau portée à ébullition et les laisse pendant 3 minutes.

Le professeur prépare également du thé par décoction : il place deux sachets de thé dans 50 centilitres d'eau qu'il laisse bouillir pendant 3 minutes.

Les enfants goûtent les thé infusés, macérés et la décoction ; ils décrivent les sensations gustatives.

* Du thé en feuilles pourrait également être utilisé, mais le sachet est une mesure commode et reproductible.

* Pour observer des différences nettes, on évitera le thé noir fumé.

* Une macération est une extraction de molécules (colorées, sapides, aromatiques...) par dissolution dans un liquide froid.

* Lors de la macération, les enfants peuvent noter l'évolution de la couleur, et voir notamment si celle-ci apparaît plus rapidement quand on agite le sachet de thé dans l'eau.

* Le protocole recommande que seul le professeur manipule des liquides chauds. Toutefois les enfants pourront discuter les opérations.

* Une décoction est une extraction par dissolution dans un liquide bouillant, et une infusion est une extraction par dissolution dans un liquide bouillant qu'on laisse refroidir. On voit que ces définitions sont imprécises, d'autant que le solvant utilisé peut être varié (eau, huile, alcool...) et que la définition « bouillant » ne s'applique qu'à l'eau.

* Pour la description des sensations gustatives, on procédera par ordre logique : vue, odeur, saveur et sensations en bouche, persistance.

La couleur pourra être appréciée intuitivement, et c'est surtout une comparaison qui sera faite.

L'odeur sera décrite, et elle conduira à l'évocation d'odeurs connues. On pourra expliquer le mécanisme de l'olfaction : si le thé sent, c'est que des molécules en partent et montent dans le nez pour stimuler les récepteurs du nez. On pourra utiliser l'idée de clé et de serrure : le contact de la clé dans la serrure conduit à l'émission d'un courant électrique qui monte vers le cerveau, où nous sommes avertis d'une sensation.

L'évaluation de la saveur conduit souvent à des déclarations telles que « c'est amer » et « ce n'est pas amer ». Les enfants confondent l'amertume et l'astringence, qui est une sensation de bouche râpeuse ou sèche. Cette astringence résulte d'une réaction chimique entre les protéines lubrifiantes de la salive et les tanins du thé : les protéines étant liées par les tanins, elles ne peuvent plus lubrifier la bouche, qui devient sèche (voir le dernier paragraphe).

* Selon les cas et selon les conditions expérimentales, les résultats sont très différents. La macération (dans l'eau froide) n'extrait quasiment pas de molécules colorées : l'eau reste transparente et incolore ; elle a un très faible goût de thé.

L'infusion courte (par exemple, moins d'une minute pour un thé standard) donne un liquide jaune peu intense, parfumé, sans aucune amertume ni astringence (l'astringence est la sensation de bouche râpeuse ; elle est due aux tanins, des molécules qui se lient aux protéines lubrifiantes de la salive et qui font perdre les capacités lubrifiantes).

Au contraire, un thé bouilli pendant plusieurs minutes donne un liquide sombre, peu parfumé et très amer et astringent.

* A noter que les divers thés donnent des résultats très différents : une dizaine de secondes d'infusion d'un thé noir donne une couleur très sombre et une astringence notable (que l'on met facilement en évidence à l'aide d'une feuille de gélatine, voir le paragraphe 9).

2. Pour voir la fonction du solvant, dans les infusions, macérations ou décoctions, les enfants préparent une macération de thym dans l'huile et ils l'évaluent. Le professeur prépare une décoction de thym dans l'huile et une décoction de sauge dans du beurre.

* Cette expérience sert notamment à montrer que les opérations d'infusion, de macération et de décoction ne sont pas l'apanage du thé, mais au contraire très largement utilisées en cuisine.

* Là encore, le professeur se réserve la manipulation des liquides chauds. Il prendra garde que l'huile, ne bouillant pas, peut devenir dangereusement chaude.

* L'expérience révélera que les molécules aromatiques du thym migrent très lentement dans l'huile, à froid. Les enfants au palais le plus développé verront que l'huile se parfume rapidement des molécules aromatiques du thym ; après quelques heures ou jours, la décoction est amère et astringente.

* La décoction de thym et la décoction de sauge correspondent à des opérations classiques : le thym est mis dans le bouquet garni, tandis que les décoctions de sauge dans le beurre fondu accompagnent les pâtes. Notamment une recette italienne stipule d'ajouter des feuilles de sauge dans du beurre que l'on fond ; les arômes se dissolvent dans le beurre (à chaud, les cellules de la feuille de sauge libèrent les molécules aromatiques, qui se dissolvent bien dans les graisses, tel le beurre). Cette sauce est extrêmement parfumée.

3. Pour étudier les colorants du thé, on fait évaporer du thé en plaçant un bol dans un endroit où il ne risquera pas d'être renversé. On observera les résidus dans le bol.

D'autre part, on pourra verser une des décoctions de thé dans une casserole et faire bouillir : on sentira la vapeur au-dessus de la casserole.

Simultanément on aura trempé un morceau de tissu, coloration du tissu. On lavera le tissu pour tester la tenue des colorants du thé.

* Pour évaporer du thé, on pourra laisser un bol sur un radiateur ou sur un rebord de fenêtre. L'opération dure plusieurs heures, selon la température, la quantité de thé...

* Cette opération qui se poursuit sur plusieurs jours est l'occasion de prolonger l'atelier.

* Elle sera l'occasion de s'interroger sur l'évaporation de l'eau : les enfants pensent que l'eau s'évapore seulement quand elle bout. Toutefois ils observeront que le niveau du bol de thé laissé au repos diminue progressivement alors que l'eau ne bout pas.

On pourra expliquer que l'eau est composée de molécules, comme de petites billes qui s'entrechoquent en tous sens et dont la vitesse augmente avec la température. Les plus rapides peuvent s'échapper du bol, lequel devient composé de molécules plus lentes : l'évaporation provoque un refroidissement. Toutefois, le thé restant est en équilibre avec l'air, dont les molécules viennent heurter les molécules du bol et qui redonnent de l'énergie. De sorte que l'évaporation se poursuit jusqu'à ce que toute l'eau soit évaporée.

* Lors de cette opération, on verra que la quantité de colorants est extrêmement faible, alors que la solution initiale était très sombre : les enfants comprendront qu'une très petite quantité de molécules colorantes peut donner une couleur intense.

A noter qu'on pourra obtenir de nouveau une solution colorée en ajoutant de l'eau dans le bol asséché.

* En faisant bouillir du thé, on observe une fumée blanche et parfumée. En plaçant un verre froid dans cette fumée, on voit une buée (que l'on peut condenser en plaçant un verre froid dans la vapeur, au-dessus de la casserole). On pourra comparer ce comportement à celui que l'on obtiendrait si l'on faisait bouillir de l'eau pure, puis de l'eau salée : dans le premier cas (eau pure), de la buée se condense encore, mais la fumée n'a aucune odeur ; dans le second cas (eau bouillante salée), la buée se condense également, et il n'y a également aucune odeur. Cette expérience montre aux enfants que les molécules aromatiques s'évaporent facilement (presque « par définition »). On observera aussi que le sel ne s'évapore pas, tout comme les colorants du thé qui subsistent dans le bol, quand toute l'eau a été évaporée.

Si l'on parvient à condenser assez de vapeur de thé bouillant, on pourra goûter la solution condensée et voir qu'elle est parfumée, mais qu'elle n'est ni amère ni astringente. On expliquera aux enfants que les molécules odorantes (ou aromatiques) sont celles qui sont capables de s'évaporer et d'atteindre les récepteurs du nez. On verra enfin que la solution condensée est limpide, transparente et incolore : les colorants restent dans la casserole.

Notons que l'on peut introduire la notion de distillation à l'aide d'une cocotte minute, en remplaçant la soupape de sécurité par un tuyau en caoutchouc que l'on enroule plusieurs tours dans une bassine d'eau glacée et dont on place l'extrémité au-dessus d'un verre : les vapeurs sont condensées dans la bassine, et le liquide recondensé retombe dans le verre (à noter que la distillation des alcools par les particuliers est interdite par la loi ; en revanche, on pourra distiller du bouillon, ou n'importe quelle solution aromatique, telle que confiture ou jus de fruit).

* Les molécules colorantes du thé peuvent servir à colorer divers matériaux. L'expérience avec le tissu introduit la notion de colorant textile. Le thé est d'ailleurs utilisé depuis longtemps pour la teinture : le tissu est trempé, pendant longtemps, dans une solution forte en thé et bien chaude. On obtient une solution de couleur crème à brun châtaigne, selon la concentration. La couleur tient bien au lavage.

4. On poursuivra l'exploration des colorants par l'examen du jus de chou rouge : des feuilles de chou rouge sont découpées en petits morceaux, placés dans une casserole d'eau bouillante, puis la solution est filtrée et mise en bouteille fermée, conservée au frais.

* On fera dire aux enfants de quel type de procédé il s'agit : infusion, macération ou décoction, afin de tester leurs nouvelles connaissances.

* Les enfants qui auront découvert que les matières naturelles peuvent libérer des colorants ne seront pas surpris de voir que les feuilles de chou rouge laissent également échapper des molécules qui teintent l'eau chaude en rouge.

* L'expérience enseigne l'opération de filtration. On pourra utiliser des filtres à café (on fera d'ailleurs la relation entre les opérations précédentes sur le thé, et la préparation du café).

* Les solutions de chou rouge se conservent mal. Si l'emploi du temps l'exige, on stockera donc les solutions préparées au réfrigérateur ou au congélateur.

5. On observe les éventuels changements de couleur quand on verse du vinaigre d'alcool, du jus de citron ou d'orange, du vin blanc sec dans du thé et dans la décoction de chou rouge. Puis quand on verse du bicarbonate de sodium.

* L'enfant sait que le jus de citron est acide, tout comme le vinaigre (d'alcool, notamment). Il sait aussi que le jus d'orange est acide, et il perçoit que le vin blanc sec, également, est acide (mais ses perceptions sont troublées par la présence de l'alcool éthylique).

Grâce au thé ou à la décoction de chou rouge, il voit que les substances précédentes provoquent les mêmes changements de couleur : elles sont toutes acides.

* En revanche, le bicarbonate de sodium (on le trouve en grande surface, chez certains épiciers, chez les droguistes ou dans les pharmacies) a une saveur assez désagréable, pas acide. On le verra faire changer de couleur les décoctions de thé et de chou rouge.

* Ce changement de couleur est réversible : si l'on ajoute du vinaigre aux solutions rendues basiques par le bicarbonate de sodium, la couleur initiale réapparaîtra ; par exemple, du thé qui a été acidifié et décoloré par du vinaigre, par exemple, reprend sa couleur quand on lui ajoute du bicarbonate (l'ajout provoque une effervescence qu'on n'expliquera pas).

* On pourra notamment contrôler les points de virage à l'aide de papier *pH* si l'on en dispose.

6. On récupère des cendres de bois et l'on prépare une décoction en les chauffant dans de l'eau, puis en filtrant la solution formée. On verse la solution sur le thé ou sur la décoction de chou rouge. On observe les changements de couleur.

* Les cendres de bois contiennent de la potasse, ou hydroxyde de potassium (KOH).

* Quand on met des cendres dans l'eau et que l'on filtre, on obtient ce que l'on nomme une « lessive de cendres ». Cette solution peut être très basique. Il sera formateur de demander aux enfants de préparer des étiquettes pour marquer les différentes solutions préparées.

* Après avoir observé le changement de couleur de la décoction de chou rouge ou du thé, on conclura que les cendres sont chimiquement apparentées au bicarbonate de sodium.

* On pourra faire goûter aux enfants une très petite quantité de lessive de cendres, mais celle-ci devra être très diluée. Les enfants ne retrouveront pas la saveur un peu piquante des acides ; ils percevront, au contraire, une saveur « savonneuse ».

7. On compare ensuite de l'eau pure, un thé macéré pendant trois minutes, un thé infusé moins d'une minute, et un thé infusé pendant cinq minutes. On goûte et on recherche les sensations d'astringence.

* L'eau pure, le thé macéré, le thé infusé pendant une minute ne sont ni amers ni astringents, mais parfumés. Le thé bouilli pendant cinq minutes est amer et astringent, notamment parce que l'opération de décoction a extrait les tanins des feuilles de thé. Ces molécules ont la faculté de se lier aux protéines, notamment aux protéines qui lubrifient la salive. La précipitation de ces protéines, par les tanins, conduit à une sensation de bouche sèche, resserrée.

8. On compare l'astringence des décoctions de thé à celle que l'on a quand on fait une décoction d'écorce d'arbre.

* La décoction d'écorce d'arbre est astringente, tout comme la décoction de thé. L'expérience proposée montre que les tanins sont largement présents dans les végétaux. Ils en sont plus difficilement extraits que les molécules aromatiques et que les colorants : c'est ce que montre la comparaison d'une décoction de thé, astringente, et l'infusion légère, colorée et sans astringence.

9. Pour tester l'action chimique des tanins, on compare la dissolution d'une feuille de gélatine dans de l'eau pure et dans un thé très fort, et dans une décoction d'écorce d'arbre.

* La gélatine est obtenue par cuisson longue de viande, tendons, os, cartilages animaux... Le collagène, qui est le tissu fibreux qui enrobe les cellules ou qui composent divers tissus de soutien, se dissocie progressivement et se dissout dans l'eau. Quand on sèche les solutions formées, on récupère de la gélatine, forme désorganisée de collagène. A noter que les molécules de collagène sont des protéines.

* Comme les tanins se lient aux protéines et provoquent leur précipitation, quand elles sont en solution, le test de la feuille de gélatine révèle la présence des tanins. On verra notamment que la feuille de gélatine laisse limpide la macération de thé, ainsi que l'infusion légère de thé, alors qu'elle trouble le thé très fort et la décoction d'écorce d'arbre.

* A noter qu'on pourrait filtrer une solution ainsi troublée et récupérer un liquide clair. On pourra goûter ce liquide.

Prolongements possibles :

* Ayant fait virer réversiblement, plusieurs fois, les thés ou jus de chou rouge, on pourra aussi tester l'effet d'acides et de bases sur des framboises (elles peuvent être fraîches ou congelées) écrasées dans un peu d'eau, dans un verre. Rouges en milieu acide, les framboises deviennent vertes en milieu très fortement basique (on utilisera par exemple de la soude caustique, en très petites quantités).

Cette expérience montre que les framboises contiennent également des colorants dont la couleur change selon l'acidité. Les enfants seront surpris de voir la couleur verte des framboises en milieu basique. Mieux encore, c'est la réversibilité des changements de couleur qui montrera combien l'acidité est importante en chimie. Ils apprendront aussi que l'on peut changer l'aspect des fruits en modifiant leur environnement.

Ils concluront quasi nécessairement que les fruits rouges en général contiennent des molécules susceptibles de changer de couleur (ce qui est exact).

* Si l'on peut se procurer des sels de fer, on en ajoutera à du thé fort ou à une décoction d'écorce d'arbre : on verra le noircissement de la solution.

* On pourra poursuivre l'étude des colorants naturels en testant l'effet tinctorial de plantes variées : baies, fleurs, racines, feuilles de mûre, rhubarbe, épine vinette, caille-lait, trèfle, airelle, myrtille, dahlia, sureau, cassis, raisins, vigne vierge...

* D'autre part, on pourra chercher les conditions dans lesquelles on pourra colorer un oeuf dans du thé.

* Les enfants ayant vu que le thé ou le chou rouge laissent se dissoudre leurs molécules colorantes, on pourra tester divers aliments colorés pour lesquels cèdent leur coloration par macération, infusion ou décoction.

A noter que, quand un ingrédient ne laisse pas se dissoudre ses colorants, on peut le broyer avant d'effectuer la tentative d'extraction.

* Après avoir observé que du sel ne se dissout pas dans l'huile, même à chaud, on pourra secouer du thé ou une décoction de chou rouge avec de l'huile, dans un bocal à confiture bien fermé, afin de voir comment se répartissent les matières colorantes. Les enfants comprendront ainsi que certains corps se dissolvent dans l'huile, et d'autres dans l'eau. On pourra aussi tester l'extraction à l'alcool à 90°.

Bibliographie :

Guide des teintures naturelles, D. Cardon, éditions Delachaux et Niestlé, Neuchâtel-Paris, 1990.

La casserole des enfants, H. This, éditions Belin, Paris, 1997

La couleur, dossier hors série de la revue Pour la Science.

Les textiles, numéro spécial de la revue Pour la Science.