



LA CHIMIE AU SERVICE DE L'ALIMENTATION





1. Introduction

L'objectif de cet atelier est de permettre aux élèves d'identifier la présence de glucides, de lipides et de protides au sein de différents aliments. La première partie de l'activité consiste en la découverte de tests spécifiques (test de Biuret, test au Lugol, etc.) permettant la mise en évidence des différents constituants de l'alimentation. La deuxième partie de l'atelier permet aux élèves d'appliquer ces tests sur divers aliments et de confronter les résultats à leurs préconceptions.

Cet atelier offre donc l'occasion de manipuler, de réaliser des expériences chimiques afin d'illustrer les concepts vus en biologie (l'alimentation).

Le livret professeur reprend les points suivants :

- La liste du matériel et des réactifs nécessaires à la réalisation de cet atelier.
- Des conseils pour l'animation de l'atelier ainsi que le correctif du livret élèves.
- Quelques notions théoriques concernant les constituants de notre alimentation.
- Une proposition d'activité supplémentaire.



2. Matériel et réactifs

Cet atelier est facilement reproductible en classe.

Le kit « La chimie au service de l'alimentation » est disponible, en prêt gratuit, à Scienceinfuse (Louvain-la-Neuve) et à la maison Georges Lemaître (Charleroi). Rendez-vous sur le site e-mediasciences.uclouvain.be pour toute demande de réservation. Notez que les aliments à analyser et la solution de protéines ne sont pas fournis dans le kit

Vous trouverez ci-dessous, la liste des réactifs et du matériel nécessaire à la réalisation de l'atelier avec 12 groupes de 2 élèves.

Matériel

- 12 cuillères
- 36 tubes à essai
- 12 supports de tubes à essai
- 24 papiers filtre
- 3 berlins de 500 mL
- 3 plaques chauffantes
- 12 mortiers
- 12 pilons
- 24 lunettes de sécurité

Réactifs

- Huile végétale
- Solution de protéines (ex : blanc d'œuf)
- Solution de sulfate de cuivre II 0,1 mol/L
- Glucose solide
- Saccharose solide
- Amidon solide
- Solution de liqueur de Fehling I
- Solution de liqueur de Fehling II
- Eau distillée
- Solution de Lugol
- Solution d'hydroxyde de sodium 30 %
- Aliments : pain, jambon, pomme, pomme de terre, lait entier, lait écrémé

La réaction de mise en évidence des monosaccharides est plus rapide lorsqu'elle se déroule à chaud. C'est pour cette raison que nous utilisons un bain-marie (plaque chauffante et berlin de 500 mL). Cependant, si vous ne disposez pas de ce matériel, sachez que la réaction se fait également à froid.

Des volumes égaux des solutions de liqueur de Fehling I et II doivent être mélangés avant le laboratoire afin de préparer la solution finale. Cette solution ne conserve que quelques semaines. Pour information, la solution 1 est une solution de sulfate de cuivre (CuSO_4) 45 g/L alors que la solution 2 contient 200 g de sel de Seignette ($\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) et 150 g d'hydroxyde de sodium (NaOH) dans 1000 ml d'eau distillée.

Nous utilisons habituellement du blanc d'œuf dilué pour la solution témoin de protéine. Pour la préparer, nous mélangeons un blanc d'œuf dans environ 100 mL d'eau déminéralisée.

La solution d'hydroxyde de sodium utilisée pour la mise en évidence des protéines est une solution concentrée (300 g/L ou 9,5 mol/L), nous vous conseillons donc le port des lunettes de sécurité.

3. Correctif du livret élève et pistes pour l'animation

Voici quelques conseils et remarques pour la réalisation de ce laboratoire. Le correctif des questions posées aux élèves est noté en italique.

a. Activité introductive

L'objectif de cette activité est de rappeler aux élèves que notre alimentation se compose principalement de protéines, de lipides et de glucides ; glucides que nous séparons habituellement en sucres simples (ou monosaccharides) et sucres complexes (ou polysaccharides).

Cette activité permet également de discuter de la pyramide alimentaire.

La Pyramide Alimentaire

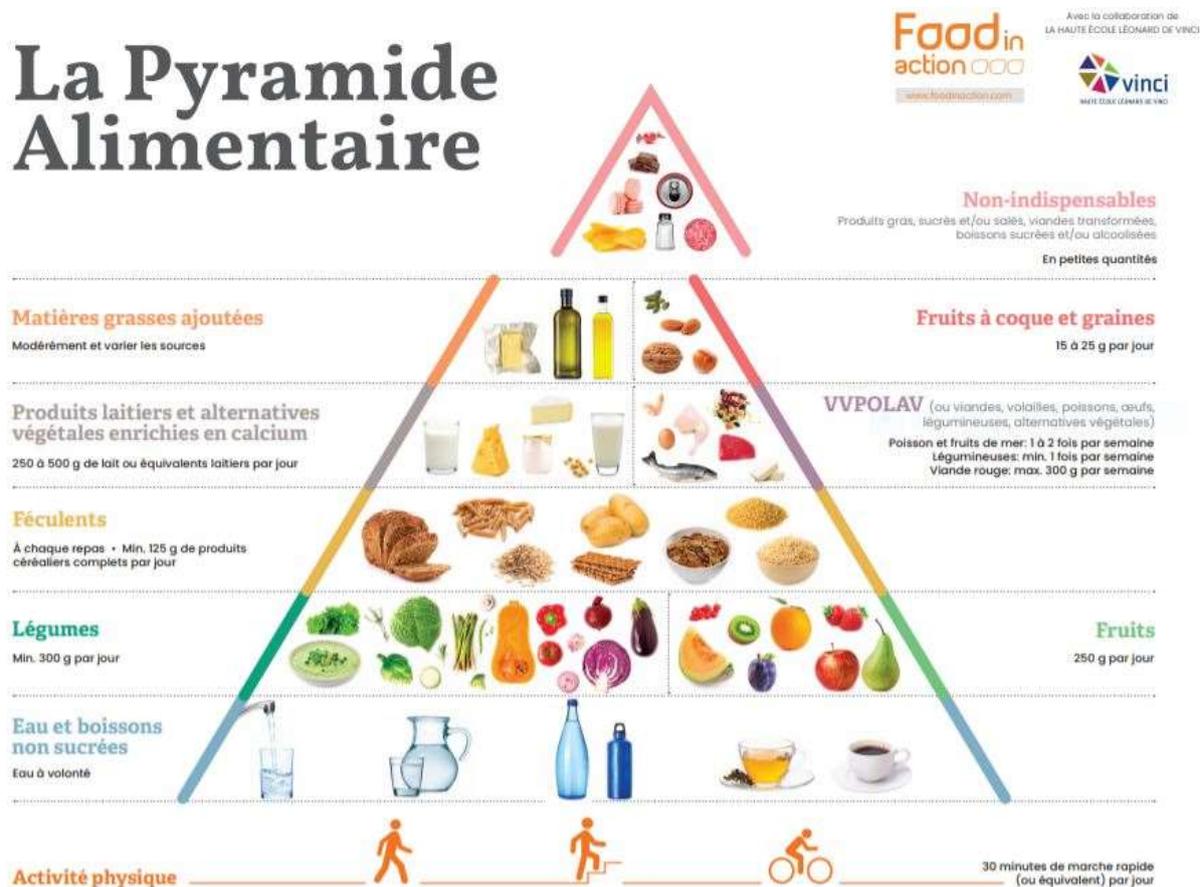


Figure 1 – Pyramide alimentaire (<https://www.foodinaction.com/pyramide-alimentaire-2020-equilibree-durable/> ; page consultée en mai 2020)

b. Mise en évidence des composés chimiques du vivant

Cette première partie du laboratoire a pour objectif de faire découvrir aux élèves les modes opératoires permettant de mettre en évidence les monosaccharides, les polysaccharides, les lipides et les glucides. Pour ce faire, ils vont utiliser des solutions témoins.

Le tableau des résultats et l'occasion de rappeler aux élèves la différence entre les observations et les conclusions.

i. Manipulation 1

L'utilisation de la liqueur de Fehling permet de mettre en évidence les monosaccharides (le glucose dans notre cas). De façon plus générale, la réaction de Fehling permet de mettre en évidence les aldéhydes par leur oxydation par les ions cuivre(II). La liqueur de Fehling contient des ions cuivre(II) complexés par les ions tartrate en milieu basique. Au cours de la réaction, l'ion cuivre oxyde l'aldéhyde pour donner un ion carboxylate et un précipité rouge d'oxyde de cuivre(I) Cu_2O . Dès lors, la liqueur de Fehling, initialement bleue, conduit à un dépôt de couleur rouge brique uniquement en présence d'un composé qui présente une fonction aldéhyde (tels que le glucose, le galactose, le maltose, etc.). Le test est également positif avec le saccharose si le milieu réactionnel est chauffé plus longtemps. En effet, le saccharose s'hydrolyse en fructose et en glucose, ce dernier réagissant avec les ions cuivre(II) de la liqueur.

Comme mentionné précédemment, s'il ne vous est pas possible de réaliser un bain-marie, sachez que la réaction se fait également à température ambiante. Cependant, elle prend entre 5 et 20 minutes.

Expériences	Observations	Conclusion
Glucose et liqueur de Fehling au bain marie	<i>Le mélange présent dans le tube à essai prend une coloration orange</i>	<i>La liqueur de Fehling permet la mise en évidence du glucose. En effet, elle devient orange en leur présence</i>
Saccharose et liqueur de Fehling au bain marie	<i>Le mélange présent dans le tube à essai garde une coloration bleue</i>	
Amidon et liqueur de Fehling au bain marie	<i>Le mélange présent dans le tube à essai garde une coloration bleue</i>	



ii. Manipulation 2

Ce test de « persistance de la tache » permet de mettre en évidence les lipides.

Afin de bien voir si la tache est une tache de graisse, le mieux est d'orienter le papier vers une source de lumière et de vérifier que la tache est translucide et indélébile.

Expériences	Observations	Conclusion
Huile sur papier	<i>La tache présente sur le papier persiste</i>	<i>Les lipides possèdent un pouvoir tachant</i>
Eau sur papier	<i>La tache présente sur le papier disparaît</i>	

iii. Manipulation 3

La solution de Lugol permet de mettre en évidence les polysaccharides (l'amidon dans notre cas)

Le Lugol est composé d'iode moléculaire I_2 et d'iodure de potassium KI en solution aqueuse ou en solution alcoolique.

Cette solution est utilisée pour identifier les polysaccharides tels que les amidons, le glycogène, etc. Il forme un complexe caractérisé par des couleurs différentes selon les branches présentes dans la molécule de polysaccharide. Le Lugol ne réagit pas avec des sucres simples tels que le glucose ou le fructose.

Cette manipulation peut être faite avec les réactifs solides (glucose, amidon, saccharose) ou en les mettant en solution dans de l'eau déminéralisée.

Expériences	Observations	Conclusion
Glucose et Lugol	<i>Le Lugol prend une couleur brunâtre</i>	<i>Le Lugol permet la mise en évidence des polysaccharides. En effet, il devient noir en leur présence.</i>
Saccharose et Lugol	<i>Le Lugol prend une couleur brunâtre</i>	
Amidon et Lugol	<i>Le Lugol prend une couleur noire</i>	



iv. Manipulation 4

Le test du Biuret est une réaction mettant en évidence les liaisons peptidiques et donc les peptides. Lorsque des ions cuivre(II) (venant de la solution de CuSO_4) sont mis en présence de protéines, un complexe coloré mauve ou violet se forme. En effet, les ions $\text{Cu}(\text{I})$ sont complexés par les deux groupes carbonyles présents de part et d'autre d'une des liaisons peptidiques de la protéine.

Nous utilisons habituellement du blanc d'œuf dilué pour la solution témoin de protéine. Pour la préparer, nous mélangeons un blanc d'œuf dans environ 100 mL d'eau déminéralisée.

La solution d'hydroxyde de sodium utilisée pour la mise en évidence des protéines est assez concentrée. Nous vous conseillons donc l'utilisation de lunettes de sécurité.

Expériences	Observations	Conclusion
Solution de protéines, hydroxyde de sodium et sulfate de cuivre	<i>Le mélange a une coloration mauve</i>	<i>Ce test, appelé test de Biuret, permet la mise en évidence des protéines. En effet, le mélange devient mauve en leur présence.</i>
Eau, hydroxyde de sodium et sulfate de cuivre	<i>Le mélange a une coloration bleue</i>	



v. Synthèse

Composés	Test ou réactif	Couleur de départ	Test positif si ...
Monosaccharides	<i>Liqueur de Fehling</i>	<i>Bleu</i>	<i>Orange</i>
Polysaccharides	<i>Lugol</i>	<i>Brun</i>	<i>Noir</i>
Lipides	<i>Pouvoir tachant</i>		<i>Persistance de la tache</i>
Protéines	<i>Hydroxyde de sodium et sulfate de cuivre</i>	<i>Bleu</i>	<i>Mauve</i>

c. Analyse des aliments

i. Conseils pour le laboratoire

Avant que les élèves commencent à analyser les aliments, nous vous conseillons de recueillir leurs préconceptions afin de pouvoir y revenir par la suite.

Le test des six aliments étant long et répétitif, nous vous conseillons de répartir les aliments afin que chaque groupe d'élèves en teste deux ou trois.

Pour le test de la tache, l'évaporation de l'eau contenue dans l'aliment peut être une source d'erreur. Il est donc important de commencer par cette manipulation et de prendre le temps de faire sécher le papier filtre. Notez également que les élèves considèrent souvent, à tort, que les lipides sont présents s'ils observent une tâche de couleur, c'est souvent le cas pour la pomme.

L'aliment doit être broyé le mieux possible. La quantité d'eau utilisée ne doit pas être précise et peut être adaptée si nécessaire. Les élèves veilleront à prélever le liquide obtenu sans prendre de gros morceaux d'aliments.



ii. Résultats et analyses

Aliment testé	Liquueur de Fehling (monosaccharides)	Lugol (polysaccharides)	Test du Biuret (protéines)	Pouvoir tachant (lipides)
Pain	<i>(oui)</i>	<i>oui</i>	<i>non</i>	<i>non</i>
Jambon	<i>(oui)</i>	<i>non</i>	<i>oui</i>	<i>oui</i>
Pomme	<i>oui</i>	<i>non</i>	<i>non</i>	<i>non</i>
Pomme de terre	<i>(oui)</i>	<i>oui</i>	<i>non</i>	<i>non</i>
Lait entier	<i>oui</i>	<i>non</i>	<i>oui</i>	<i>oui</i>
Lait écrémé	<i>oui</i>	<i>non</i>	<i>oui</i>	<i>(oui)</i>

Le test des monosaccharides est celui pour lequel on obtient le plus de différences dans les résultats. Cela peut s'expliquer par le temps de chauffage de la solution (et donc de l'hydrolyse ou non du saccharose), par l'instabilité de la couleur de la liqueur de Fehling et par la quantité d'aliment prélevée. Il nous semble intéressant de souligner que les sucres simples sont présents dans une grande majorité des aliments.

Sans surprise, les polysaccharides se trouvent uniquement dans le pain ou la pomme de terre. Si le résultat obtenu par les élèves est négatif pour ces deux aliments, c'est probablement dû à une dilution trop importante de l'aliment. Proposez-leur de mettre la solution de Lugol directement sur l'aliment testé.

En ce qui concerne les protéines, elles se retrouvent dans le jambon, le lait entier et le lait écrémé. Si le résultat obtenu par les élèves n'est pas cohérent, conseillez-leur de bien agiter leur tube à essai.

Le test des lipides pose parfois problèmes car les élèves confondent les taches de graisse avec d'autres taches (coloration, humidité, etc.). Veillez à ce que le papier filtre soit bien « sec ».

Il est important de comparer les résultats du lait entier et du lait écrémé. En effet, ceux-ci sont similaires. C'est l'occasion de souligner que les tests ne quantifient pas les composés présents mais indiquent simplement leur présence ou leur absence. La différence majeure entre le lait entier et écrémé est la quantité de lipides mais celle-ci n'est pas détectable par le test du pouvoir tachant.

L'analyse de ce tableau est également l'occasion de discuter des autres constituants des aliments. Evidemment, une pomme n'est pas uniquement composée de monosaccharides !



4. Les constituants de notre alimentation

• Les glucides

Les glucides ont un rôle énergétique et plastique. En effet, ils sont une source d'énergie facilement utilisable et ils interviennent dans la constitution de la membrane des cellules.

Dans un régime alimentaire type, les glucides représentent 55% de l'apport énergétique total : 10% issus de monosaccharides et 45% issus de polysaccharides.

Les glucides sont classés en :

- monosaccharides (sucres simples) : glucose, galactose, fructose ;
- disaccharides (deux monosaccharides liés) : maltose, lactose, etc. ;
- polysaccharides (plusieurs monosaccharides liés) : amidon, etc.

• Les lipides

Les lipides ont un rôle énergétique, plastique et fonctionnel. En effet, ils sont une source d'énergie importante, entrent dans la composition des membranes cellulaires, de la peau, des tissus nerveux et interviennent dans le transport des vitamines liposolubles.

Dans un régime alimentaire type, les lipides représentent 30% des apports énergétiques totaux.

• Les protéines

Les protéines ont un rôle énergétique, plastique et fonctionnel. Elles sont utilisées comme source d'énergie uniquement lorsque les apports en lipides et glucides sont insuffisants. Par ailleurs, ils interviennent dans la constitution des membranes, la réparation des tissus, la constitution du squelette, etc. Les protéines jouent également des rôles d'enzymes (permettant certaines réactions chimiques) et d'hormones (jouant un rôle de messenger et de régulation).

Dans un régime alimentaire type, les protéines représentent 15% des apports énergétiques totaux.

• L'eau

L'eau a un rôle plastique et fonctionnel. Elle constitue 2/3 de la masse corporelle et intervient dans le transport d'éléments, dans des réactions chimiques, la régulation et la protection des organes contre les chocs, etc.

Dans un régime alimentaire type, la consommation journalière d'eau est de 1 l à 1,5 l.

• Les fibres

Les fibres améliorent le transit intestinal et donnent une sensation de satiété.

• Les vitamines

Les vitamines ont des rôles divers. Elles sont indispensables à la croissance et au fonctionnement de l'organisme.