

Quelle est la concentration de sucre idéale pour des fruits au sirop ?

Objectif pédagogique :

Evaluer la concentration d'un sirop industriel.

Appréhender les notions de densité et d'osmose en tentant d'expliquer les phénomènes observés pour des sirops pas adaptés.

Inventer une méthode pour trouver la concentration appropriée.

Notion principale abordée :

Densité

Autres notions :

Concentration

Osmose

Durée :

2 heures 30

Autonomie :

Certaines étapes nécessitent l'utilisation d'une plaque chauffante et seront donc assurées par l'enseignant.

Le reste des manipulations pourra être assuré, sans danger, par les élèves.

Fiche expérimentale :

Matériel pour une classe de 30 enfants :

- 1 boîte de fruits au sirop
- 20 prunes ou cerises pas trop mures ou 5 pommes de terre.
- 15 bols
- eau
- 3 kilogrammes de sucre en morceau
- Un verre mesureur
- Une balance
- Une pomme de terre
- Sel de cuisine

Protocole :

On essaye de déterminer la composition du sirop des fruits industriels. On recherche ensuite la bonne concentration en sucre d'un sirop en essayant plusieurs méthodes.

1. Comment fait-on des fruits au sirop? On demandera aux enfants de chercher des recettes dans leur environnement familial.
2. On se propose d'observer des fruits au sirop industriels (ou une conserve de fruit maison qu'un enfant aura apportée de chez lui). On ouvre une boîte pour voir de quoi le sirop peut

être fait. Un enfant verse le contenu de la boîte dans un saladier transparent. Les enfants observent les fruits. Où se trouvent-ils par rapport au liquide ? Les enfants goûtent le sirop, lisent l'étiquette et proposent des ingrédients contenus dans ce sirop.

3. Un enfant pèse précisément 100 grammes de sirop.

4. Dans une casserole, l'enseignant fait chauffer les 100 grammes de sirop à feu doux. Les enfants observent les nombreux phénomènes.

5. On laisse la casserole reposer dans un coin de la classe. Après quelques jours, on constate qu'il n'y a presque plus de liquide. On pèse alors ce qu'il reste dans la casserole. On goûte.

6. Le sirop des fruits industriels est donc composé essentiellement d'eau et de sucre. On cherche à déterminer en quelles proportions. On se propose alors de faire un sirop très sucré. Un enfant est chargé de mélanger 5 sucres dans 100 millilitres d'eau. On observe le changement de volume de l'eau.

7. Un binôme sur trois met son fruit dans de l'eau, un sur trois met son fruit dans un sirop très peu sucré et les autres enfants mettent leurs fruits dans un sirop saturé).

8. Les enfants font une première observation sur la position du fruit par rapport au niveau du liquide. Puis ils abandonnent les verres pendant deux jours.

9. Après deux jours, on constate que les fruits qui flottent se sont ratatinés alors que les fruits qui coulent se sont gonflés ou même ont éclaté.

10. On prend une pomme de terre où l'on découpe trois petits puits de 5 millimètres de profondeur. Dans l'un on place du sel, dans un autre on verse de l'eau et dans le troisième on ne place rien.

11. La classe discute pour inventer une méthode qui donne un sirop à la concentration adaptée.

12. Par groupes de deux, les enfants préparent des sirops contenant 100 millilitres d'eau et 1 sucre, 2 sucres... 5 sucres. Ils mettent un fruit dans chaque bol et observent. Ils en déduisent la concentration la plus adaptée.

13. On fait un sirop trop sucré, on y place un fruit et on ajoute doucement de l'eau. On mesure la quantité d'eau ajoutée.

Commentaires pédagogiques :

1. *Comment fait-on des fruits au sirop? On demandera aux enfants de chercher des recettes dans leur environnement familial.*

L'été est une saison où les fruits sont nombreux et peu coûteux. Afin de bénéficier des fruits toute l'année, il est judicieux de trouver un moyen de les conserver. La conservation dans un sirop est une méthode couramment pratiquée. En enquêtant dans leur environnement familial, les enfants pourront récolter des recettes de fruits au sirop. Ils constateront alors que les recettes sont faites d'une partie définition (les ingrédients, les actions) et de « précisions culinaires », qui donnent des conseils sur la manière d'effectuer la recette.

Dans un premier temps, les enfants utiliseront la partie définition et compareront les ingrédients et les quantités proposés dans leurs recettes.

Par comparaison, ils constateront ce qui est commun aux recettes à savoir la présence d'eau de fruits et de sucre. Ils constateront aussi que les quantités et les modes opératoires varient d'une recette à l'autre et que la multitude des recettes considérées comme des protocoles figés ne permet pas de savoir quel mode opératoire utiliser.

2. *On se propose d'observer des fruits au sirop industriels (ou une conserve de fruit maison qu'un enfant aura apportée de chez lui). On ouvre une boîte pour voir de quoi le sirop peut être fait. Un enfant verse le contenu de la boîte dans un saladier transparent. Les enfants observent les fruits. Où se trouvent-ils par rapport au liquide ? Les enfants goûtent le sirop, lisent l'étiquette et proposent des ingrédients contenus dans ce sirop.*

Les sirops industriels contiennent essentiellement de l'eau et du sucre, mais les enfants pourront aussi trouver sur l'étiquette des noms d'additifs alimentaires : colorants, conservateurs, édulcorants (en remplacement du saccharose, communément nommé « sucre de table »), « exhausteurs de goût » (des produits au nom souvent mal choisi)...

Ces additifs ont une nomenclature codifiée. Le nombre d'additifs actuellement autorisés est très variable selon les pays : près de 3 000 aux États-Unis, 827 en Europe et 354 en France. Une réglementation européenne sur l'étiquetage des produits destinés à l'alimentation a été introduite en 1972. Chaque additif est désigné par un code à une lettre indiquant sa provenance (E pour la Communauté européenne) suivi de 3 chiffres indiquant sa nature (E 100 pour les colorants, E 200 pour les conservateurs, E 300 pour les antioxydants, E 400 pour les émulsifiants et les épaississants, etc.). On associe souvent les additifs alimentaires à quelque chose de « pas naturel », mais la plupart des additifs étaient utilisés traditionnellement bien avant la production industrielle d'aliments. Ainsi, le caramel est désigné par le code E150a quand il sert de colorant, alors qu'on peut le préparer chez soi en faisant cuire du sucre.

3. *Un enfant pèse précisément 100 grammes de sirop.*

Dans le cas des liquides, on est plus habitué à mesurer un volume qu'une masse. Cependant, les pesées sont des opérations généralement bien plus précises que les mesures de volume, pour les liquides comme pour les solides.

Pour les solides (divisés), la vérification de cette idée est immédiate : il suffit d'une balance précise au gramme, de farine ou de sucre, et d'un verre doseur. Les enfants verront très vite que selon le degré de compaction des poudres, la masse change considérablement.

Pour les liquides, aussi, la précision est bien supérieure avec les pesées, parce que les traits gravés ont une épaisseur qui ne permet pas une grande précision ; de surcroît, les ménisques et

leur lecture introduisent des erreurs. Enfin, la dilatabilité des récipients de mesure des volumes est différente de celle des liquides. On pourra s'en apercevoir en reprenant le dispositif utilisé dans la fiche consacrée aux couleurs, pour constater que le niveau risque de varier considérablement avec la température.

Pour peser le liquide, l'enfant devra d'abord peser un récipient à vide, puis tarer la balance c'est-à-dire remettre la balance à zéro (ou, si le modèle ne le permet pas, noter la masse du récipient vide afin de le déduire ensuite de la masse totale). Il pourra ensuite mesurer 100 grammes du sirop en versant doucement.

On pourra peser 100 grammes d'eau et comparer son volume avec 100 grammes de sirop. On verra que le volume de 100 grammes d'eau est supérieur à celui de 100 grammes de sirop. Toutefois, on pourra aussi observer que la différence n'est pas égale au volume du sucre non dissous. On pourra organiser une discussion sur cette question.

4. Dans une casserole, l'enseignant fait chauffer les 100 grammes de sirop à feu doux. Les enfants observent les nombreux phénomènes.

L'analyse chimique est une méthode souvent pratiquée pour identifier la composition d'un produit complexe. Elle consiste en la séparation du produit en constituants plus simples.

Présente dans d'autres ateliers, la méthode qui consiste à chauffer un aliment afin d'en extraire l'eau est souvent pratiquée pour identifier et quantifier la présence d'eau dans l'aliment.

Lorsque l'enseignant fait chauffer le sirop, les enfants peuvent observer de nombreux phénomènes. Si la classe a déjà fait chauffer un autre liquide (eau, lait) dans les mêmes conditions, on pourra comparer les phénomènes.

Au début du chauffage, le liquide dans la casserole est transparent, il a un goût sucré (en réalité, une saveur).

Puis une fumée blanche s'élève au dessus de la casserole. Les enfants pourront sentir la fumée et constater qu'elle n'a quasiment pas d'odeur. Un enfant placera un bol au dessus de la casserole et l'on constatera que la fumée se transforme en liquide transparent au contact du bol. En goûtant, on verra que ce liquide n'a presque pas de goût.

On observera ensuite le résidu resté dans la casserole : il s'agit de sirop concentré. Il est plus jaune, plus sucré et plus visqueux que le sirop initial. Si l'on pèse, on constatera que le liquide a diminué de volume et de masse.

5. On laisse la casserole reposer dans un coin de la classe. Après quelques jours, on constate qu'il n'y a presque plus de liquide. On pèse alors ce qu'il reste dans la casserole. On goûte.

Si on poursuivait le chauffage, on atteindrait une concentration en sucre critique et une caramélisation se produirait : le sucre contenu dans la casserole subirait une transformation chimique, se décomposerait. L'odeur, la saveur et la couleur seraient modifiés. On préférera donc terminer l'évaporation de l'eau en laissant le liquide à l'air libre. Etant donné l'hygroscopie du sucre (le sucre attire l'eau et se transforme en sirop dès que l'air est un peu humide), on n'obtiendra pas de résidu sec, mais quand le volume semblera constant, on aura avoir une bonne approximation de la quantité d'eau présente initialement dans le sirop.

6. *Le sirop des fruits industriels est donc composé essentiellement d'eau est de sucre. On cherche à déterminer en quelles proportions. On se propose alors de faire un sirop très sucré. Un enfant est chargé de mélanger 5 sucres dans 100 millilitres d'eau. On observe le changement de volume de l'eau.*

Pour faire leurs sirops, les enfants mettent le sucre dans l'eau petit à petit (demi sucre par demi sucre) et remuent avec la cuillère. A l'aide d'un feutre, on peut faire un trait sur le verre pour marquer la hauteur de l'eau. Quand on ajoute du sucre, on se rend compte que le volume du liquide ne change pas. C'est un phénomène compliqué, qui ne se limite pas au fait que de l'air subsiste entre les grains.

Les enfants pourront, par ailleurs, mettre du sable dans de l'eau et constater que le volume augmente. On évitera d'aller trop loin dans les explications, mais on pourra considérer que dans le cas du sucre, les molécules du solide se mélangent à celles de l'eau, alors que dans le cas du sable, les molécules ne peuvent pas se mélanger et le volume final est donc égal à celui de l'eau plus celui du sable (voir la fiche sur le chocolat chaud).

Quand on met trop de sucre dans l'eau, on constate qu'il ne se dissout plus et que le volume cesse d'être stable. On arrive à la limite de solubilité du sucre dans l'eau, c'est-à-dire qu'il y a trop de sucre par rapport à l'eau disponible ; le sucre en excès se dépose au fond du verre.

7. *Un binôme sur trois met son fruit dans de l'eau, un sur trois met son fruit dans un sirop très peu sucré et les autres enfants mettent leurs fruits dans un sirop saturé).*

On essaye maintenant de déterminer quelle quantité de sucre il faut mettre dans 100 millilitres d'eau pour faire un sirop adapté à la conservation des fruits. Comme on n'a aucune idée a priori, on fait un teste qui consiste à balayer l'ensemble des possibilités. On exagère la réalité en faisant un sirop pas sucré du tout, un sirop très peu sucré (moins d'un sucre pour 100 millilitres d'eau) et un sirop très sucré (plus de cinq sucres pour 100 millilitres d'eau).

Avant de mettre les fruits dans l'eau, les binômes les pèsent de manière à pouvoir suivre leur masse au cours de la manipulation. On peut prendre des petits fruits types prunes ou cerise ou bien des cubes découpées dans des pommes de terre.

On met ensuite le fruit dans le verre de sirop pour tester si le sirop est adapté.

8. *Les enfants font une première observation sur la position du fruit par rapport au niveau du liquide. Puis ils abandonnent les verres pendant deux jours.*

Les enfants attendent que le fruit s'immobilise, et ils constatent que sa position dépend de la force du sirop où on l'a mis :

- dans un sirop très peu sucré ou dans l'eau, le fruit coule au fond du verre ;
- dans un sirop très sucré, le fruit flotte.

Il faut considérer les fruits comme de l'eau mélangée à des solutés et entourés par une enveloppe (la peau du fruit).

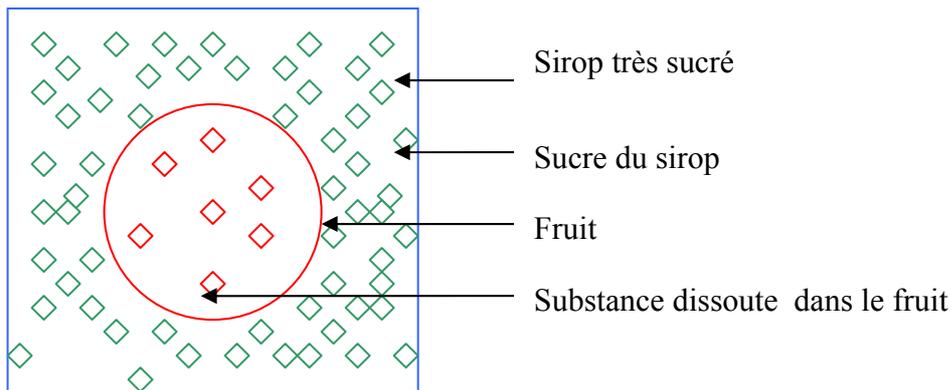


Figure 1. Schéma d'un fruit placé dans un sirop très sucré : le fruit est moins dense que le sirop, donc il flotte.

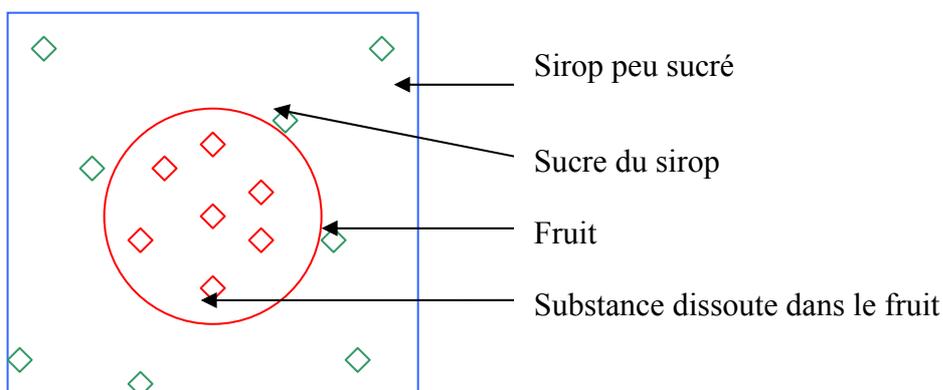


Figure 2. Schéma d'un fruit placé dans un sirop faiblement sucré : en raison du sucre qu'il contient, le fruit est plus dense que le sirop, donc il coule au fond du verre.

9. *Après deux jours, on constate que les fruits qui flottent se sont ratatinés alors que les fruits qui coulent se sont gonflés ou même ont éclaté.*

La classe refait une observation après un ou deux jours de repos. Les enfants peuvent peser à nouveau les fruits. Ils constatent que les fruits placés dans un sirop très sucré (ceux qui flottaient) se sont ratatinés et ont perdu du poids, tandis que les fruits placés dans de l'eau ou du sirop peu sucré (ceux qui coulaient) ont gonflé, pris du poids et parfois ont fait éclater la peau.

En effet, la peau des fruits n'est pas imperméable : elle laisse passer l'eau. Or quand d'un côté et de l'autre d'une membrane dite semi perméable, la concentration n'est pas la même, l'eau se déplace de sorte que le bilan soit un transfert d'eau du compartiment le moins concentré au compartiment le plus concentré, ce qui correspond à une tendance vers l'égalisation des concentrations.

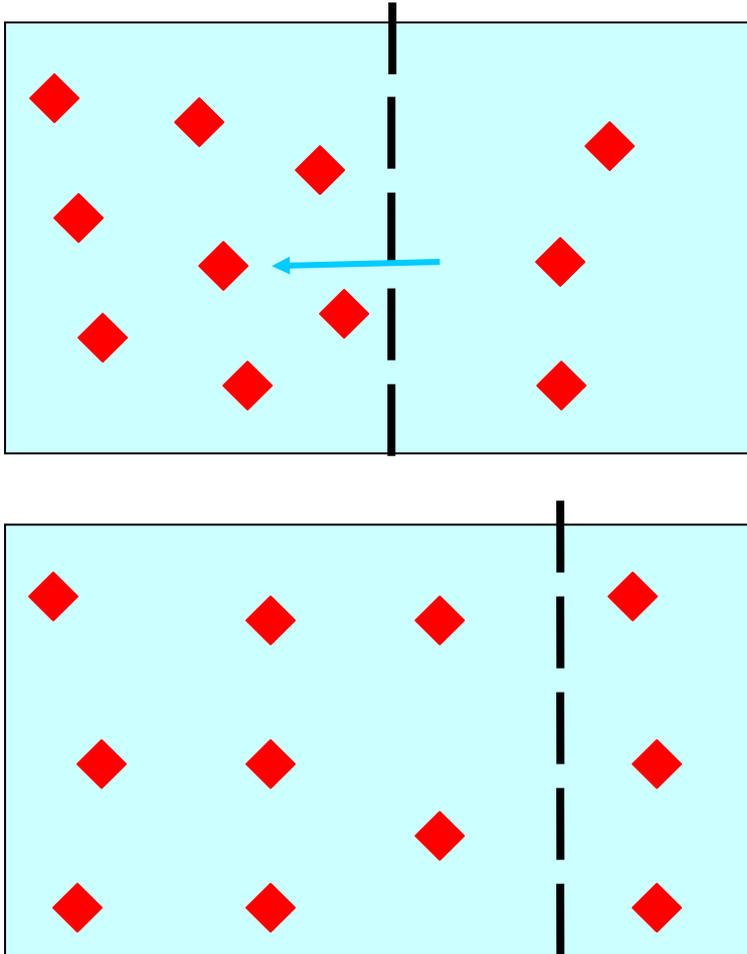


Figure 3. Schéma d'établissement de l'équilibre osmotique de part et d'autre d'une membrane perméable.

On arrive ainsi à rétablir un équilibre dans la concentration de part et d'autre de la membrane. On pourrait rétablir l'équilibre en faisant passer les sucres du côté le plus concentré vers le côté le moins concentré mais les sucres sont plus gros que l'eau et ne passent pas à travers la membrane.

Dans le cas des fruits, le même phénomène se produit :

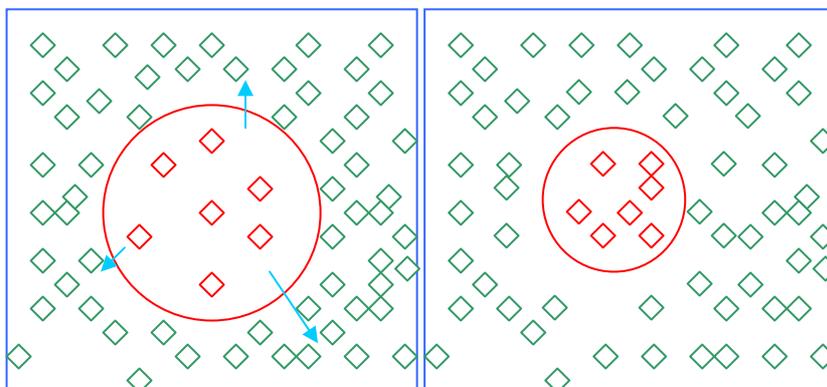


Figure 4. Schéma d'établissement de l'équilibre osmotique dans le cas d'un fruit plongé dans une solution trop sucrée.

Dans un sirop trop sucré, l'eau du fruit est attirée vers l'extérieur pour rétablir l'équilibre. Quand l'eau quitte le fruit, ce dernier se ratatine et perd du poids.

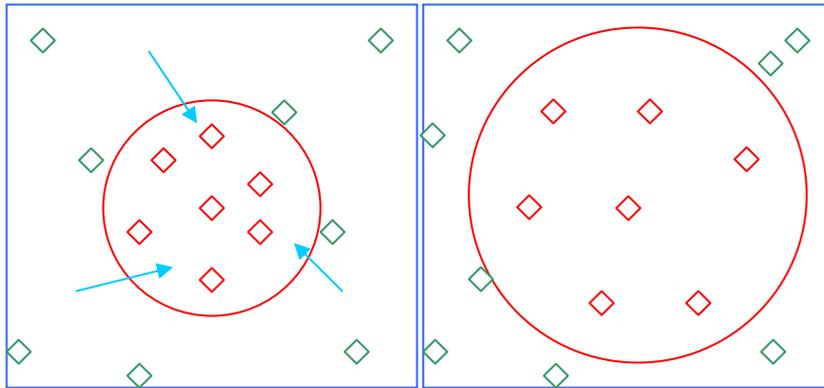


Figure 5. Schéma d'établissement de l'équilibre osmotique dans le cas d'un fruit placé dans un sirop faiblement sucré.

Dans un sirop faiblement sucré, l'eau du sirop est attirée vers l'intérieur du fruit pour rétablir l'équilibre. Quand l'eau entre dans le fruit, celui-ci gonfle. S'il gonfle trop, sa peau éclate. Le fruit n'est pas beau et a moins de goût puisque celui-ci est dilué dans de l'eau.

La classe réalise qu'aucun des fruits préparés n'est agréable à regarder ou à manger. Il faut donc trouver une concentration plus adaptée pour le sirop.

10. On prend une pomme de terre où l'on découpe trois petits puits de 5 millimètres de profondeur. Dans l'un on place du sel, dans un autre on verse de l'eau et dans le troisième on ne place rien.

Cette activité pédagogique permet de mieux comprendre le phénomène d'osmose qui s'est produit lorsque l'on a mis les fruits dans du sirop.

Dans le puits contenant du sel, on est en présence d'un compartiment beaucoup plus concentré en substance dissoutes que la pomme de terre. L'eau de la pomme de terre va donc être attirée par le puits que l'on trouvera plein d'eau salée après quelques minutes.

A l'inverse, dans le puits contenant de l'eau, la concentration en substances dissoutes est plus faible que dans la pomme de terre. L'eau va donc être attirée par la pomme de terre et le puits va se vider en quelques minutes.

Le troisième puits est là en tant que témoin puisqu'il ne contient ni eau ni substance dissoute.

11. La classe discute pour inventer une méthode qui donne un sirop à la concentration adaptée.

On cherche donc à préparer un sirop qui soit ni trop concentré ni trop dilué. En fait, il faudrait qu'il soit aussi concentré que le fruit.

Cette concentration dépend du fruit utilisé : une prune est moins concentré en substances dissoutes qu'une cerise. La concentration cherchée dépend aussi de la maturation du fruit : plus un fruit est mur, plus il est sucré. Ainsi, même si tous les binômes travaillent avec le même type de fruit, ils ne trouveront pas forcément le même sirop.

Les enfants devront discuter de quel indice leur montrera que le sirop est à la concentration adaptée. D'après ce qu'on a vu, dans un sirop pas adapté, le fruit coule ou flotte puis gonfle ou se ratatine. Le premier test de flottaison du fruit est plus immédiat et sera donc préféré.

On recherche donc un sirop dans lequel le fruit ne flotte pas et ne coule pas. En fait, le fruit est en équilibre au milieu du verre de sirop.

12. Par groupes de deux, les enfants préparent des sirops contenant 100 millilitres d'eau et 1 sucres, 2 sucres... 5 sucres. Ils mettent un fruit dans chaque bol et observent. Ils en déduisent la concentration la plus adaptée.

Cette méthode a l'avantage d'être assez intuitive. On obtient des verres de sirop dans lesquels les fruits flottent et d'autres dans lesquels les fruits coulent. On choisira, comme quantité de sucre adaptée, un nombre de sucre compris entre le dernier verre où le fruit coule et le premier verre où le fruit flotte.

Les enfants pourront cependant remarquer que cette méthode a l'inconvénient de ne pas être très précise et de gaspiller beaucoup de sucre puisqu'il faut préparer plusieurs verres dont la concentration n'est pas adaptée.

On pourra donc abandonner cette méthode avant même de réaliser l'expérience. Juste en en discutant les conséquences avec la classe.

13. On fait un sirop trop sucré, on y place un fruit et on ajoute doucement de l'eau. On mesure la quantité d'eau ajoutée.

Cette méthode permet de trouver précisément la concentration adaptée.

Pour aller plus loin :

On peut reprendre les manipulations afin de comparer la densité des fruits entiers et celle des noyaux, ou des fruits dénoyautés.

Étude de la fraîcheur des œufs, à l'aide de solutions salées.

Références :

- Documents du CRDP sur les additifs alimentaires
- Pour la Science N° 277 - novembre 2000