

Quelle est la couleur d'une soupe de chou rouge ?

Objectif pédagogique :

Observer les changements de couleur du chou rouge.

Associer ces changements de couleur à la notion de bases et d'acides.

Quantifier la notion d'acidité par l'introduction du papier pH.

Découvrir la notion d'indicateur coloré.

Notion principale abordée :

Indicateur coloré

Autres notions :

Acides

Bases

Durée :

1 heure

Autonomie :

Certaines étapes nécessitent l'utilisation d'une plaque chauffante et de produits dangereux et seront donc faites par l'enseignant pour le premier degré. Le reste des expérimentations peut être fait par les élèves.

Fiche expérimentale :

Matériel pour une classe de 30 enfants :

- 50 gobelets en plastique transparents
- 1 chou rouge
- 1 grosse casserole
- 1 plaque chauffante
- 1 citron
- Du bicarbonate de sodium
- Aliments divers
- De la soude
- De l'acide chlorhydrique
- Du papier pH

Protocole :

Après avoir extrait des pigments du chou rouge, on constate qu'ils changent de couleur selon l'acidité du milieu où ils sont dissous. Le chou rouge est donc un indicateur coloré qui donne une bonne appréciation de l'acidité du milieu. On découvrira le papier pH, qui est un autre indicateur d'acidité... fondé sur le même principe.

1. Par binôme, les enfants mixent la feuille de chou rouge qui leur est confiée. Ils l'écrasent soigneusement à l'aide d'un gros caillou et la mélangent avec 10 centilitres d'eau.
2. Les enfants comparent la couleur des jus obtenus.
3. Les enfants répartissent le jus de chou rouge dans des gobelets en plastique
4. Les enfants mettent du jus de citron dans un des verres et constatent le changement de couleur.
5. Les enfants mettent du vinaigre dans un des verres et constatent le changement de couleur. Ils refont l'expérience avec du vinaigre auquel on ajoute du sucre.
6. On goûte du vinaigre et du vinaigre sucré. On discute de ce qu'est l'acidité.
7. Les enfants mettent du bicarbonate de sodium dans un des verres et constatent le changement de couleur. Ils ajoutent du vinaigre dans le même verre et constatent le retour à la couleur initiale.
8. Les enfants cherchent des aliments à tester et observent la gamme de couleur.
9. On trempe des petites bandelettes de papier pH dans du jus de citron, de l'eau mélangée à du bicarbonate, du vinaigre, du vinaigre sucré... et autres produits que l'on aurait testé avec le chou rouge.

Conseils pédagogiques :

1. *Par binôme, les enfants broient la feuille de chou rouge qui leur est confiée. Ils l'écrasent soigneusement à l'aide d'un gros caillou et ajoutent 10 centilitres d'eau à la pâte obtenue.*

En cuisine, le broyage se fait traditionnellement avec un pilon et un mortier. Naturellement, on pourrait demander aux enfants d'apporter ces ustensiles, mais on ne sera pas certain que tous les enfants (même par binômes) pourront en disposer. On montrera qu'un gros galet et un bol résistant permettent d'obtenir un résultat analogue. On pourra d'ailleurs discuter de l'avantage d'un mortier et d'un pilon : le manche du pilon permet de mieux exercer la force sur la matière broyée, et les bords assez hauts du mortier retiennent mieux les matières. La forme du fond, également, est importante : il faut que la courbure (on pourra discuter ce terme) soit la même, sans quoi la matière vient se coincer dans les coins, ou bien n'y est pas bien calée, et glisse sous l'outil que l'on utilise pour broyer.

Les tissus végétaux tels que les feuilles de chou rouge sont des assemblages de cellules (on pourra les voir au microscope optique, si l'on dispose d'un tel instrument) « cimentées » par les parois cellulaires. L'observation au microscope montre que l'opération de broyage dégrade les cellules sans nécessairement les séparer par les parois.

Plus le broyage est soigneux, plus est grande la proportion de cellules dont le contenu est libéré. On obtient une dispersion de particules solides dans une solution aqueuse, où sont dissoutes les molécules colorées du chou rouge.

Par filtration, les enfants peuvent ensuite récupérer la solution colorée débarrassée des particules de chou rouge. Les pigments du chou rouge sont solubles dans l'eau (voir fiche sur les carotte, tomates) et la solution d'eau colorée est donc assez stable.

2. *Les enfants comparent la couleur des « jus » obtenus.*

Les enfants ayant une « solution » colorée, l'enseignant peut proposer une discussion sur le nom de l'objet récupéré.

Selon le *Trésor de la langue française*, un « jus » est le « suc » d'un fruit ou d'un végétal obtenu par pression, cuisson, décoction, macération ; un « suc », d'autre part, est « un liquide organique qui imprègne certains tissus ou végétaux ou animaux » (du bas latin *succus*, sève).

« Solution », d'autre part, vient du latin *solutio*, qui signifie délier (un problème est comme un nœud, et trouver sa solution s'assimile à délier le nœud) ou dissoudre.

Ce point de vocabulaire examiné, l'enseignant propose aux enfants de comparer les couleurs des diverses solutions obtenues par le groupe. Les enfants constatent que la couleur varie du bleu clair au violet foncé.

De son côté, l'enseignant procède à l'extraction des pigments en faisant cuire des morceaux de feuille de chou rouge dans de l'eau ; il filtre le contenu de la casserole, et obtient une couleur proche des solutions les plus foncées des enfants.

Une discussion de classe conduit à conclure d'abord que l'eau ajoutée aux feuilles s'est chargée de « quelque chose » (ici, on pourrait introduire le mot de « molécule », comme une convention commode) qui donne sa couleur aux solutions.

Une expérience qui consiste à diluer un des jus les plus foncés conduira expérimentalement à conclure que l'intensité de couleur (la « saturation ») dépend de la concentration en molécules colorantes.

On pourra aussi introduire le terme « pigment » : « toute substance colorée, quelle qu'en soit l'origine, la structure et la nature » (évidemment, on pourrait aussi s'arrêter sur le terme de « substance » : « ce dont un corps est fait »).

Pour tester l'hypothèse selon laquelle la concentration (une discussion terminologique est également possible, ici), on prend une solution très claire et on y ajoute du jus de chou rouge broyé : on constate que l'on retrouve une couleur proche d'un des jus de chou rouge extrait initialement.

Évidemment, il est préférable que les deux dernières manipulations soient effectuées par des enfants particuliers, et commentées par l'ensemble du groupe.

Quelle couleur choisit-on comme référence pour l'extrait de chou rouge ? Afin de continuer les expériences sur une base commune, on décide de mélanger tous les extraits de chou rouge pour obtenir une couleur homogène.

3. Les enfants répartissent le jus de chou rouge dans des gobelets en plastique.

Une fois le jus collectif produit, on le répartit dans des gobelets ou dans des verres (résistants !). Si l'on utilise des gobelets en matière plastique, il est recommandé que ceux-ci soient transparents, afin que les observations de couleur soient facilitées.

On prépare deux gobelets par personne, en veillant à avoir à peu près le même niveau de liquide » dans chaque verre pour ne pas avoir à faire de calculs de concentration par la suite. On pourra ensuite s'amuser avec les verres. On diluera un verre de jus de chou rouge dans le même volume d'eau. On répartira ce jus dans deux verres et on mettra ces deux verres l'un devant l'autre face à une source de lumière. On pourra ainsi comparer la couleur de deux épaisseurs de jus de chou rouge dilué à celle d'une épaisseur de jus de chou rouge non dilué.

On pourra ensuite passer plusieurs gobelets de jus de chou rouge face à une source de lumière et constater qu'au bout d'un certain nombre de verres, on ne voit plus la lumière. On pourra alors évoquer la faible luminosité des profondeurs marines : une couche très épaisse de liquide presque transparent ne laisse plus passer la lumière. On pourra faire la même expérience en superposant des plaques de verre face à une source de lumière. Au-delà d'une certaine épaisseur, on ne voit plus la lumière.

4. Les enfants mettent du jus de citron dans un des verres et constatent le changement de couleur.

Les enfants mettent une cuillère à café de jus de citron, de manière que chaque binôme en ait une quantité comparable. Ils la versent dans le jus de chou rouge sans mélanger. Ils observent un courant rose vif qui diffuse dans le jus bleu.

Si l'on compare avec de l'eau en même quantité versée dans du jus de chou rouge, on n'observe qu'un éclaircissement de celui-ci. On dit que l'eau est témoin. Un liquide neutre comme l'eau ne fera qu'affaiblir la couleur par dilution, tandis qu'un liquide comme le jus de citron provoque un changement de couleur.

On décide d'explorer les raisons du changement de couleur. On se demande quelle caractéristique du jus de citron a pu provoquer le passage du bleu au rose. On goûte le jus de citron, et on constate qu'il est acide.

5. *Les enfants mettent du vinaigre dans un des verres et constatent le changement de couleur. Ils refont l'expérience avec du vinaigre auquel on ajoute du sucre.*

On décide de tester d'autres produits acides. Le vinaigre, par exemple, a également une saveur acide. Quand on en verse une cuillère à café dans un verre de jus de chou rouge, ce dernier devient rose vif. On conclut que l'acidité peut être une cause du changement de couleur.

On mélange du vinaigre avec beaucoup de sucre. Quand on teste une cuillère à café de vinaigre sucré, il réagit de la même manière que le vinaigre non sucré : le chou rouge passe du bleu au rose vif. En effet, le sucre n'a pas d'effet sur l'acidité du vinaigre.

6. *On goûte du vinaigre et du vinaigre sucré. On discute de ce qu'est l'acidité.*

Quand on le goûte, le vinaigre sucré paraît beaucoup moins acide que le vinaigre non sucré. On distingue donc l'acidité réelle, qui peut être mesurée à l'aide d'un indicateur coloré comme le jus de chou rouge, de l'acidité ressentie.

On fera remarquer aux enfants que les sodas sont parfois plus acides que le jus de citron et paraissent pourtant plus doux grâce à leur richesse en sucres.

7. *Les enfants mettent du bicarbonate de sodium dans un des verres et constatent le changement de couleur. Ils ajoutent du vinaigre dans le même verre et constatent le retour à la couleur initiale.*

Le bicarbonate a une saveur qui n'a rien d'acide. On pourra introduire le terme de « base ». Versé dans le jus de chou rouge, il fait prendre à celui-ci une couleur verte.

Le jus de chou rouge est donc un « indicateur coloré » qui passe au rose quand on y met un produit acide et au vert quand on y met un produit basique.

Ajoutons maintenant un peu de vinaigre (acide) à une solution de jus de chou rouge contenant du bicarbonate (basique). On constate que le jus de chou rouge passe du vert au bleu. Si on continue à ajouter du vinaigre, le jus devient rose.

Le bicarbonate de soude est donc un produit anti-acide dont on peut annuler l'effet en le mélangeant avec un acide.

On pourra faire l'expérience inverse qui consiste à ajouter du bicarbonate à une solution de jus de chou rouge contenant du bicarbonate.

8. *Les enfants cherchent des aliments à tester et observent la gamme de couleur.*

Afin d'observer d'autres changements de couleur du jus de chou rouge, on pourra tester de nombreuses substances.

La lessive de cendres de bois (on place des cendres dans un filtre à café, au dessus d'un bol, on verse de l'eau dans le filtre et on la récupère pour la mélanger à du jus de chou rouge), est très basique. Cette acidité est due à la potasse, ou hydroxyde de potassium.

La plupart des fruits sont acides, de nombreux produits alimentaires sont neutres (ni acides ni basiques).

On obtient ainsi toute une gamme de couleur. On peut classer les produits testés du plus acides (jus de chou rouge vire au rouge) au plus basiques (le jus de chou rouge vire au vert).



Figure 1. Extraits de chou rouge à différents pH.

9. On trempe de petites bandelettes de papier pH dans du jus de citron, de l'eau mélangée à du bicarbonate, du vinaigre, du vinaigre sucré... et autres produits que l'on aurait testé avec le chou rouge.

Les chimistes ont mis au point des moyens de mesure de l'acidité d'un liquide. L'échelle de mesure de l'acidité est l'échelle du pH, comprise entre 0 et 14. Les solutions acides ont un pH compris entre 0 et 7. Les solutions basiques ont un pH compris entre 7 et 14.

Plus le pH d'une solution est faible, plus cette solution est acide. Plus le pH d'une solution est élevé, plus la solution est basique.

Quand on trempe une bandelette de papier pH dans une solution, une couleur apparaît sur le papier. En comparant la couleur obtenue aux couleurs figurant sur l'échelle fournie avec le papier pH, on obtient la valeur du pH de la solution où l'on a trempé la bandelette. En effet, le papier pH est enduit d'indicateurs colorés comme le jus de chou rouge. Leur couleur varie en fonction de l'acidité du milieu.

Après avoir mesuré le pH de chaque produit ayant servi à préparer la gamme de couleur avec le jus de chou rouge, on pourra mesurer le pH d'un produit sans utiliser le papier pH. L'enseignant propose de mesurer le pH d'un produit non encore testé. Les enfants en mettent une cuillerée à café dans un verre de jus de chou rouge. Ils observent le changement de couleur et placent l'échantillon dans la gamme de couleur. Etant donné qu'ils connaissent le pH de chaque produit préalablement testé, ils peuvent retrouver le pH du nouveau produit en ne se fiant qu'à la couleur du jus de chou rouge.

Prolongements :

On ne trouve pas facilement de produit très acides ou très basiques dans l'alimentation. Afin d'élargir la gamme de couleur, l'enseignant pourra tester de l'acide chlorhydrique (pH=1) et de la soude (pH=14) avec le jus de chou rouge puis le papier pH.

On peut trouver d'autres aliments qui font indicateurs colorés. C'est le cas des pommes de terre vitelottes qui, sous forme de purée, passent du rouge au vert ou des framboises.