

Pourquoi mariner les viandes ?

Objectif pédagogique :

Faire comprendre l'intérêt d'une marinade.

Différencier les notions de diffusion et de capillarité

Notion principale abordée :

Diffusion

Capillarité

Autres notions :

Les gels

Durée :

1 heure 30

Autonomie :

La plupart des expériences proposées ici ne présentent pas de danger particulier ; elles peuvent donc être faites par les enfants.

Fiche expérimentale :

Matériel pour une classe de 30 enfants :

- 15 cartouches d'encre
- 30 verres transparents
- du film plastique
- 15 feuilles de gélatine
- 5 blancs de poulet
- 15 verres étroits ou tubes à essai
- 5 pommes de terre

Protocole :

Pour étudier le fonctionnement d'une marinade, on explore d'abord le phénomène de diffusion, puis celui de capillarité.

On utilisera des modèles de plus en plus complexes (l'eau, la gélatine, la pomme de terre), pour enfin étudier le cas de la viande.

1. Les enfants enquêteront dans leur milieu familial pour savoir comment s'y fait une marinade. Qu'y met-on ? Combien de temps laisse-t-on reposer la viande ? Pourquoi fait-on mariner la viande ? L'enseignant organise ensuite une discussion avec la classe pour que les élèves puissent exprimer leurs idées.
2. Par binômes, les enfants déposent délicatement une goutte d'encre à la surface d'un verre d'eau. Ils observent les phénomènes. Ils mettent le verre dans un coin tranquille pour l'observer à nouveau 30 minutes plus tard.

3. Dans un autre verre d'eau, ils déposent une goutte d'encre mélangée à du sucre. Ils comparent le résultat à celui de la première expérience.
4. Les enfants dissolvent une demi-feuille de gélatine alimentaire (préalablement trempée dans de l'eau froide) dans de l'eau chaude. Ils coulent cette solution au fond d'un verre. Quand le gel est pris, ils démourent et versent dessus de l'encre. Ils observent l'évolution du gel.
5. Dans un verre étroit ou dans un tube à essai, les enfants versent doucement de l'eau. Ils constatent que la surface est courbée vers le bas : l'eau remonte sur les parois du tube.
6. Pour mieux étudier ce phénomène, les enfants placent deux verres aux parois verticales dans un plat, et accolent leurs flancs. Ils constatent que le liquide monte entre les deux verres.
7. Chaque binôme fait une mince fente dans un morceau de pomme de terre qui lui est confié. Il plonge le bas du morceau de pomme de terre dans une coupelle d'encre et observe la migration de l'encre.
8. L'enseignant distribue un petit morceau de blanc de poulet cru à chaque binôme. Les enfants trempent le bas du poulet dans une « marinade » faite d'eau colorée. Ils observent la migration de la couleur.
9. Les enfants font la même expérience avec un blanc de poulet cuit.
10. La classe discute de l'intérêt d'une marinade

Commentaires pédagogiques :

1. *Les enfants enquêteront dans leur milieu familial pour savoir comment s'y fait une marinade. Qu'y met-on ? Combien de temps laisse-t-on reposer la viande ? Pourquoi fait-on mariner la viande ? L'enseignant organise ensuite une discussion avec la classe pour que les élèves puissent exprimer leurs idées.*

Selon le *Larousse Gastronomique*, la marinade est un « liquide bien condimenté, dans lequel on laisse baigner plus ou moins longtemps soit des viandes, des abats, du gibier ou du poisson, soit des légumes ou des fruits. La marinade permet d'abord d'aromatiser les éléments, ensuite d'attendrir sensiblement les fibres de certaines viandes et, enfin, de conserver plus longtemps les produits (poissons et légumes surtout). La durée de la marinade dépend de la nature et du volume de la pièce à traiter, ainsi que des conditions extérieures. » Cette définition est contestable, parce que les condiments ne sont pas les aromates : si l'on condimente, on n'aromatise pas.

D'autre part, les études scientifiques de la marinade ont montré que la marine n'attendrit pas « les fibres de certaines viandes ».

Les enfants rapporteront sans doute de leur environnement des idées conformes à ces idées fausses. Ils distingueront sans doute des marinades courtes et des marinades longues, dans des liquides crus ou cuits. Souvent, les marinades contiendront du vin.

On pourra commenter les mots de la définition, mais, surtout, discuter le mot « marinade », qui vient du mot *marina*, saumure, qui vient lui-même de *sal*, sel, et *muria*, eau salée. Étymologiquement, une saumure est un liquide salé pour la conservation des viandes.

Pour explorer les mécanismes de la marinade, on conclura que l'on doit étudier le sel et l'eau. Cependant le sel placé dans l'eau (un cristal de gros sel) s'y dissout. On voit dans le verre d'eau s'élever des volutes peu visibles. Pour les visualiser, on décide d'utiliser un colorant, à la place dusel.

2. *Par binômes, les enfants déposent délicatement une goutte d'encre à la surface d'un verre d'eau. Ils observent les phénomènes. Ils mettent le verre dans un coin tranquille pour l'observer à nouveau 30 minutes plus tard.*

Quand on dépose délicatement une goutte d'encre à la surface d'un verre d'eau, cette goutte descend lentement, formant parfois (selon la taille de la goutte) l'analogue d'un « rond de fumée », mais dans l'eau : un tore coloré.

L'opération demande de la délicatesse. On aura donc intérêt à éviter que tous les enfants procèdent en même temps ; il sera judicieux de faire faire l'expérience à un premier enfant, à organiser une discussion, puis à faire refaire l'expérience, par un deuxième enfant, et ainsi de suite.

Si l'on fait tourner délicatement le verre, On constate que l'eau et l'encre restent à la même place et que seul le verre tourne. On parle de l'inertie de l'eau.

Environ 30 minutes après le dépôt, l'encre, qui était initialement localisée, a complètement diffusée dans l'eau qui est maintenant très légèrement colorée. Pour mieux constater la coloration de l'eau, on place une feuille de papier blanc derrière le verre.

On dit que l'encre « diffuse » dans l'eau. Ce phénomène révèle l'existence d'un mouvement insoupçonné, même quand de l'eau semble parfaitement immobile, au repos.

Les enfants ne le savent pas, mais l'eau est faite de molécules, comme des boules de billard, qui se heurtent en permanence, lors de leurs mouvements en tous sens.

Si l'on dépose une goutte d'encre dans l'eau, les molécules de l'encre sont bousculées par toutes ces molécules d'eau qui bougent, et voilà pourquoi ces molécules d'encre qui donnent de la couleur finissent par se répartir dans tout le verre.

Si on avait mis des particules plus grosses que les particules d'encre, on aurait observé l'étrange phénomène qui fut initialement découvert par le botaniste écossais Robert Brown, au début du XIX^e siècle: alors qu'il regardait au microscope une inclusion liquide dans une roche, il vit des grains de pollen animés d'un étrange mouvement erratique, surnommé depuis « la marche au hasard ».

A cette époque, on ignorait l'existence des molécules, et Brown avait été étonné de ce mouvement du pollen, qui semblait encore vivant, alors qu'il avait été enfermé dans la roche plusieurs millions d'années auparavant. Il eut toutefois le génie de comprendre que l'agitation des particules emprisonnées dans le quartz était d'origine physique, et non biologique ! Le temps passa. Les chimistes apprirent progressivement que la matière est composée de molécules, elles-mêmes formées d'atomes. Quand on met une toute petite particule dans une goutte d'eau, vivante ou non, cette particule est sans cesse heurtée par des molécules d'eau, de tous les côtés; et, à chaque instant, il y a des nombres différents de molécules qui poussent dans les différentes directions, de sorte que la particule a un mouvement erratique. Voilà l'explication du mouvement brownien.

Belle description moderne, mais au début du XX^e siècle, personne n'avait encore vu ces fameuses molécules, et les chimistes n'avaient pas convaincu leurs collègues physiciens de leur existence. Comment affirmer la théorie? En 1905, Albert Einstein confirma théoriquement l'hypothèse de Brown, en analysant ce mouvement erratique pour des particules de masse connue. Il en déduisit les caractéristiques des molécules d'eau, trop petites pour qu'on les voie à l'époque, faisant ses calculs à plusieurs températures. La vitesse moyenne des molécules dépend de la température : quand l'eau est froide, les molécules sont lentes ; quand elle est chaude, les molécules sont rapides.

L'hypothèse des molécules fut ainsi corroborée et, en l'honneur de l'intelligent botaniste qui se passionnait pour le pollen, le mouvement des particules légères poussées par des molécules fut nommé « mouvement brownien ».

3. *Dans un autre verre d'eau, ils déposent une goutte d'encre mélangée à du sucre. Ils comparent le résultat à celui de la première expérience.*

L'encre sucrée tombe plus rapidement au fond du verre. En effet, le sucre augmente la densité de l'encre.

Après quelques dizaines de minutes, l'encre sucrée se répartit partout dans l'eau qui se teinte légèrement.

4. *Les enfants dissolvent une demi-feuille de gélatine alimentaire (préalablement trempée dans de l'eau froide) dans de l'eau chaude. Ils coulent cette solution au fond d'un verre. Quand le gel est pris, ils démoulent et versent dessus de l'encre. Ils observent l'évolution du gel.*

La prise d'un gel se fait par l'élaboration d'un réseau de protéines qui piège de l'eau. Les protéines issues de la gélatine, obtenue à partir du collagène des os des animaux, s'agrègent de manière à former une sorte de filet où l'eau peut être retenue. La structure d'un tel gel dépend donc de la proportion de protéines et d'eau. Plus la proportion de protéine sera faible, plus le réseau sera distendu et donc plus le gel sera fragile. Si il n'y a pas assez de protéines, le réseau sera trop distendu et le gel ne prendra pas. On s'assurera d'avoir un gel avec au moins 1 % (en masse) de gélatine.

On pourra faire faire aux enfants des gels très peu fermes (10 grammes de gélatine par litre d'eau) et des gels plus compacts (100 grammes de gélatine par litre d'eau). On comparera ainsi les effets de diffusion sur la gélatine.

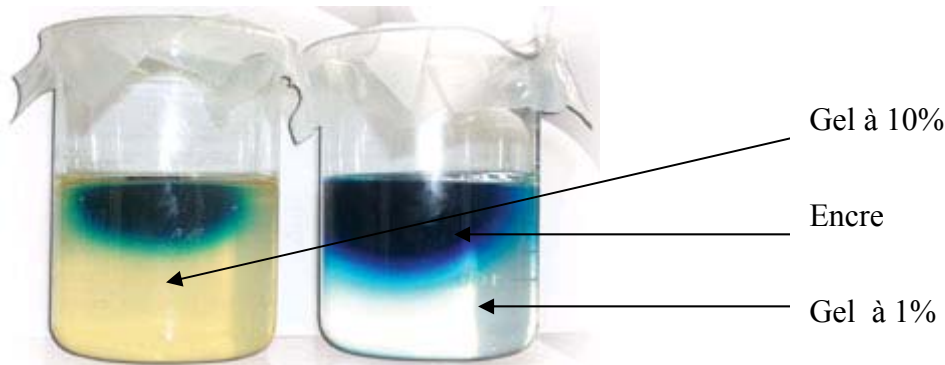


Figure 1. Diffusion d'encre dans des gels de gélatine.

Quand on place une goutte d'encre au sommet du gel, les particules d'encre diffusent dans l'eau du gel. La diffusion de l'encre dans le gel est lente. On observe un front coloré hémisphérique qui progresse d'environ un centimètre par jour. La vitesse de migration de l'encre est d'autant plus lente que le gel est plus concentré. Elle dépend aussi de la température.

Des molécules odorantes ou sapides diffuseraient à une vitesse peu différente de celle du colorant.

Conclusion : pour des viandes ou des poissons, par exemple, le phénomène de diffusion ne peut faire pénétrer la marinade plus vite qu'un centimètre par jour. Autrement dit, pour un rôti qui ferait dix centimètres de diamètre, soit cinq centimètres de rayon, il faudrait au moins attendre cinq jours pour atteindre le cœur.

5. *Dans un verre étroit ou dans un tube à essai, les enfants versent doucement de l'eau. Ils constatent que la surface est courbée vers le bas : l'eau remonte sur les parois du tube.*

Le phénomène nommé « capillarité » s'observe bien quand on dispose de tubes gros comme des cheveux; d'où son nom (de *capillus*, cheveu en latin). Par exemple, quand on met un gros tube dans de l'eau, verticalement, du liquide vient à l'intérieur, et il forme un ménisque (du latin *meniscus*, qui signifie « petite lentille ») : la surface du liquide s'incurve, et l'eau monte sur les parois du tube. Pour des tubes de très petit diamètre, des tubes « capillaires », donc, le

niveau de l'eau dans le tube est plus haut que dans la bassine où le tube a été plongé. Plus le tube a un diamètre petit, plus le niveau est élevé.

On pourra profiter de ce passage pour expliquer aux enfants comment l'eau peut monter à l'intérieur des plantes. Dans ce cas, le fait que le haut de la plante soit sec s'ajoute au phénomène de capillarité pour attirer l'eau dans les vaisseaux de la plante depuis les racines jusqu'aux feuilles.

6. *Pour mieux étudier ce phénomène, les enfants placent deux verres aux parois verticales dans un plat, et accolent leurs flancs. Ils constatent que le liquide monte entre les deux verres.*

Quand on accole deux verres que l'on place à la surface d'une flaque d'eau, on peut observer l'eau monter, de part et d'autre de la ligne de contact des deux verres. En effet, près de la ligne de contact, la distance entre les parois est très faible, comme dans un tube capillaire.

De même, dans une fissure, l'eau peut s'introduire par capillarité.

A noter que l'expérience est plus facile à réaliser avec deux plaques de verre (par exemple, des lames de microscope) que l'ont met en contact par un bord, les deux plaques faisant un angle petit. Placé dans de l'eau, ce système fait apparaître un profil de capillarité.

7. *Chaque binôme fait une mince fente dans un morceau de pomme de terre qui lui est confié. Il plonge le bas du morceau de pomme de terre dans une coupelle d'encre et observe la migration de l'encre.*

L'encre pénètre très doucement dans l'ensemble de la pomme de terre, par diffusion. Cependant, elle pénètre quasi immédiatement dans la fente et autour de celle-ci. En effet, la fente, très mince, permet une montée de l'encre par capillarité.

8. *L'enseignant distribue un petit morceau de blanc de poulet cru à chaque binôme. Les enfants trempent le bas du poulet dans une « marinade » faite d'eau colorée. Ils observent la migration de la couleur.*

Au premier ordre, les tissus musculaires des animaux (comme le blanc de poulet) peuvent être considérés comme des gels : de l'eau est emprisonnée dans les fibres musculaires.

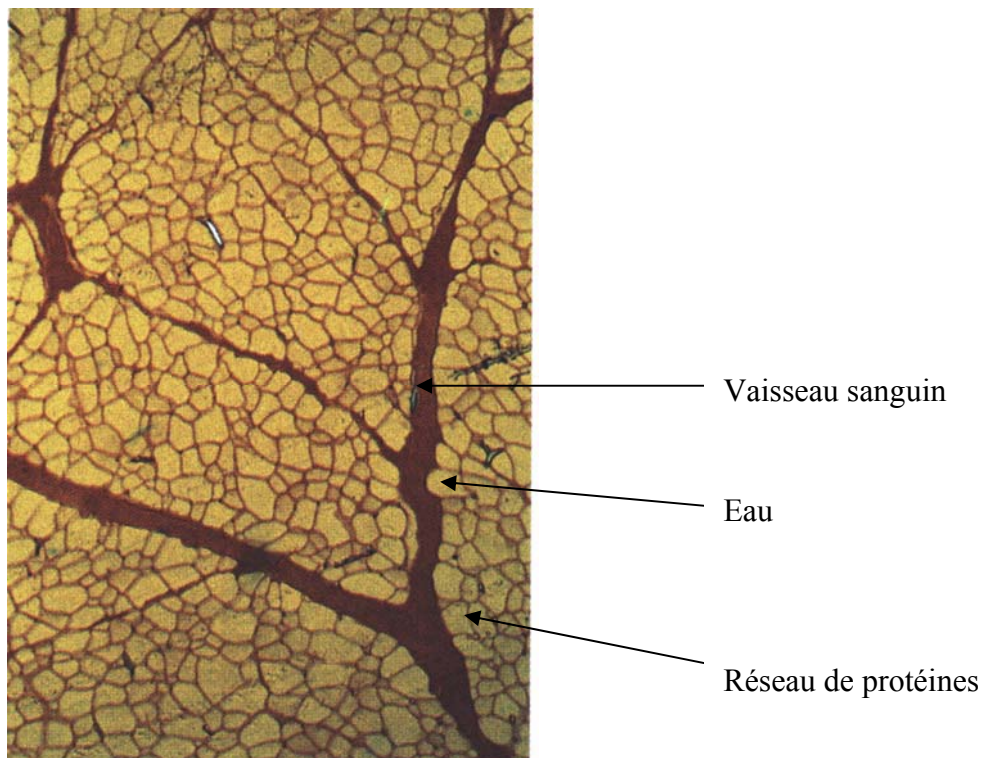


Figure 2. Coupe transversale d'un muscle de bœuf. On s'attend donc à ce que la diffusion dans un morceau de viande soit la même que dans un gel de gélatine.

Pour des raisons de conservation de la viande, on ne peut appliquer ce protocole pour des marinades trop longues. Si on tentait de laisser la viande dans de l'eau colorée pendant plusieurs jours, on constaterait que pour certaines viandes, l'eau colorée n'entre pas à plus d'un centimètre même après un temps très long. C'est compréhensible : dans la gélatine, l'eau peut diffuser facilement, mais dans la viande, les fibres musculaires sont gainées de tissu collagénique, et la diffusion est très difficile.

Voilà pourquoi, quand on place certains filets de poisson dans du vin ou dans un autre liquide coloré de type marinade, le liquide s'immisce aussitôt entre les filets. On comprend, à cette description, que la capillarité n'a pas toujours lieu. Elle peut se produire dans les poissons, dont les filets sont peu associés; elle peut se produire dans le filet de bœuf, par exemple, dont les faisceaux de fibres musculaires sont peu solidarisés par le tissu collagénique, mais elle ne se produit pas dans la tendre de tranche, ou dans le jumeau.

On comprend aussi pourquoi il faut mariner très longuement certaines viandes, dans l'espoir que, si la capillarité ne joue pas, c'est la diffusion qui fera l'affaire.

9. Les enfants font la même expérience avec un blanc de poulet cuit.

Le blanc de poulet cuit présente beaucoup plus de fentes et d'aspérités que le poulet cru. Ainsi, la capillarité y est beaucoup plus importante que dans le poulet cru.

Cependant, la diffusion est presque nulle, car la cuisson a figé et déshydraté en partie le gel qui constitue le poulet.

10. La classe discute de l'intérêt d'une marinade

On a constaté dans les étapes précédentes que l'encre diffusait très peu ou pas du tout dans la viande. Par ailleurs, la capillarité n'a lieu que si la viande présente de petites fentes et

aspérités. Finalement, seul l'extérieure de la viande pourra être modifié par la marinade. Il faut aussi considérer que les molécules odorantes et sapides dont on veut imprégner la viande sont souvent plus grosses que les molécules d'encres et qu'elles peuvent se comporter différemment.

On peut considérer qu'une aromatisation de la couche superficielle de la viande est déjà une réussite étant donné l'importance de cette couche quand on goûte un aliment.

Cependant, on pourra proposer des méthodes pour mieux aromatiser la viande : injection de la marinade à cœur au moyen d'une seringue...

Enfin, la marinade présente des avantages que l'on n'a pas étudié plus haut mais que l'on pourra évoquer : En mettant la viande dans un bain acide (présence de vinaigre ou de citron) ou en l'enduisant d'une couche d'huile, on la protège de l'agression des microbes. Elle pourra ainsi mûrir sans risquer d'être contaminée. La maturation de la viande est en effet essentielle pour le goût et la texture.

Prolongements :

On pourra explorer les différences entre l'eau et l'huile en ce qui concerne la capillarité.

On refera les étapes 5 à 9 en utilisant de l'huile colorée à la place de l'eau colorée.

L'encre n'est pas soluble dans l'huile. Elle n'est donc pas adaptée pour faire de l'huile colorée. Pour les manipulations nécessitant de l'huile colorée, on tentera de se procurer du colorant alimentaire soluble dans l'huile ou on fera macérer des tomates ou des poivrons. En effet, ces derniers sont riches en lycopène, pigment végétal soluble dans l'huile. On obtiendra ainsi une huile orange foncée tout à fait appropriée à la suite des manipulations.

On constatera que l'huile se comporte différemment de l'eau. D'abord parce qu'elle n'a pas les mêmes forces d'interactions avec un solide et donc n'a pas la même vitesse de montée dans un tube capillaire que l'eau.

Ensuite parce qu'elle ne réagit pas de la même manière avec les matrices que sont la pomme de terre et le poulet.