

Les sucres en cuisine et en confiserie, une recette de confiseur " le sucre tiré ".

<https://www.youtube.com/watch?v=zqW50PPILPE>

Mise en garde : ce petit travail de commentaire d'une recette énoncée par un confiseur en cours de réalisation n'est pas une critique, au contraire, le savoir faire de l'artisan repose sur une longue tradition. C'est l'occasion pour nous de montrer comment toutes ces recommandations et observations découlent de propriétés physicochimiques des matières d'œuvre, ici le sucre – ou plutôt LES SUCRES.

Pour faire du sucre tiré,

Rassembler le matériel et les produits nécessaires /...../

Placer dans une casserole, 125 g d'eau et 500 g de sucre semoule.

Préparer 100 g de glucose et de la crème de tartre.

Mettre la casserole contenant le sucre et l'eau à chauffer, nettoyer les bords de la casserole avec un pinceau, sous peine de faire masser le sucre, c'est à dire le faire tourner, pour éviter la crystallisation du sucre.../.../. faire en sorte que la cuisson soit uniforme partout.

Lors de la première ébullition, les impuretés remontent à la surface du sirop : ECUMER à l'aide d'un écumoire, c'est à dire enlever l'écume qui contient les impuretés.

On peut prendre du sucre en morceaux, c'est le plus pur du commerce /.../. Très important d'écumer.../.../

Introduire le glucose (sirop de glucose) que l'on a mis préalablement au four microonde pour le fluidifier ou le liquidifier ; le glucose, c'est du sucre inverti, il permet au sucre de ne pas cristalliser : on dit alors « graisser le sucre ». Continuer la cuisson ; préparer le thermomètre et la crème de tartre.

En mettre une demi-cuillère pour légèrement hydrolyser le sucre c'est à dire le rendre plus élastique lorsqu'on va le travailler.

Ne pas mélanger avec un ustensile car cela peut faire « masser » le sucre (cristalliser) attention à la cuisson sur les flammes du gaz, les parois de la casserole pourraient être surchauffées et le sirop brunirait ; une plaque à induction permet d'éviter ce problème.

Baisser la température laisser chauffer jusqu'à 160°C puis laisser « débuller » en posant la casserole à côté de la plaque (au moins 5 minutes). Ensuite, verser sur la surface préparée : on a réalisé du « sucre coulé ».

Laisser refroidir jusqu'à une température de l'ordre de 60°C puis tirer et travailler le sucre ; bien laisser refroidir avant de tirer, sinon il « masse ».

Les termes en bleu sont ajoutés par le rédacteur

LES MATIERES PREMIERES (ou matières d'œuvre)

Dans la recette du sucre tiré ci-dessus, il est demandé de préparer 500 g de sucre semoule et 100 g de glucose et de la crème de tartre.

1. Le « sucre semoule »

- Vérifier dans une documentation que le « sucre semoule » commercial contient presque exclusivement l'espèce chimique nommée saccharose (ou sucrose en anglais) ; quelle est sa formule chimique (formule brute) ?

- Quelle différence existe-t-il entre le sucre semoule et le sucre cristallisé ? Si possible faire une observation des deux formes à la loupe ou à la lunette binoculaire.
- Quelques propriétés physiques :
On trouve les informations suivantes concernant le saccharose (*Wikipédia*) :

Propriétés physiques du saccharose

T° fusion	185,5 °C
T° ébullition	décomposition
Solubilité	2 000 g/L (eau, 25 °C) 67,5 %m (eau, 25 °C)

Calculer : quelle est la masse d'un litre (masse volumique) d'une solution saturée en saccharose (le saccharose représente 67,5% en masse de la solution)?

Expériences :

- ❖ Préparer 100 mL de solution de saccharose, notée S_{sacc} de concentration 500 g/L.
✂: commencer avec un volume d'eau faible et ajuster en rajoutant de l'eau ; chauffage et agitation peuvent être nécessaire pour accélérer la dissolution.
- ❖ Vérifier, à l'aide du polarimètre élaboré dans la partie (A), que la solution de saccharose S_{sacc} préparée est optiquement active.
- ❖ Ajouter 3 mL de solution d'acide chlorhydrique (1 mol/L environ) à la solution S_{sacc} ; attendre quelques minutes puis mesurer à nouveau l'activité optique ; qu'observe-t-on ? Interpréter en termes de réaction chimique.

Écrire l'équation de la réaction d'hydrolyse du saccharose et justifier l'évolution de l'activité optique observée (cf les observations de la partie A de la séquence).

2. A propos du glucose

- Faire une recherche sur le « glucose » vendu dans le commerce, en pharmacie et en épicerie spécialisée (ou sites spécialisés) pour les confiseurs : sous quels noms et sous quelles formes (états) physiques (solide, liquide, en solution plus ou moins concentrée) ?
- Faire des recherches sur la molécule de glucose.
 - Mettre en évidence la forme linéaire (modèle de Fischer) et la forme cyclique (modèle de Haworth).
 - Représenter ces deux formes et montrer qu'il en existe des stéréo-isomères à l'aide, au choix,
 - de modèles moléculaires 3D
 - d'une recherche internet
 - d'un logiciel de représentation (*Chemsketch*, *Chemtool*, *Avogadro* ou autre)
- Justifier le nom « dextrose » donné à un des isomères du glucose ?
- Quelques propriétés physiques :
On trouve les informations suivantes concernant le glucose (*Wikipédia*) :

Propriétés physiques du glucose

T° fusion	146 °C à 150 °C suivant la forme cristalline
Solubilité	Dans l'eau : 900 g·l ⁻¹
Masse volumique	1,544 g·ml ⁻¹ (25 °C) ⁴

- Expériences :
- ❖ *Préparer 100 mL de solution de glucose, notées S_{glc} de concentration 500 g/L. Observer ce qui se passe lorsqu'on verse l'eau petit à petit sur le glucose en poudre. Refaire l'expérience en introduisant petit à petit du glucose en poudre dans l'eau ; chauffage et agitation sont nécessaires.*
- ❖ *Vérifier, à l'aide du polarimètre élaboré dans la partie (A), que la solution de glucose S_{glc} préparée est optiquement active.*
- Mettre en évidence la différence apparente de comportement entre le saccharose et le glucose vis à vis de l'eau ; avec le glucose, il semble quasi impossible d'atteindre la solubilité annoncée dans la documentation et la dissolution est assez difficile.

L'explication de cette divergence peut s'interpréter par une réaction particulière du glucose cristallisé avec l'eau : la formation d'hydrate(s)¹

- Faire une recherche sur l'existence « d'hydrates cristallins » ; en donner quelques exemples.
- Dans le cas du glucose, existe-t-il un ou des hydrates ? Si oui, rechercher la valeur de la solubilité dans l'eau du monohydrate de glucose ; en quoi cela peut-il expliquer les observations effectuées (prise en masse du solide, solubilité plus faible.) ?

3. Le sucre inverti

- La recette affirme que « le glucose c'est du sucre inverti » ; cette affirmation est erronée, préciser ;
✘ Reprendre l'expérience réalisée à la fin du paragraphe 1 (sucre semoule) pour justifier le nom de « sucre inverti » (observation de l'évolution de l'activité optique).
- Rechercher les recettes permettant de préparer du sucre inverti.
- *Expérience : suivre une des recettes proposées et préparer du sucre inverti.*
- La matière première de cette transformation est le saccharose. De quel type de transformation chimique s'agit-il ?
Polymérisation condensation estérification hydrolyse saponification

4. La crème de tartre.

- Rechercher à quelle espèce chimique correspond cette substance courante ?
 - C'est un additif alimentaire usuel. Quel est son rôle habituel ? Quel est son code européen ?
 - Est-ce la même espèce chimique qui est responsable de « l'entartrage » des canalisations et des sanitaires ? Détailler la réponse.
 - Représenter sa formule chimique.
- *Expérience : Réaliser une solution saturée (environ 1g de solide dans 250 mL d'eau) de crème de tartre ; déterminer l'ordre de grandeur de son pH à l'aide du papier pH ? la solution est-elle acide ou basique ?*
- Quel est le rôle de cet additif dans la recette du confiseur ?

LE DÉROULEMENT DES OPÉRATIONS

1. Le chauffage

Mettre la casserole contenant le sucre et l'eau à chauffer, nettoyer les bords de la casserole avec un pinceau, sous peine de faire masser le sucre, c'est à dire le faire tourner, pour éviter la crystallisation du sucre (saccharose).....

¹ F. E. Young, D-Glucose-Water Phase Diagram, J. Phys. Chem. 1957, 61, 616-619.

- Le confiseur utilise les termes : *masser et faire tourner*. Quel mot utiliserait le scientifique pour décrire cette observation ?
- Pourquoi la cristallisation du saccharose est-elle à éviter dans cette préparation ?
- Justifier chacun des conseils suivants donnés dans la recette :
 - o *Nettoyer les bords de la casserole avec un pinceau,*
 - o *Écumer avec un écumoire,*
 - o *Prendre du sucre en morceaux*
 - o *Utiliser une plaque à induction de préférence à la cuisson à la flamme*
 - o *Ajouter du glucose*

2. Les additifs

2.1 Le glucose

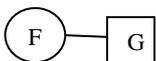
2.1.1 *Introduire le glucose que l'on a mis préalablement dans un four à micro-ondes pour le fluidifier ou le liquidifier.*

- Expériences :
 - ❖ *Placer au four à micro-ondes une coupelle contenant environ 50 g de glucose en poudre, chauffer quelques minutes, que remarque-t-on ?*
 - ❖ *Faire la même opération avec une coupelle contenant du sirop de glucose (« glucose cristal ») ; observer et justifier la nécessité de cette opération au cours de la recette.*
- Sous quelle forme (non précisée dans la recette) le confiseur introduit-il le glucose ?
- Que faut-il comprendre par le verbe *liquidifier*, rectifier et expliquer le changement d'état ; il est aussi proposé *fluidifier*, quel est le terme le mieux adapté ?

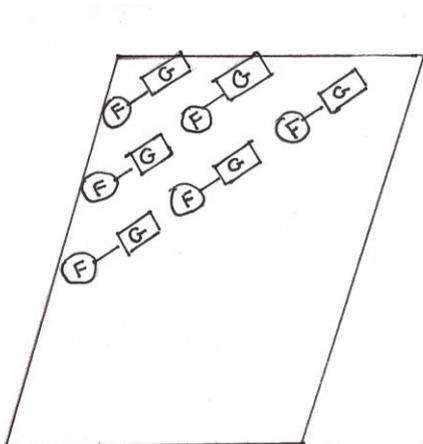
2.1.2 *Introduire le glucose, il permet au sucre de ne pas cristalliser : on dit alors « graisser le sucre ».*

- Comment l'ajout de glucose en quantité non négligeable permet-il la non-cristallisation du saccharose ?
- Expérience : *pour approcher une réponse à la question précédente, reprendre la recette depuis le début en ajoutant du fructose à la place du glucose ; qu'observe-t-on ?*

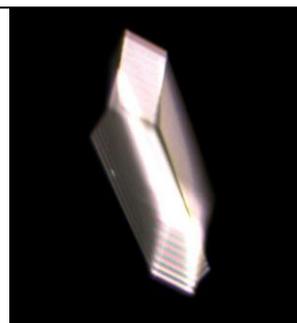
✂ On peut modéliser la disposition des molécules dans un cristal de saccharose, comme le schéma ci-dessous où F représente un résidu de fructose, et G un résidu de glucose :
Si la molécule de saccharose est représentée par deux "maillons" :



Et que la maille cristalline de saccharose est représentée par :



Les observations des cristaux de saccharose montrent une forme différente du cube caractéristique du sel. Certains cristaux présentent des faces rectangulaires.
Les stries témoignent de la croissance cristalline par la répétition d'un même motif.



✂ On considérera que le glucose peut interagir avec certaines des faces des cristaux de saccharose par complémentation du réseau cristallin et en inhiber ainsi la croissance même en présence de nouvelles molécules de saccharose.²

Si on ajoute dans une solution de saccharose, du glucose comme le prescrit la recette, peut on espérer une croissance du cristal dans toutes les directions ?

Conclusion : Alors peut- on valider cette phrase de la recette ?

2.2 Mettre une demi-cuillère de crème de tartre pour légèrement hydrolyser le sucre c'est à dire le rendre plus élastique lorsqu'on va le travailler.

Comment la crème de tartre permet-elle la réalisation de l'hydrolyse du sucre (saccharose) ?

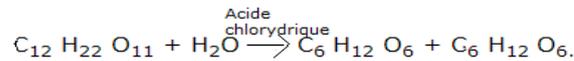
² M. LAHAV, L. ADDADI, AND L. LEISEROWITZ, Chemistry at the surfaces of organic crystals, PNAS, 1987, 84, 4737-4738,

Annexe pour le professeur :

LES MATIERES PREMIERES (ou matières d'œuvre)

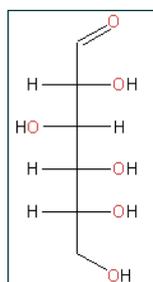
1. Le « sucre semoule »

- **Sucre semoule** : saccharose en petits grains, sa granulométrie est entre celle du sucre cristal et du sucre glace
- Le **sucre semoule** est le sucre obtenu après broyage et tamisage du sucre cristal (ou cristallisé).
- Equation de la réaction d'hydrolyse du saccharose :

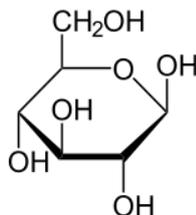


2. A propos du glucose

- Le glucose est utilisé sous forme de sirop de glucose ("glucose cristal " en épicerie spécialisée) ou solide sous le nom de dextrose pour un de ses isomères.
- La molécule de glucose :
La forme linéaire (modèle de Fischer) et la forme cyclique (modèle de Haworth)



Fischer

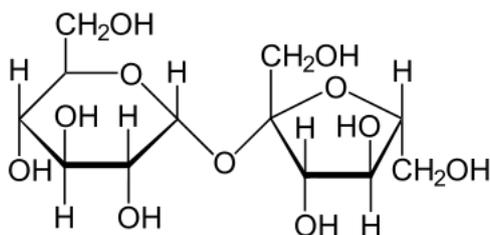


Haworth

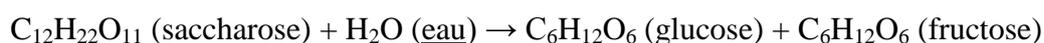
3. Le sucre inverti

Le **sucre inverti** est un mélange équimolaire de glucose et de fructose obtenu par hydrolyse du saccharose.

Le saccharose



L'hydrolyse est réalisée soit par une enzyme, l'invertase ou bien en présence d'acide :



Le sirop de sucre inverti est utilisé par les cuisiniers professionnels pour son pouvoir sucrant supérieur au saccharose (environ 20 %), pour son pouvoir d'absorber l'humidité et de résister à la dessiccation (il reste mou et lisse), et parce qu'il permet de réduire le temps de cuisson.

Des recettes permettant de préparer du sucre inverti

Il y a plusieurs méthodes avec au choix: du jus de citron, de l'acide citrique ou de l'acide tartrique, de l'invertase....

Sous l'action de la chaleur et d'un acide, la molécule de saccharose mélangé à de l'eau se scinde en deux pour donner une molécule de **fructose** et une molécule de **glucose**. Le sirop obtenu est le **sucre inverti**. C'est une hydrolyse acide.

Au laboratoire de chimie :

Dans un ballon de 150 mL, introduire 2 g de saccharose et 5mL de solution d'acide chlorhydrique (de concentration 2 mol.L⁻¹).

Chauffer à doux reflux pendant 20 minutes.

Laisser refroidir.

En cuisine :

Préparer 1 kg de sucre en poudre (saccharose), 480 mL d'eau, 1 g de crème tartrique ou 1 g d'acide citrique ou 10 mL de jus de citron.

Dans une casserole, faire bouillir le mélange sucre, eau, acide, chauffer jusqu'à 114°C.

Faire refroidir à température ambiante, conserver en boîte hermétique.

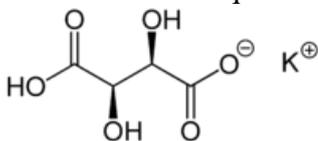
4. La crème de tartre.

La crème de tartre E 336. L'hydrogénéotartrate de potassium ou bitartrate de potassium est un sous-produit de la vinification. Il est aussi connu sous les noms tartrate de monopotassium.

<http://www.viticulture-oenologie-formation.fr/vitioenofmlycee/pdtoenotsvo2-2006-2007/cremetartre.html>

L'hydrogénéotartrate de potassium est un sel de l'acide tartrique.	
$\text{COOH-CHOH-CHOH-COOH} + \text{K}^+ \rightarrow$	$\text{COOH-CHOH-CHOH-COOK} + \text{H}^+$
Acide tartrique	hydrogénéotartrate de potassium
<ul style="list-style-type: none">• Aspect : poudre blanche ou petits cristaux• Saveur : acidulée• Solubilité dans l'eau à 10°C : 4 g.L⁻¹ ; à 100°C : 6 g.L⁻¹• pH en solution aqueuse : 3,5-3,6• Température de décomposition : > 200°C	
Incompatibilité : En solution aqueuse avec des carbonates, il se produit une mousse abondante avec dégagement de CO ₂ .	
Produit biodégradable en solution diluée.	

- La formule chimique.



- Son rôle dans la recette du confiseur : additif alimentaire, il régule l'acidité.

LE DÉROULEMENT DES OPÉRATIONS

1 Le chauffage

- **masser** : le sucre massé est le nom d'un sucre qui recristallise.
- Justifications des recommandations :
 - Lors du nettoyage avec le pinceau, on lisse les bords du récipient afin qu'il n'y ait pas de cristaux parasites qui se forment et retombent dans la solution formant un germe/ semence qui favorise la prise en masse.
 - On supprime l'écume qui contient des impuretés source de " semences" pour la cristallisation.

- Le sucre en morceau possède un degré de pureté supérieur aux autres formes physiques.
- une plaque à induction permet une température plus uniforme (les cuisiniers utilisent des poêlons en cuivre qui distribuent la chaleur uniformément), il y a moins de choc thermique.
- Le glucose évite la recristallisation (voir question 2.2).

2. Les additifs

2.1 Le glucose

2.1.1 Le confiseur introduit le glucose sous forme de sirop.

Il s'agit de liquéfier : passage de l'état solide à l'état liquide

2.1.2

Partons d'une solution de saccharose, les molécules de saccharose sont faites de deux parties : un résidu de glucose, et un résidu de fructose (voir schéma ci-dessus).

Quand la quantité d'eau devient trop faible, ces molécules peuvent s'empiler régulièrement, ce qui forme un cristal de saccharose.

S'il y a du glucose en solution, en plus du saccharose, alors le glucose peut interagir avec des résidus de glucose ou de fructose (avec des forces différentes pour les deux résidus), de sorte que les faces cristallines sont "bloquées" par ces molécules isolées, et que l'empilement d'autres molécules de saccharose est perturbé. Les cristaux croissent bien plus difficilement, surtout quand la température est ensuite réduite, et que la vitesse des molécules devient lente (surtout dans les sirops).

Conclusion : l'hydrolyse du saccharose (favorisé en milieu acide) donne du glucose qui inhibe la formation des cristaux, cet ajout de glucose permet donc de limiter les risques de cristallisation.

En ajoutant du fructose à la place du glucose ; qu'observe-t-on ?



L'ajout de fructose, au cours de la cuisson de saccharose conduit au même résultat à savoir une non-cristallisation de celle-ci.

2.2 Le pH de la solution du tartrate de monopotassium est entre 3 et 4 donc le milieu devient acide et l'hydrolyse du saccharose est possible.



La crème de tartre peu soluble à froid, introduite dans le sirop de saccharose en ébullition, se dissout immédiatement, le produit vitreux final est bien transparent et non cristallisé.