KIT de CUISINE MOLÉCULAIRE

de l'université de Rennes 1

GUIDE PRATIQUE ET SCIENTIFIQUE 2011

par
Patrick Bauchat et Ludovic Paquin
enseignants-chercheurs

Julien Le Bonheur
responsable de communication

Année internationale de la CHIMIE 2011

cuisineinnovation
Science et technologie au service de la création culinaire

UNIVERSITÉ DE RENNES 1

Sommaire

- Pourquoi ce kit ? p. 3
- La gastronomie moléculaire p. 4
- La chimie à Rennes 1 p. 5
- Les processus (gélification, sphérification) p. 6
- Les recettes p. 12
- Les ingrédients p. 23
- Pour aller plus loin sur les gels p. 34

Auteurs :

Patrick Bauchat
Ludovic Paquin
maîtres de conférences à l'université de Rennes 1
chercheurs à l'UMR 6226 Sciences Chimiques de Rennes (UR1/CNRS/ENSCR/INSA)

Julien Le Bonheur
responsable de communication de l'université de Rennes 1
ancien médiateur scientifique au Palais de la découverte

Pourquoi ce kit ?

La cuisine moléculaire explore, sur des bases scientifiques, les manières de jouer avec les propriétés physiques et chimiques des aliments et les modes de préparation. Elle permet de créer de nouvelles recettes, inspirées par les techniques des chercheurs comme par le savoir-faire des grands chefs. Le résultat ? Des plats inédits, étonnants et savoureux à la fois.

L'intention des auteurs de ce guide, proposé par l'université de Rennes 1 dans le cadre de l'Année internationale de la chimie 2011, est de vous donner les moyens d'essayer et de comprendre quelques unes de ces techniques... mais aussi de vous donner envie d'aller plus loin !

Vous trouverez ainsi dans votre kit le premier matériel nécessaire pour vos expériences culinaires, rassemblé par notre partenaire Cuisine Innovation. Quant à ce guide, il vous donnera à la fois des recettes à essayer et des explications scientifiques à méditer. En dernière page, des liens et des références vous proposeront de continuer vos recherches culinaires.

Nous vous souhaitons un bon appétit de découvertes !

Les auteurs

La gastronomie moléculaire

La cuisine moléculaire est une pratique issue de la gastronomie moléculaire, définie comme l'étude scientifique des phénomènes physiques et chimiques à l'œuvre dans la cuisine. Les inventeurs de ce domaine de recherche scientifique sont le chimiste français Hervé This et le physicien anglais Nicholas Kurti. Leur première collaboration sur le sujet remonte à 1985.

Pour préparer une mayonnaise, du caramel, une choucroute ou monter des blancs en neige, les cuisiniers utilisent des techniques issues de la tradition ou de leur expérience, destinées à donner les meilleurs résultats possibles.

Or, Hervé This et Nicholas Kurti ont démontré qu'une recette bien conçue réussit parce qu'elle sait utiliser au mieux les lois de la physique et de la chimie pour transformer les ingrédients de départ en un résultat savoureux. **La science vient ainsi analyser l'intuition des grands chefs !**

La chimie à Rennes 1

Les recettes et les explications scientifiques de ce guide ont été élaborées par des enseignants-chercheurs spécialistes de chimie moléculaire. Ils enseignent à l'université de Rennes 1 et conduisent leurs recherches au sein de l'unité mixte de recherche Sciences chimiques de Rennes. Cette unité constitue l'un des plus grands pôles de recherche européens : elle comprend 500 personnels et doctorants regroupés sous quatre tutelles : l'université de Rennes 1, le CNRS, l'École nationale supérieure de chimie de Rennes (ENSCR) et l'Institut national des sciences appliquées (INSA) de Rennes. L'ensemble est principalement localisé sur le campus de Beaulieu.

L'université de Rennes 1 compte 25 000 étudiants et 3 800 personnels au service de l'enseignement supérieur et de la recherche. Rennes 1 est un établissement transdisciplinaire à dominante scientifique, où l'on enseigne, étudie et conduit des recherches en :

Santé
Droit, économie, gestion, philosophie
Physique, chimie, mécanique
Biologie, environnement
Mathématiques, informatique, électronique.

http://www.univ-rennes1.fr/

Les processus

Pour réaliser les recettes de votre kit, vous allez utiliser des processus physico-chimiques mis en évidence par les chercheurs.

Cette section du guide vous présente la gélification et la sphérification, deux processus très caractéristiques de la cuisine moléculaire.

Nous vous proposerons ensuite de les mettre en pratique dans le chapitre « recettes » de ce guide.

La gélification

Les physiciens et les chimistes nomment «gels» des solides qui sont remplis de liquide. Par exemple, un blanc d'œuf est fait de 90 % d'eau. Quand on le cuit habilement, il ne perd pas son eau et coagule : il devient solide, au sens que le blanc d'œuf cuit ne coule plus, pour former un bloc qui n'épouse plus la forme du récipient qui le contient. Pourtant, le blanc d'œuf reste composé de 90 % d'eau ! C'est même un « gel chimique » car si on continue de le chauffer, il ne se défait plus et durcit davantage.

Il existe différents types de gels :

- Les gels thermo-réversibles :

ce sont des gels qui ont la propriété de fondre lors du chauffage à une certaine température.

- Les gels thermo-stables :

Ce sont des gels qui résistent à de forts traitements thermiques. C'est le cas du gel formé par les alginates (dont l'alginate de sodium contenu dans votre kit). Il est donc utilisé dans des produits restructurés (boulettes de viandes, fruits...) qui subissent des pasteurisations ou stérilisations.

- Les gels réversibles mécaniquement.

Ces gels ont la particularité de devenir liquides lorsqu'on leur applique une action mécanique (agitation, cisaillement) et de se reformer dès que cette action cesse. Ces gels sont utilisés dans des desserts de type « liégeois ».

La cuisine moléculaire utilise largement la gélification. Votre kit permet de réaliser des gels avec du carraghénane ou de l'agar-agar qui auront des propriétés différentes (cf. recettes 2, 4 et 5 étoiles).

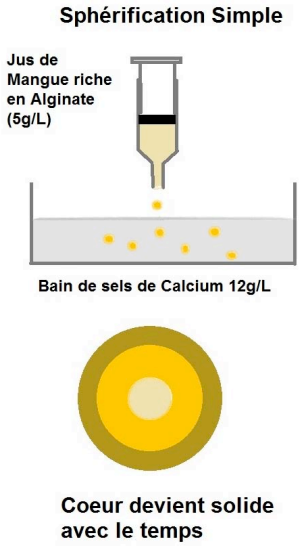
Vous voulez savoir pourquoi ?
Lisez « Pour aller plus loin sur les gels » p. 34

La sphérification

La sphérification est une gélification particulière qui vise à donner une forme de sphère à une préparation liquide. Cette technique peut être mise en œuvre en utilisant de l'alginate de sodium (extrait d'algues brunes) qui a la propriété de gélifier en présence de calcium. Il est possible aussi de réaliser la sphérification en présence d'une solution gélifiante à base d'agar-agar.

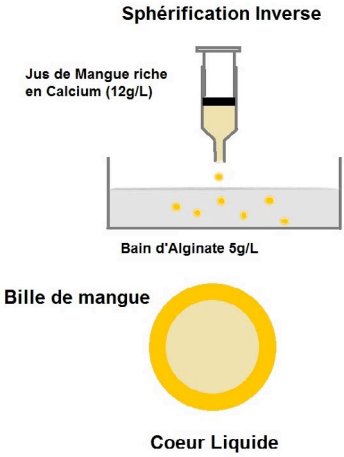
La sphérification simple

Ajouter de l'alginate de sodium dans la préparation à sphérifier (du sirop de cassis par exemple, voir recette 1 étoile), en veillant à bien mélanger pour le mettre en solution. Plonger ensuite la préparation dans un bain de sel de calcium. Une pellicule gélifiée se forme alors instantanément en surface et s'épaissit vers l'intérieur (le calcium pénètre dans la préparation et forme un gel avec l'alginate de sodium contenu dans celle-ci). On obtient de petites sphères au cœur liquide, instable dans le temps : le calcium progressant vers l'intérieur, la sphère finira par gélifier complètement. Ces billes doivent donc être consommées sans tarder pour offrir aux convives la surprise du cœur liquide !



La sphérification inverse

Ce processus permet de créer des sphères avec presque tous les ingrédients. Elle est spécialement indiquée pour les produits ayant une forte teneur en calcium. Sa mise en œuvre a été inventée par Ferran Adrià, chef du célèbre restaurant *El Bulli* et de la fondation du même nom, situés à Barcelone.

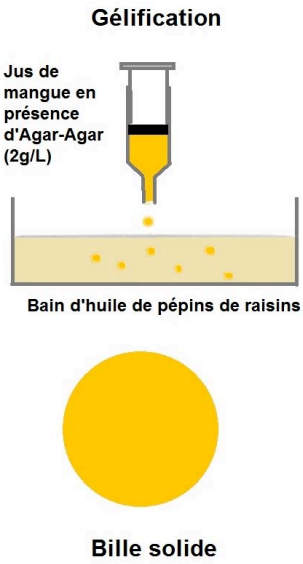


Comment la sphérification inverse fonctionne-t-elle ?

Elle consiste à ajouter un sel de calcium (chlorure ou lactate) à une préparation liquide contenant déjà naturellement du calcium (produits laitiers, crème anglaise, etc.), avant de la plonger dans un bain d'alginate de sodium. Une pellicule gélifiée se forme alors instantanément en surface et s'épaissit vers l'extérieur, en un phénomène inverse de la sphérification simple présentée page précédente. Le calcium sort en effet de la préparation et forme un gel avec l'alginate contenu dans le bain. On obtient une sphère au cœur liquide, qui a l'avantage de rester stable dans le temps (cf. recette 4 étoiles).

La sphérification par refroidissement

Ajouter un gélifiant, de l'agar-agar par exemple dans un liquide chaud (miel, sirop, etc.) à raison de 2 g de gélifiant pour 1 l de solution. Utiliser ensuite une seringue pour déposer des gouttes de la solution chaude ainsi obtenue dans un bain d'huile de pépins de raisins, neutre au goût. Par refroidissement, on obtient des billes solides.



Les recettes

Les pages suivantes donnent des points de départ.

Elles sont destinées à vous familiariser avec les processus de gélification et de sphérification présentés plus haut.

L'intérêt est ensuite d'oser remplacer les ingrédients pour créer des associations nouvelles à votre goût, dans l'esprit de la cuisine moléculaire.

Nous vous proposons un ordre pour les réaliser, de la plus facile (une étoile) à la plus technique (cinq étoiles).

Recette ★ :
perles de sirop

Temps de préparation : 30 min

Ingrédients
(pour 8-10 personnes)

0,5 g d'alginate de sodium
2 g de sel de calcium
50 ml d'eau pauvre en calcium (comparer en rayon)
50 ml de sirop de cassis (par exemple)

Ustensiles
1 verre mesureur
3 récipients
1 fouet ou un mixer
1 passoire
1 pipette

Pour le service :
1 verre de limonade par personne

Préparation (sphérification simple)

1. Sirop
Solubiliser l'alginate dans 50 ml de sirop de cassis et 50 ml d'eau pauvre en calcium. N'importe quel parfum de sirop peut être utilisé.

L'alginate se solubilise difficilement. Utiliser un fouet ou un mixer et laisser reposer jusqu'à élimination des bulles (environ 15 mn).

2. Bain de sel de calcium
Mettre en solution le sel de calcium dans 400 ml d'eau

3. Perles de sirop
A l'aide de la pipette prélever la préparation de sirop puis laisser goutter dans le bain de sel de calcium. Récupérer les perles ainsi formées à l'aide d'une passoire et les rincer délicatement dans un bain d'eau.

Service

Répartissez les perles de sirop dans les verres de limonade et servir immédiatement.

Recette ★★ :
Moelleux de pois cassés au cresson

Temps de préparation : 30 min

Ingrédients
(pour 6 personnes)

2 g de carraghénane
20 g de cresson*
20 g de pois cassés*
130 ml de bouillon de volaille
90 g de blanc d'œuf
1 betterave crue

*cresson et pois cassés peuvent être remplacés par toute purée ou velouté de légumes prêts à l'emploi

Ustensiles
Casserole
Passoire fine
Saladier
1 batteur
1 moule à cake
1 balance de cuisine

Préparation (gélification)

1. Bouillon de volaille et légumes
Préparer 100 ml de bouillon de volaille (éventuellement à partir d'un cube lyophilisé). Maintenir le liquide frémissant.
Ajouter le carraghénane, bien mélanger.
Ajouter le cresson* et les pois cassés* cuits, mixés, passés au chinois (passoire fine).
Garder le liquide chaud pour éviter la gélification prématurée du carraghénane.

2. Moelleux

Battre les blancs d'œuf en neige avec une pincée de sel.
Incorporer le bouillon lentement tout en continuant à battre les blancs. Utiliser un moule à cake pour former le moelleux.

3. Accompagnement : tuiles de betterave.
Plonger dans une friture ou dorer 1 minute à la poêle de fines lamelles de betteraves crues.

Réserver au frais en attendant le service.

Suggestion de service

En amuse-bouche, disposer les portions de moelleux près des tuiles de betterave. À consommer dans la journée.

Recette ★★★:
Œuf surréaliste « Ceci n'est pas un œuf. »

Temps de préparation : 30 min

Ingrédients
(pour 8-10 œufs)

2 g d'alginate de sodium
50 cl d'eau pauvre en calcium (comparer en rayon)
4 g de sel de calcium
1 yaourt à forte teneur en calcium (comparer en rayon)
1 mangue et 1/2 verre de jus d'orange
ou
1 verre de jus peu acide et épais, type « smoothie »

Ustensiles
2 récipients
1 fouet ou mixer

Préparation (sphérification inverse)

1. Bain d'alginate
Solubiliser l'alginate dans de l'eau pauvre en calcium. Pour cela, utiliser un fouet puis attendre quelques minutes avant de fouetter à nouveau le mélange, ou bien se servir d'un mixer plongeant. Attendre la disparition des bulles.

2. Compote de mangue
Réduire la chair de la mangue en purée, ajouter le jus d'orange afin d'obtenir une compote légèrement liquide. Si vous utilisez un jus de type « smoothie », y ajouter directement le sel de calcium.

3. Perle de mangue
Déposer délicatement une cuillerée à café de compote de mangue dans le bain d'alginate. Une fois la perle de mangue formée (environ 1 mn), déposer cette perle dans un bain d'eau. Ceci élimine l'excès d'alginate et stabilise la perle.

4. Œuf
Reprendre la perle dans une cuillère à soupe, ajouter du yaourt pour remplir la cuillère. Déposer mangue et yaourt dans le bain d'alginate. Après formation de l'« œuf » (environ 1 mn), le déposer quelques instants dans le bain d'eau pour le rincer et le stabiliser.

Service

Jouer sur la ressemblance avec un œuf véritable et surprendre vos convives en accompagnant cette préparation surréaliste de brownies en tranches, façon mouillettes. À consommer dans la journée.

Recette ★★★★ :
Spaghetti betterave-vanille-citron

Temps de préparation : 45 min

Ingrédients
(6 – 8 personnes)

2 g de carraghénane
1 citron
1 grosse betterave crue
1 gousse de vanille
Bain de glaçons

Ustensiles
Seringue
Tube en silicone alimentaire
1 mixer ou 1 centrifugeuse
1 presse-citron
1 passoire fine
1 casserole

Préparation (gélification)

Mixer ou passer à la centrifugeuse la betterave crue pour en extraire le jus et filtrer. À défaut prendre une betterave cuite.
Mélanger le jus du citron, le carraghénane et le jus de betterave. Inciser la gousse de vanille et la plonger dans le mélange.
Faire frémir le mélange, solubiliser le carraghénane en remuant délicatement et en évitant l'ébullition pour incorporer aussi peu d'air que possible à la préparation.
Raccorder une seringue à un tube en silicone alimentaire et aspirer le mélange par l'autre extrémité.

Plonger le tube dans un bain d'eau refroidi à l'aide de glaçons, en veillant à maintenir les deux extrémités du tube et la seringue hors de l'eau. Laisser figer 5 minutes avant de sortir le tube de l'eau.
Pousser lentement le piston de la seringue pour extraire le « spaghetti » sur l'assiette de service.

Renouveler l'opération jusqu'à épuisement du mélange.

Service

Accompagner les spaghettis d'un carpaccio de noix de Saint-Jacques.

Recette ★★★★★ :
Nem d'émulsion de chocolat à la poire

Temps de préparation : 50 min

Ingrédients
(10 nems, 5 personnes)
1g d'agar-agar
1 boîte de poire au sirop
100 g de chocolat
100 g d'eau
1 sachet de thé

Ustensiles
Film plastique alimentaire
2 casseroles
1 saladier
1 batteur

Préparation (gélification et émulsion)

1. Feuille de nem
Prélever le jus des poires au sirop (200 g de jus sont nécessaires) et réserver les poires pour le service.
Mélanger le jus de poire à l'agar-agar et porter à petite ébullition durant 2 minutes.
Laisser refroidir sans gélifier (environ 3 mn). En cas de gélification prématurée, réchauffer.
Étaler une feuille de film étirable.
Faire couler la gelée sur le film en une fine couche d'environ 1 mm d'épaisseur et 10 cm de largeur.
Laisser refroidir jusqu'à gélification (environ 6 minutes).

2. Emulsion de chocolat
Faire infuser le sachet de thé dans de l'eau chaude durant 6 minutes.
Mettre le chocolat à fondre doucement dans l'eau.
Verser dans un saladier et laisser refroidir au réfrigérateur durant 30 minutes.
Conseil : pour faciliter la formation d'une mousse à l'étape suivante, placer le saladier sur un lit de glace.
Battre ce mélange chocolat-eau infusé au batteur électrique jusqu'à obtention de la mousse.

3. Montage des nems
Prélever un peu de cette mousse et la placer sur le bord de la « feuille de nem ».
Rouler la gelée sur elle-même en utilisant le film plastique.
Récupérer délicatement le rouleau ainsi formé et le sectionner pour obtenir deux « nems » de 5 cm de longueur.

Astuce : il s'agit d'une gélification thermo-réversible, on peut donc refondre et regélifier à l'infini.

Service

Disposer les nems près d'une poire au sirop ou pochée et les décorer de feuilles de menthe. À consommer dans la journée.

Les ingrédients

Les recettes de ce kit utilisent une sélection de quatre additifs très couramment utilisés en cuisine moléculaire.

L'alginate, l'agar-agar et le carraghénane sont des extraits d'algues, tandis que le sel de calcium est obtenu à partir de la fermentation de sucres végétaux.

Nous vous proposons d'aller plus loin dans la connaissance de ces additifs, et de découvrir comment s'expliquent leurs propriétés à l'échelle moléculaire.

Vous avez utilisé tous les sachets de votre kit ?

Il est facile de se réapprovisionner sur internet : les sites spécialisés sont nombreux à proposer ingrédients et petit matériel. Les pharmacies ou les magasins spécialisés sont également de bonnes pistes.

Notre partenaire pour la réalisation de ce kit :

cuisineinnovation
Science et technologie au service de la création culinaire

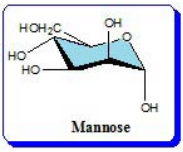
http://cuisine-innovation.com/

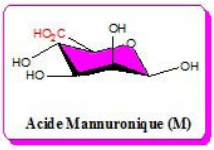
L'alginate de sodium

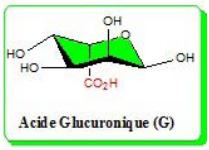
La découverte de l'acide alginique (**E400** selon la nomenclature européenne des additifs alimentaires) date de 1883. Elle est due au professeur Stanford. Après trempage d'une lame de l'algue *Laminaria digitata*[1] dans une solution alcaline, suivi d'une attaque acide, il obtint un précipité blanchâtre auquel il donna le nom d'« algine».

Composition de la molécule

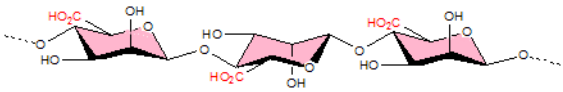
L'acide alginique est un polymère. Ceci signifie que sa molécule est constituée d'éléments tous semblables (les monomères) reliés entre eux comme un train composé de nombreux wagons. Le monomère de l'alcide alginique est le mannose, sucre à 6 atomes de carbone se présentant sous la forme d'acide mannuronique (M) ou d'acide glucuronique.







Les alginates combinent des chaînes à parties dures (composées d'un seul type de monomère soit MMMMMMMM ou GGGGGGGG) et fragiles, alternant les deux monomères soit : MGMGMGMG.

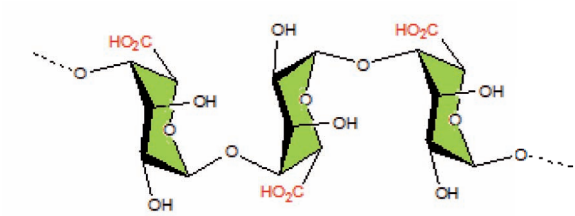


Enchainement MMM

La partie active de la molécule, c'est-à-dire celle qui en fait un acide, est le groupement COOH.

1 dont on retrouve des peuplements denses sur les côtes bretonnes (entre l'île de Bréhat et la pointe de Penmarc'h)

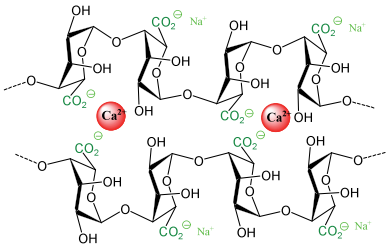
Dans l'espace, la molécule se présente sous la forme d'une spirale à enroulement lévogyre (dans le sens des aiguilles d'une montre), plus resserrée dans la zone où dominent les acides glucuroniques, plus lâche dans la zone où dominent les acides mannuroniques.



Enchainement GGG

Propriétés de l'acide alginique

L'acide alginique n'est pas soluble dans l'eau mais très hydrophile : il peut stocker jusqu'à 140 fois son propre volume. Il est soluble sous la forme de sels formés avec les ions Na+ (Alginate de sodium E401), K+(**E402**), NH4+ (**E403**)… En présence d'ions Ca2+ (**E404**) les zones à acide glucuronique de plusieurs molécules s'associent pour former une structure semblable à une boîte à œufs, dans laquelle les œufs seraient représentés par les ions.



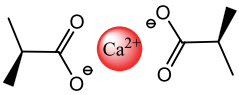
Dose journalière admissible

La commission européenne n'a pas précisé cette donnée pour l'alginate de sodium, qui peut donc être théoriquement consommé sans limite de dosage.

Le sel de calcium

Le calcium est indispensable pour la réalisation des sphérifications en présence d'alginate de sodium. Il existe différents sels de calcium. Nous nous intéresserons au lactate de calcium (**E327**) présent dans votre kit et au gluconate de calcium (**E578**) qui ont l'avantage d'être incolores et neutres au goût.

Lactate de calcium



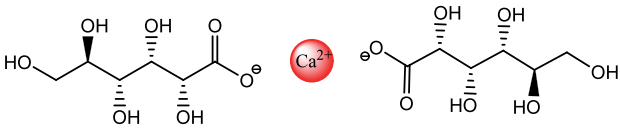
Le lactate de calcium est obtenu par le traitement de l'acide lactique avec une base, en présence d'ion calcium fourni par exemple par du carbonate de calcium

Le lactate de calcium est un sel issu de l'acide lactique, lui-même découvert par le chimiste allemand Carl Wilhelm Scheele en 1780. L'acide lactique est produit par fermentation, c'est-à-dire par l'action de micro-organismes en absence d'oxygène. Ainsi, les mitochondries des muscles humains, par exemple, produisent de l'acide lactique lorsque l'apport d'oxygène par le sang n'est pas suffisant lors d'efforts intenses, ce qui provoque les crampes.

L'acide lactique se retrouve aussi naturellement dans les nourritures fermentées, comme les fromages, le vin et la choucroute. La bactérie responsable de la fermentation dans ce type de produits est un lactobacille. La production industrielle d'acide lactique en vue d'en extraire le lactate de calcium se fait par fermentation bactérienne de divers sucres végétaux comme l'amidon, la mélasse ou le sucre de betterave.

À noter : comme le lactate de calcium provient de la fermentation de sucres végétaux, il n'est pas allergène pour les personnes souffrant d'allergies au lait. Le mot lactate fait référence au lactobacille responsable de la fermentation dont il est issu, et non pas à un quelconque rapport avec le lait.

Gluconate de calcium



Le gluconate de calcium est un sel de calcium issu de l'acide gluconique traité avec une base en présence d'ions de calcium, par un procédé similaire à celui qui permet l'obtention d'acide lactique. Le gluconate de calcium ne s'utilise en cuisine qu'une fois mélangé à du lactate de calcium : on obtient alors du gluconolactate de calcium

Dose journalière admissible

La Commission européenne n'a pas précisé cette dose pour le lactate de calcium. Sa consommation doit cependant rester modérée chez les enfants.

Le carraghénane

Découverte et propriétés

Photo : nz_willowherb

Ce sont les Irlandais qui utilisèrent le carraghénane (**E407**) les premiers sous le nom de « mousse d'Irlande » encore utilisé de nos jours, pour confectionner des onguents ou préparer des flans.

Vers l'an 1700, au cours de la colonisation de l'Amérique du Nord, les Irlandais constatèrent que leur « mousse d'Irlande » poussait également sur les côtes du Massachusetts. Il s'agit d'une algue de la famille des Rhodophycées (algues rouges), de l'ordre des *chondrus crispus*.

Les carraghénanes sont principalement utilisés dans l'industrie laitière et agroalimentaire en général pour l'élaboration de tous les produits structurés (saucisses, soupes, bonbons, confitures…). Mais on les retrouve aussi dans des applications plus inattendues telles que l'impression de la soie, les gels désodorisants, et même les traitements gastriques.

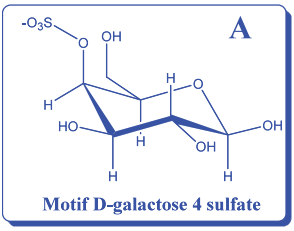
Composition de la molécule

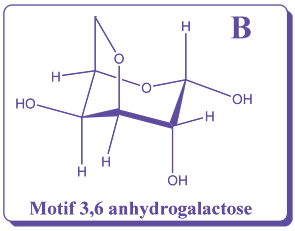
Le carraghénane extrait des *chondrus crispus* est un carbohydrate, c'est-à-dire une molécule organique de formule générale Cm(H2O)n. C'est une molécule qui ne contient que du carbone (C), de l'oxygène (O) et de l'hydrogène (H). En biochimie ces composés sont plus couramment appelés saccharides. Ce sont des sucres dans le sens chimique du terme (à ne pas prendre au sens culinaire). Plus précisément, le carraghénane est un polysaccharide, c'est-à-dire un enchaînement de saccharides reliés entre eux par des liaisons glycosidiques (liaison par l'intermédiaire

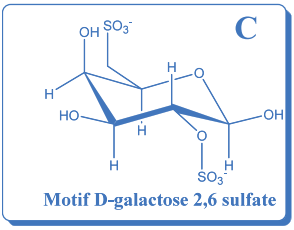
d'un atome d'oxygène). Les polysaccharides sont des polymères. Ce sont en quelques sortes d'immenses colliers dont chacune des perles serait un saccharide. Il existe trois types de carraghénanes, nommés d'après les lettres de l'alphabet grec lambda, kappa et iota (voir tableau).

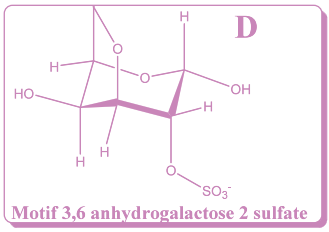
Espèces	**Type de carraghénane**	**Type de gel**
Kappaphycus alvarezii	Kappa	Gel doux au palais
Eucheuma denticulatum	Iota	Gel élastique
Gigartina ascicularis	Lambda	Pas de gel, utilisé en épaississant
Chondrus crispus	Kappa, iota, lambda	Gel mixte

Le motif de base (le monomère, ou perle du collier pour reprendre l'analogie ci-dessus) de tous les carraghénanes est le D-galactose partiellement sulfaté.



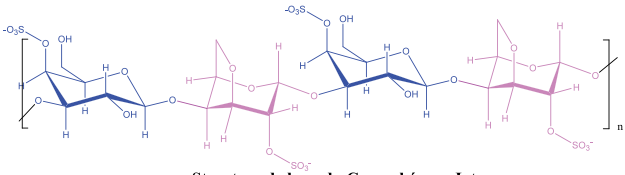






C'est la position du groupement sulfate ainsi que l'enchaînement alternatif des motifs qui différencie les carraghénanes kappa et iota du carraghénane lambda.

Type de carraghénane	Motif 1	Motif 2
Kappa	A	B
Iota	A	D
Lambda	A	C



Structure de base du Carraghénane Iota

Pour les carraghénanes lambda, la répartition des sulfates à la fois sur la face interne et externe empêche la formation d'une spire régulière. Les charges des groupements sulfatés entraînent des phénomènes de répulsion qui empêchent la formation du gel.

Le carraghénane fourni dans votre kit est un mélange de kappa et de iota.

Dose Journalière admissible :

La Commission européenne a défini cette dose journalière à 75 mg/kg de poids corporel, soit 3,75 g par jour pour une personne de 50 kg [2,3] .

---

[2] http://ec.europa.eu/food/fs/sfp/flav_index_fr.html

[3] http://www.synpa.org/

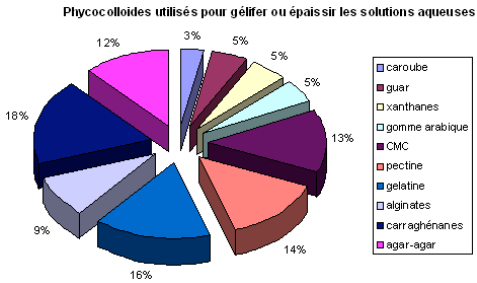
L'agar-agar

L'*agar-agar* (**E406**) est un gélifiant extrait d'une algue de la famille des Rhodophycées (algues rouges) et plus précisément de l'espèce *Gracilaria*. Il est aussi connu sous le nom de Kanten (« aliment des dieux » en japonais). Ses capacités gélifiantes sont sept à dix fois supérieures à celles de la gélatine classique (gélatine de porc).

Découverte et propriétés

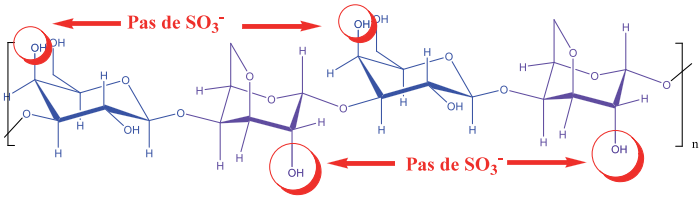
Un texte japonais prétend que les propriétés de l'agar-agar auraient été découvertes vers 1660 par un aubergiste du nom de Tarozaemon Minoya. À la fin d'un repas traditionnel à base d'algues servi à un haut dignitaire, il avait fait jeter les restes au dehors. Au matin, un gel s'était formé dans les plats que l'ajout d'eau chaude suffisait à liquéfier de nouveau.

Même si son utilisation par l'industrie agroalimentaire reste majoritaire (près de 88% de la consommation totale), on trouve aujourd'hui de l'*agar-agar* en agriculture pour la protection des semences (2%), en pharmacie comme excipient (3%), en bactériologie comme milieu de culture (6%) mais également en immunologie, biochimie, ou comme lubrifiant industriel.



Composition de la molécule

L'*agar-agar*, tout comme les carraghénanes, est un polymère composé de motifs de galactose. Mais à la différence des carraghénanes, il n'est que très partiellement sulfaté (environ 1% pour l'*agar-agar* contre 22% pour le carraghénane iota).



Structure de base de l'agar-agar

Dose Journalière admissible :

Il n'existe pas de limite fixée par la Commission européenne. Toutefois, une consommation excessive (plus de 4 g/jour pour une personne de 50 kg) entraîne un effet laxatif naturel.

Pour aller plus loin sur les gels

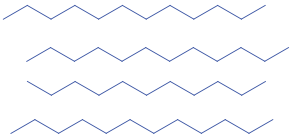
Propriétés des phycocolloïdes* présents dans le kit

	Agars	Carraghénanes	Alginates
Monomère	Galactose	Galactose	Manose sous forme d'acide
Teneur en OSO_3^-	5 à 6 %	20 à 24%	0
Gélification	Spontanée, reversible	En présence de Ca2+…, réversible	En présence de cations
Stabilité si pH entre	5 à 11	5 à 8	5 à 10
Propriétés	Gélifiant	Epaississant pour λ et gélifiant pour κ et ι	Fort épaississant, fort gélifiant

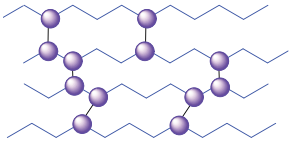
***Phycocolloïde** : Substance extraite d'algues, se présentant sous la forme d'un liquide ou d'un gel, et contenant en suspension des particules suffisamment petites pour que le mélange soit homogène.

Structure

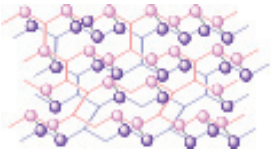
À l'échelle moléculaire, un gel apparaît comme un liquide emprisonné dans un réseau. Il peut être composé de protéines (gélatine, protéines de l'œuf, etc.), ou de polysaccharides (agar-agar, carraghénane, etc.). Ce que les chimistes appellent un réseau ressemble à un filet de pêcheur microscopique et en trois dimensions. C'est dans ce filet que seront piégées les molécules de liquide, comme le petit lait que l'on piège aujourd'hui par gélification dans les yaourts.
Plus ce réseau est ramifié (plus les mailles du filet sont nombreuses), plus le gel devient solide car les molécules ont de moins en moins de liberté de mouvement. (Voir figures)



Pas de réseau : liberté de mouvement totale des chaînes de molécules de liquide



Début de formation du réseau : gel élastique, moins de liberté de mouvement pour les chaînes



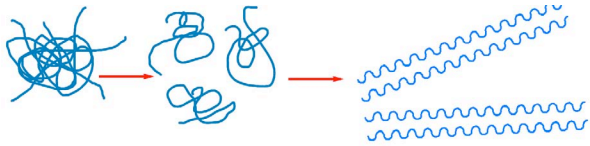
Formation du réseau en 3 dimensions : absence de liberté de mouvement pour les chaînes

Par conséquent, plus il est possible de créer de liaisons dans le réseau, plus le gel devient rigide et cassant.
C'est la nature du gélifiant qui définit le nombre de liaisons possibles pour établir le réseau.

Prenons l'exemple de deux ingrédients disponibles dans le kit : l'agar-agar autorise de plus nombreuses liaisons que le carraghénane. Ainsi le gel formé par le premier sera plus rigide et plus fragile.

Que se passe-t-il quand on plonge des grains de gélifiant dans un liquide chaud composé principalement d'eau ?

À l'état sec, les macromolécules du gélifiant sont présentes dans les grains sous forme de pelotes, emmêlées les unes aux autres. Lors de la mise en solution, l'eau pénètre dans les grains de gélifiant et les gonfle. Les macromolécules se déploient alors progressivement et s'individualisent (elle se séparent entre elles)

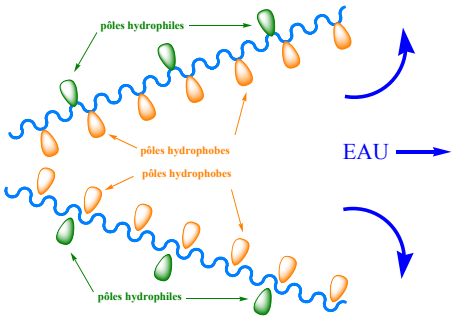


Molécules de gélifiant repliées sur elles mêmes en pelote

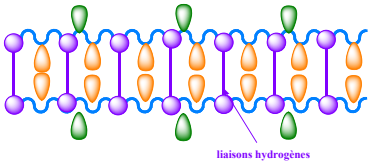
Molécules gonflées par l'eau s'individualisant

Molécules se plaçant par paire sous l'effet des pôles hydrophobes

Ce déploiement des macromolécules permet de découvrir, le long des chaînes d'atomes qui les composent, des zones hydrophiles (qui attirent l'eau) et hydrophobes (qui la repoussent).
Les parties hydrophobes (CH2-O-) des molécules de gélifiant se rapprochent par paires en chassant l'eau : ainsi se forment les liaisons du réseau autour de deux atomes d'hydrogène, d'où leur appellation de « liaison hydrogène ».
Le mécanisme initial est identique pour l'agar-agar et le carraghénane mais différent par la suite (pour des précisions, voir les fiches ingrédients correspondantes).



Molécules de gélifiant à chaud s'associant par paire.



Formation du réseau par liaisons hydrogène.

La solidité des zones de jonction du réseau dépend des forces de liaison entre les macromolécules. Elle détermine deux caractéristiques du gel : sa rigidité et sa réversibilité.

Le gel peut se former quand la force des liaisons formant le réseau est supérieure aux forces thermiques ou mécaniques (chaleur, agitation) présentes dans le milieu environnant. Il sera donc détruit si ces forces augmentent. Lorsqu'elles diminuent à nouveau, le gel peut ou non se reformer, selon ses propriétés.

Bibliographie

Livres

- Petit précis de cuisine moléculaire
  Anne Cazor - Christine Liénard
  Editeur Marabout 2008
- Ces algues qui nous entourent **René Pérez**
  Éditeur Quae -janvier 2009
- Les Secrets de la casserole, **Hervé This**
  Éditions Belin. 1993

En anglais

- Food Chemistry **Belitz H.-D., Grosch Werner, Schieberle Peter,** Éditeur Springer 4th revised and extended ed., 2009
- Biotechnology for agro-industrial residues utilisation of agro-residues
  Éditeur Springer, 2009
- Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents; **Alan Imeson**, Blackwell Publishing Ltd (sept. 2007)
- Handbook of Hydrocolloids; **G. O. Phillips ; P.A. Williams**, Woodhead Publishing Ltd; Édition : 2nd revised edition (mai 2009)

Sites Web

http://univ-rennes1.fr/AIC2011/
http://www.moleculargastronomynetwork.com/
http://www.espace-sciences.org/archives/science/10115.html
http://www.pierre-gagnaire.com/#/pg/pierre_et_herve
http://www.cuisine-innovation.fr/

Législation européenne sur les additifs (en français) :
http://europa.eu/legislation_summaries/consumers/product_labelling_and_packaging/sa0003_fr.htm

Vous avez utilisé tous les sachets de votre kit ?

Il est facile de se réapprovisionner sur internet : les sites spécialisés sont nombreux à proposer ingrédients et petit matériel. Les pharmacies ou les magasins spécialisés sont également de bonnes pistes.

Notre partenaire pour la réalisation de ce kit :

cuisineinnovation
Science et technologie au service de la création culinaire

http://cuisine-innovation.com/

UNIVERSITÉ DE RENNES 1

http://www.univ-rennes1.fr/

Ce guide est publié par les auteurs et édité par l'université de Rennes 1 sous licence Creative Commons CC-by-nc-nd : http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr/

La reproduction, l'impression et la distribution de ce guide à l'identique sont autorisées sous réserve de la mention des droits d'auteurs et dans le respect de la licence Creative Commons susmentionnée, à partir du fichier PDF téléchargeable sur ~~http://www.univ-rennes1.fr/AIC2011/~~
https://www.chimieetsociete.org/ via Ressources
Tout autre usage de ce guide doit être soumis à l'autorisation préalable des auteurs et de l'université de Rennes 1.

Conception et réalisation :

Service Presse et Communication
Imprimerie de Beaulieu - Université de Rennes 1