



HAL
open science

Une approche intégrée à différentes échelles pour expliquer les qualités sensorielles des crèmes dessert

Nathalie Cayot, Elisabeth Guichard, Andrée Voilley

► To cite this version:

Nathalie Cayot, Elisabeth Guichard, Andrée Voilley. Une approche intégrée à différentes échelles pour expliquer les qualités sensorielles des crèmes dessert. *uB Sciences*, 2008, 3 (Mai 2008), pp.108-115. hal-01191305

HAL Id: hal-01191305

<https://hal.science/hal-01191305>

Submitted on 28 Feb 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Une approche intégrée à différentes échelles pour expliquer les qualités sensorielles des crèmes dessert

■ Nathalie CAYOT¹
 ■ Elisabeth GUICHARD¹
 ■ Andrée VOILLEY²

¹ UMR 1129 FLAVIC (Flaveur, Vision et Comportement du consommateur) ENESAD-INRA-UB, 17 rue Sully, 21000 Dijon

² EA EMMA, ENSBANA, Université de Bourgogne, 1 esplanade Erasme, 21000 Dijon

Préambule : Implication des équipes dijonnaises dans l'action COST 921

Le bilan scientifique ici présenté concerne un projet visant à comprendre comment la structure d'un aliment peut moduler la perception de sa flaveur. Rappelons que, pour que l'arôme d'un aliment soit perçu, les molécules volatiles le constituant doivent être libérées de la matrice alimentaire et rejoindre les récepteurs olfactifs situés dans les fosses nasales. La manière dont les molécules sont libérées et la perception de l'arôme conditionnent fortement la qualité globale de l'aliment perçue par le consommateur.

Pour mener à bien ce projet, différents chercheurs dijonnais ont été impliqués, entre 2002 et 2007, dans l'action COST 921 (voir l'encadré concernant les actions COST). Celle-ci avait précisément pour objet l'étude de l'organisation structurale des matrices alimentaires et son influence sur la libération et la perception de la flaveur : « FOOD MATRICES : STRUCTURAL ORGANISATION FROM NANO TO MACRO SCALE AND ITS IMPACT ON FLAVOUR RELEASE AND PERCEPTION »

Dix-neuf pays étaient signataires de cette action : Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, Danemark, Espagne, Finlande, France, Irlande, Italie, Lituanie, Norvège, Pays-Bas, Pologne,

République tchèque, Royaume Uni, Slovaquie, Suède, et Suisse. L'animation scientifique a été assurée par Nathalie Cayot (UMR 1129 FLAVIC ENESAD-INRA-UB).

Pour échanger nos réflexions, nous avons au total organisé sept colloques dans les pays européens partenaires (dont un à Dijon en avril 2005) ainsi que diverses autres réunions de travail. L'action COST 921 a également financé le séjour de jeunes chercheurs dans des laboratoires partenaires : Antonio Chana, post doctorant espagnol de l'UMR FLAVIC, a bénéficié d'un séjour d'un mois à l'Université de Wuppertal pour une étude de modélisation moléculaire ; Géraldine Savary, doctorante de l'UMR FLAVIC, a séjourné 15 jours à l'ETH de Zürich pour des études en microscopie confocale. Enfin, nous avons accueilli pendant 15 jours Maria Martuscelli, enseignant-chercheur de l'université italienne de Teramo, pour des mesures de coefficients de partage d'arôme.

Les travaux présentés dans le texte qui suit ont été réalisés par des chercheurs du campus dijonnais ou par des chercheurs européens accueillis dans nos laboratoires.

Qu'est-ce qu'une action COST ?

Fondée en 1971, COST est une structure intergouvernementale destinée à favoriser la coopération scientifique et technique au niveau européen. Les actions COST couvrent aussi bien des programmes de recherche fondamentale ou appliquée que des activités d'utilité publique. Les sujets déposés le sont à l'initiative des scientifiques et experts techniques eux-mêmes.

Les financements accordés par la communauté européenne permettent de couvrir des frais de déplacement et d'hébergement ainsi que des frais de publication, favorisant ainsi les échanges scientifiques avec des collègues européens et la réalisation d'études inter-laboratoires autour d'une thématique définie.

www.cost.esf.org

Quelle stratégie de recherche ?

Pour répondre à la question posée, notre stratégie a été d'explorer un modèle d'étude commun aux différents laboratoires européens partenaires de ce projet. L'étude a été menée à différentes échelles, allant du niveau moléculaire (interactions entre les composés d'arôme et les ingrédients de l'aliment

modèle) au niveau macroscopique (perception sensorielle par l'être humain), en passant par le niveau microscopique (relation entre la structure de l'aliment modèle et la dynamique moléculaire des composés d'arôme).

Nos actions et expérimentations ont donc concerné ces trois niveaux :

1. à l'échelle moléculaire :

- a. regroupement des données disponibles sur les composés volatils choisis pour aromatiser notre modèle
- b. modélisation moléculaire des interactions entre composés d'arôme et ingrédients non volatils constitutifs du modèle d'étude

2. au niveau microscopique :

- a. description de la méso-structure et caractérisation rhéologique¹ du modèle d'étude
- b. mesure de la diffusion des molécules d'arôme au sein du modèle d'étude

3. au niveau macroscopique :

- a. suivi de la libération d'arôme *in vitro*
- b. perception des qualités organoleptiques *in vivo*

Parmi les groupes de travail créés pour répondre à ces questions de recherche, deux ont été co-animés par des chercheurs dijonnais : Elisabeth Guichard, pour le groupe « Molecular level » (particulièrement point 1b) et Andrée Voilley pour le groupe « Flavour release » (particulièrement point 3a).

Pourquoi avoir choisi les crèmes dessert comme modèle d'étude ? Quelle composition et quelle texture ?

Le modèle d'étude commun devait avant tout permettre aux différentes équipes participantes de développer leur thématique de recherche et également correspondre à une réalité économique.

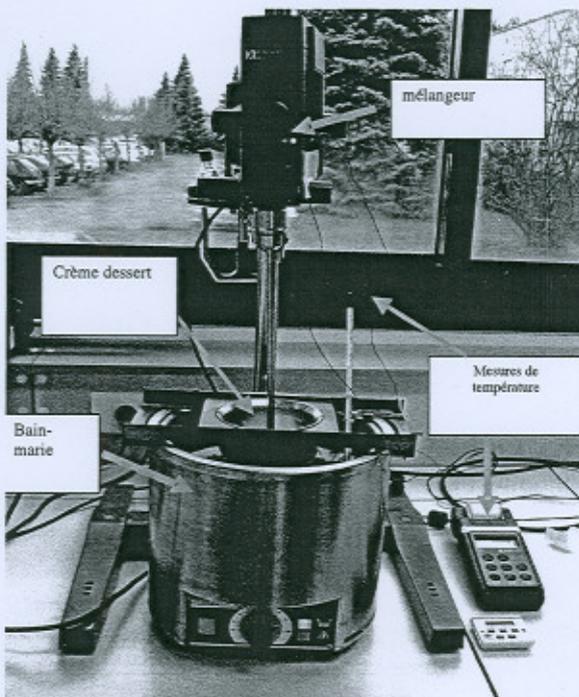


Photo 1 : Dispositif expérimental utilisé pour la préparation des crèmes dessert modèles. Un bain-marie permet de chauffer les ingrédients dispersés dans le lait. Le mobile d'agitation est normalisé et la vitesse d'agitation contrôlée de façon à obtenir un cisaillement reproductible du produit.

Les crèmes dessert comptent parmi les produits laitiers les plus consommés à travers l'Europe : *natilla* en Espagne, *custard* au Royaume Uni, *vla* aux Pays-Bas. Elles sont issues des traditions culinaires familiales. Leur préparation industrielle est relativement récente mais cette famille des desserts lactés a connu un développement spectaculaire depuis le milieu des années 1980.

Les matières premières à la base de sa fabrication sont :

- le lait, composant majeur, qui peut être ajusté en matière grasse et additionné de poudre de lait et/ou de protéines de lait sous différentes formes (de façon à modifier la teneur en protéines)
- les matières sucrantes, ajoutées sous forme de fructose, de sirop de glucose, de miel, de saccharose, etc....
- les gélifiants ou épaississants (extraits d'algues, amidons...) qui permettent de varier les textures
- enfin, pour le goût, on peut ajouter du cacao, du chocolat, du caramel... par exemple.

Nous avons donc choisi pour le COST 921 de travailler sur un modèle de crème dessert, produit pouvant être apprécié de façon internationale. Après quelques essais et dégustations, nous avons adopté une recette à base de lait entier, de sucre, d'amidon et de carraghénanes (gélifiants extraits d'une algue). Nous avons ensuite établi un protocole commun de préparation au moyen d'un matériel simple - donc facilement disponible dans l'ensemble des laboratoires (Photo 1) - et une aromatisation par un arôme fraise (ou, suivant les laboratoires, uniquement par certains composés volatils constitutifs de l'arôme fraise). Divers partenaires industriels, producteurs d'arôme ou d'autres ingrédients alimentaires, ainsi que des grands noms de l'industrie alimentaire ont été associés à notre réflexion et ont fourni les lots d'ingrédients. Chaque laboratoire a ensuite travaillé à partir de ce produit sur la recette de référence ou sur des systèmes simplifiés, pour les aspects moléculaires notamment.

Les crèmes desserts ainsi préparées étaient des produits qualifiés de semi-liquides à semi-solides, tels que des flans ou des crèmes pâtisseries ou encore des crèmes dessert de type

Danette®. Des méthodes rhéologiques simples ont été établies pour permettre de caractériser de manière standardisée les produits obtenus dans les différents laboratoires : un test en pénétrométrie permettant de mesurer la fermeté du produit gélifié et un test en viscoélasticité qui permet de caractériser plus finement la structure des produits en découplant la composante visqueuse d'un produit (caractère liquide) et la composante élastique du même produit (caractère solide). La texture finale des produits pouvait être modulée par un cisaillement appliqué ou non lors du refroidissement du produit.

[CAYOT, 2006.]

Perception des qualités organoleptiques de la crème dessert in vivo par un jury d'évaluateurs entraînés

Des crèmes dessert ont été réalisées en faisant varier la texture par un traitement mécanique mais sans changer la composition chimique (habituellement le formulateur industriel choisit de varier la texture en changeant la composition du produit mais avec un procédé de fabrication constant). Ceci nous a permis de connaître l'effet d'une modification de texture sur la perception et la libération des arômes. Trois textures ont été obtenues et ont été perçues par le jury d'analyse sensorielle comme étant significativement différentes. Le traitement mécanique effectué sur les crèmes les plus consistantes a ainsi permis d'obtenir des textures moins consistantes. Ces trois crèmes dessert ont été aromatisées avec du benzaldéhyde (note aromatique « amande ») et du caproate d'allyle (note aromatique « ananas »). Une diminution significative de la perception de l'arôme de ces deux molécules a été observée lorsque la consistance de la crème augmente [TOURNIER et al., 2006a].

Afin de savoir si ces différences de perception peuvent s'expliquer par des

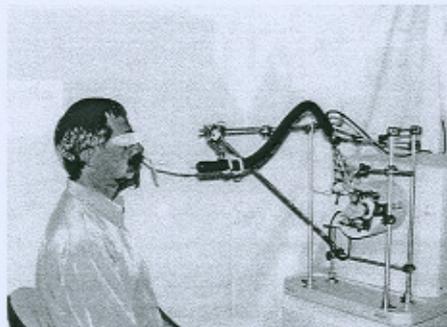


Photo 2 : Mesure de la libération des arômes in vivo par nose-space APCI-MS (spectrométrie de masse à source à pression atmosphérique). Le cobaye humain - volontaire - mange le produit de façon aussi « normale » que possible. Les molécules volatiles qui atteignent les fosses nasales sont aspirées par un tube puis analysées (en qualité et en quantité).



Photo 3 : Flacon permettant la mesure du coefficient de partage des composés volatils en phase d'équilibre dans un bain-marie. La petite vanne située sur le bouchon permet le prélèvement et l'analyse de l'air situé au-dessus du produit.

différences de libération des arômes, nous avons réalisé des mesures de cinétique de libération du benzaldéhyde et du caproate d'allyle in vivo au cours de la dégustation des crèmes desserts par la technique du NoseSpace-APCI-MS (Photo 2). Cette technique permet de suivre la libération des molécules odorantes dans les fosses nasales en fonction du temps lors de la consommation du produit alimentaire. Les courbes obtenues pour les deux arômes dans les trois crèmes de textures différentes sont présentées

sur la Figure 1. Le caproate d'allyle est libéré de façon plus intense que le benzaldéhyde mais les persistances sont identiques. Lorsque la crème est plus liquide (C20), le maximum d'intensité est atteint plus rapidement. Ces données peuvent en partie expliquer que l'intensité d'arôme est perçue plus faiblement dans les crèmes les plus consistantes (C0 et C10) lors de l'analyse sensorielle des produits par les évaluateurs [TOURNIER et al., 2006b].

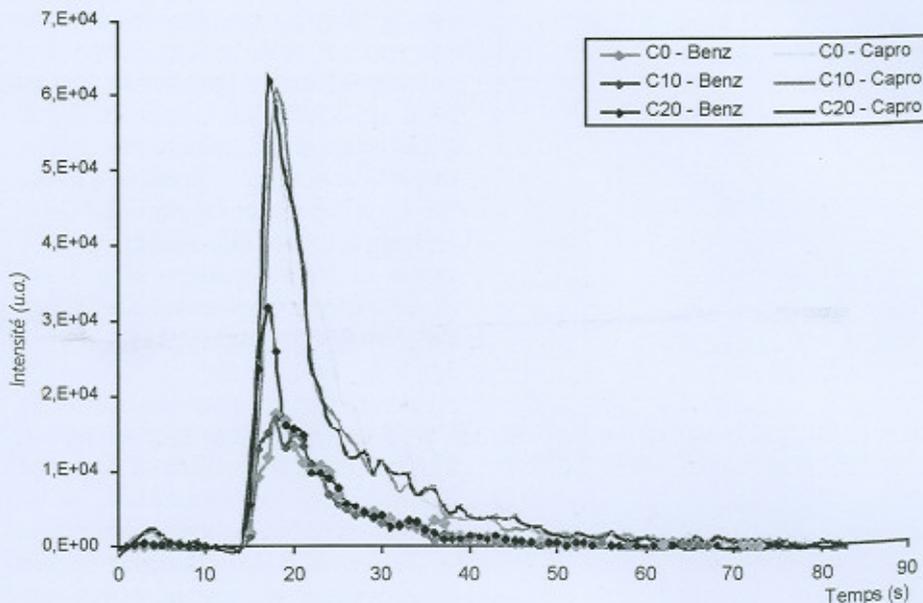


Figure 1 : Cinétique de libération suivie in vivo par la technique APCI-MS pour le benzaldéhyde (BENZ) et le caproate d'allyle (CAPRO) lors de la dégustation de crèmes desserts de structure variable. C0 est une crème épaisse, C10 une crème semi-épaisse et C20 une crème liquide

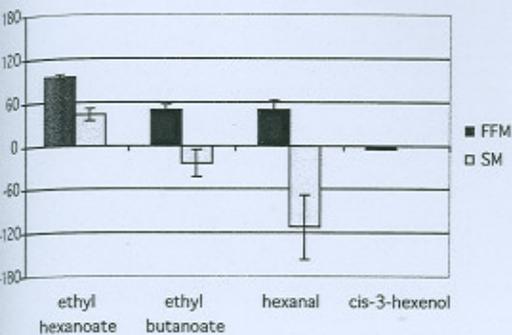


Figure 2 : Pourcentages de rétention de quelques composés de l'arôme fraise dans des crèmes dessert contenant du lait entier (FFM) ou du lait écrémé (SM) (MARTUSCELLI et al., 2008).

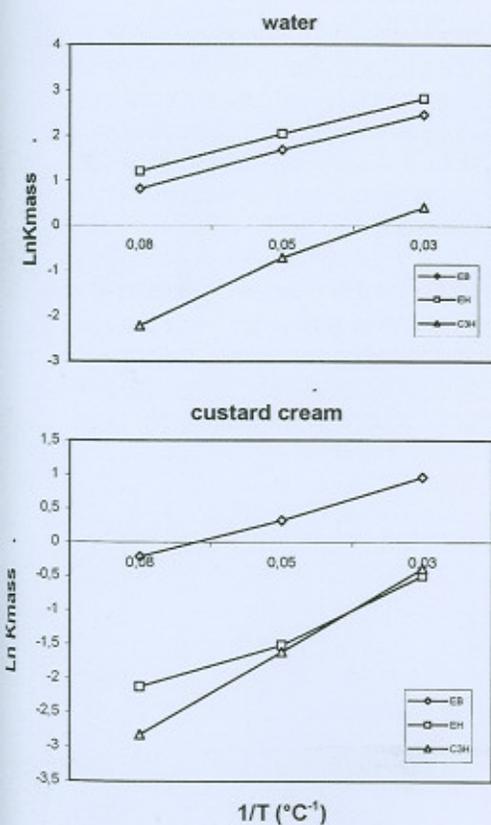


Figure 3 : Influence de la température (T) sur le coefficient de partage (K) de différents composés de l'arôme fraise dans l'eau et dans la crème dessert modèle. (SEUVRE, et al. 2008).

EB : butanoate d'éthyle, EH : hexanoate d'éthyle, C3H : cis-3-hexenol

Rétention et libération d'arôme : mesures *in vitro*

Pour mieux comprendre les relations entre perception des arômes et texture des produits, et afin de nous affranchir des variations de physiologie et de perception entre les différents évaluateurs, nous avons procédé à des mesures *in vitro*.

En ce qui concerne les mesures *in vitro*, la rétention de l'arôme fraise dans les différentes crèmes dessert (lait entier ou lait écrémé, texture plus ou moins liquide ...) a d'abord été étudiée en mode statique. Comme illustré sur la Photo 3, les échantillons sont placés dans des flacons étanches et dans un environnement contrôlé en température. Les composés volatils, en fonction de leur volatilité et des interactions engagées avec les autres constituants de la matrice, se partagent entre la matrice et la phase gazeuse. Lorsque l'équilibre est atteint, les concentrations des différents composés d'arôme sont mesurées dans la phase gazeuse. Ces données permettent de calculer un coefficient de partage entre le produit et l'air au-dessus du produit, ce qui nous renseigne sur les interactions entre chacun des composés volatils et la matrice. Par comparaison des résultats obtenus pour des matrices de compositions différentes, on peut en déduire l'influence des différents constituants de la matrice. La Figure 2 montre l'influence de la matière grasse du lait sur certains de ces coefficients de partage [MARTUSCELLI, et al., 2008]. De façon générale, la présence de matière grasse augmente la rétention des arômes dans les aliments.

Bien sûr la température ambiante influence le partage des composés d'arôme entre le produit et la phase gazeuse: une augmentation de la température provoque une augmentation de la quantité de composés volatils dans la phase gazeuse mais dans des proportions différentes d'un composé à l'autre (Figure 3, [SEUVRE et al., 2008]).

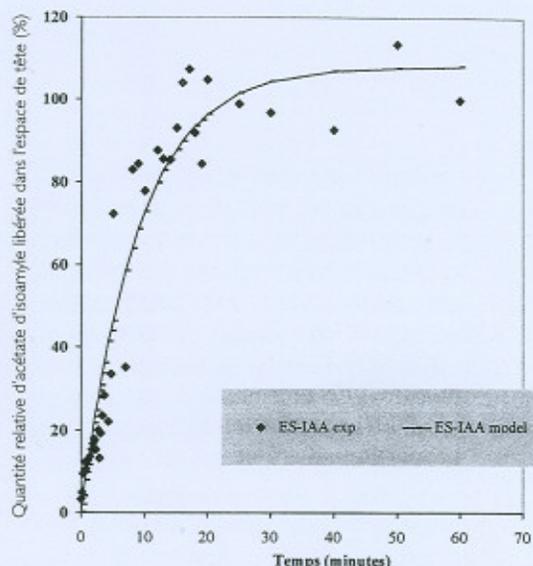


Figure 4 : Suivi de la libération de l'acétate d'isoamyle dans la phase gazeuse à partir d'une suspension d'amidon de maïs durant une agitation permanente (LAFARGE et al., 2008). Les points sont des valeurs expérimentales. La ligne continue représente le modèle mathématique utilisé pour calculer les différents paramètres de cette courbe de libération.

La libération des composés a ensuite été suivie en mode dynamique. On s'est placé volontairement hors de l'équilibre thermodynamique en favorisant le relargage des composés volatils en agitant le système et/ou en purgeant la phase gazeuse. On cherche ainsi à mimer certains phénomènes qui se produisent lors de la consommation d'un produit alimentaire : ouverture de l'emballage, mélange du contenu, mise en bouche, mastication... La Figure 4 montre une courbe obtenue lors du suivi de la libération d'un composé volatil (l'acétate d'isoamyle) à partir d'un modèle simplifié (une suspension d'amidon et non une crème dessert contenant la totalité des ingrédients). La modélisation de telles courbes a permis d'extraire des paramètres tels que des vitesses de libération ou des coefficients de transfert apparents. Dans le cas des suspensions d'amidon, nous avons montré que la libération des composés d'arôme formant des interactions avec l'amylose (macromolécules constitutives de l'amidon) était gouvernée principalement par ces interactions. A l'inverse, les composés volatils ne formant pas d'interactions avec l'amidon sont soumis à l'influence de la structure de la matrice. Plus il y a d'amidon solubilisé, moins les arômes sont libérés. En outre, plus la température est basse, plus ces effets sont marqués [LAFARGE et al., 2008].

Sur l'exemple suivant (Figure 5), on peut voir que l'agitation d'un système gélifié à base d'amidon, de carraghénane et de saccharose modifie bien sûr ses caractéristiques rhéologiques (Figure 5A) mais provoque également une libération brutale de l'arôme quelques minutes plus tard (Figure 5B). Savary *et al.* (2007) ont montré également que la proportion d'arôme libéré dans ces conditions dépendait grandement de la nature de l'arôme.

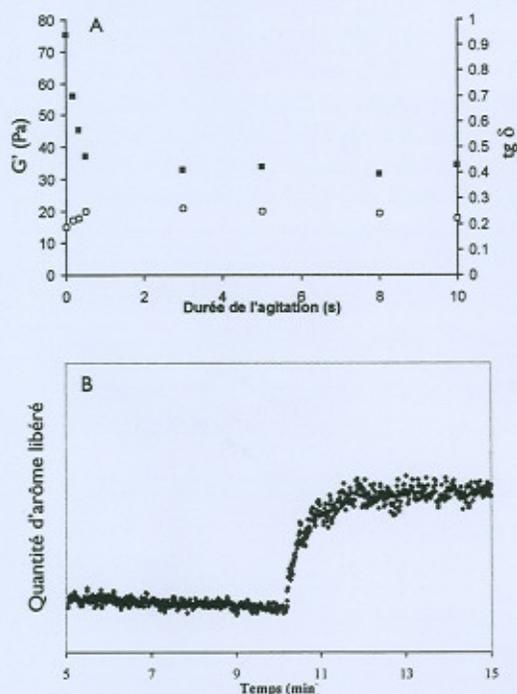


Figure 5 : Profil de variation des paramètres rhéologiques G' (composante solide) et $tg \delta$ (composante liquide) pour une matrice gélifiée à base de saccharose, d'amidon et de carraghénane (A) et profil de libération de l'hexanoate d'éthyle à partir de cette même matrice lors de l'agitation (B) (SAVARY *et al.*, 2007). Pour les deux profils, l'origine des temps est le début de l'agitation.

Description de la méso-structure et de la rhéologie du modèle d'étude

Pour mieux comprendre l'influence de la structure de matrice sur la libération d'arôme, différents modèles ont été observés à l'échelle microscopique. Une coloration différenciée des différents

constituants permet de visualiser l'organisation de la matrice. Sur la Figure 6, constituée de photographies d'observations réalisées en microscopie confocale sur un modèle à base d'amidon, de carraghénane et de saccharose, les grains d'amidon apparaissent en rouge et des agglomérats gélifiés de carraghénane apparaissent en vert.

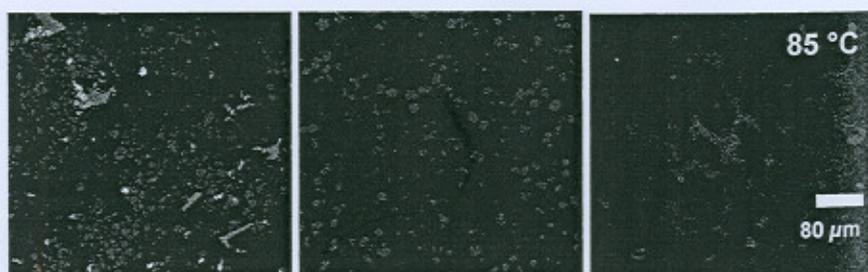
Savary *et al.* (2008) ont démontré que cette structure était obtenue suite à l'agitation du produit lors de son refroidissement. En effet, sur la Figure 7, on peut suivre le gonflement des grains

d'amidon lors d'un chauffage sans agitation. On observe que, contrairement à ce qui est observé sur la Figure 6 où il y a eu agitation après la phase de chauffage, le carraghénane est ici réparti de façon homogène en fin de chauffage. L'agitation du produit modifie donc sa structure et par conséquent peut modifier la capacité du produit à retenir les arômes.

La matrice obtenue est un système mixte constitué de grains d'amidon gonflés englués dans un gel de carraghénane plus ou moins fractionné par



Figure 6 : Sections optiques de microscopie confocale d'un modèle gélifié à base d'amidon, de carraghénane et de saccharose (SAVARY *et al.*, 2008).



- grains d'amidon natifs
- carraghénane non dissous
- Grains d'amidon non encore gonflés
- carraghénane dissous
- Grains d'amidon gonflés
- Carraghénane localisé dans la phase continue et dans les grains d'amidon granules

Figure 7 : Sections optiques de microscopie confocale d'un modèle à base d'amidon, de carraghénane et de saccharose. Observations à 25, 60 et 85°C au cours d'un chauffage réalisé sans agitation (SAVARY *et al.*, 2008). La comparaison avec la Figure 6 montre que l'absence d'agitation conduit à une structure homogène alors que le cisaillement après refroidissement (Fig. 6) semble induire une ségrégation entre l'amidon et le carraghénane.

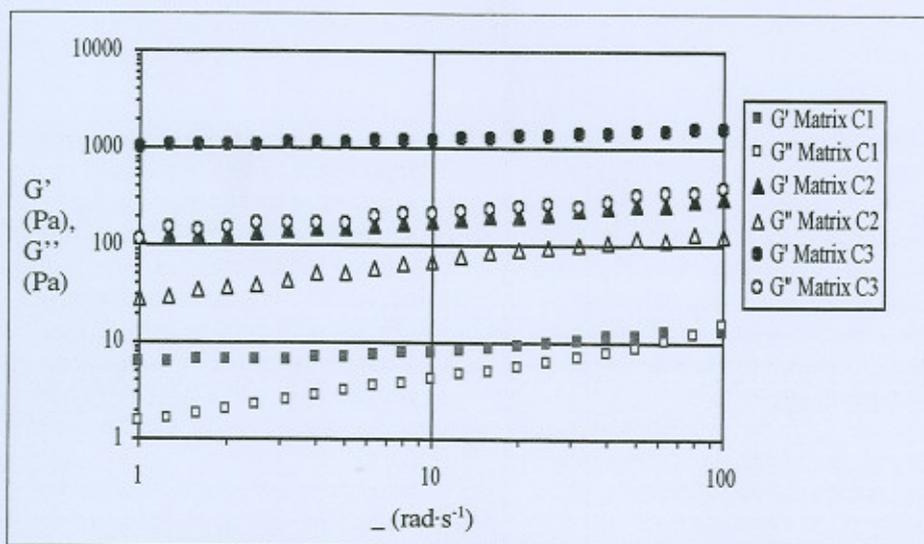


Figure 8 : Caractérisation rhéologique par viscoélasticimétrie de matrices modèles à base de saccharose, d'amidon et de carraghénanes, de différentes teneurs en carraghénanes (teneurs croissantes de C1 à C3) (SAVARY et al., 2008).

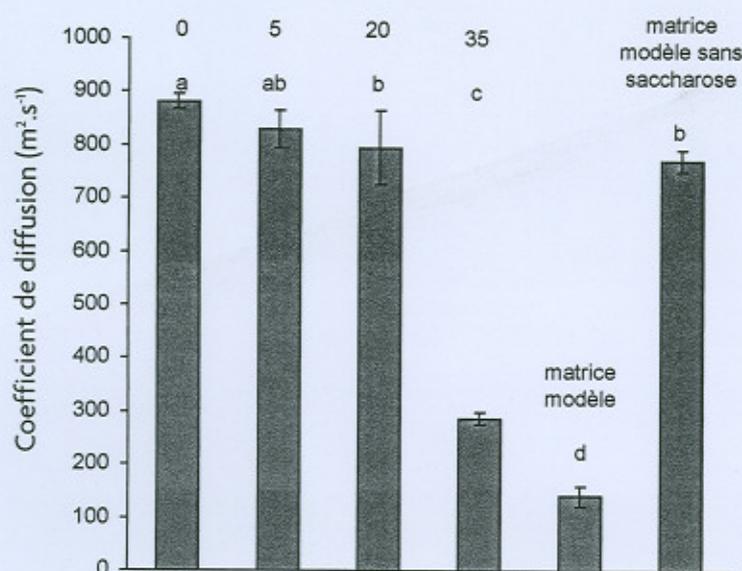


Figure 9 : Coefficients de diffusion moyens (m²·s⁻¹) du butyrate d'éthyle mesurés à 30°C dans des solutions de saccharose de différentes concentrations et dans le modèle amidon + carraghénane + saccharose (SAVARY et al., 2005). Les différences significatives au seuil de 5% sont indiquées par des lettres différentes sur les histogrammes.

l'agitation réalisée lors du refroidissement du produit. On voit également qu'une partie du carraghénane peut entrer à l'intérieur des grains d'amidon. Si on augmente la concentration en carraghénane, la phase gélifiée augmente et il en résulte une texture plus rigide du système obtenu (Figure 8) : les valeurs de la composante élastique (G', paramètre indicateur du caractère solide du produit) augmentent avec la concentration en carraghénane.

Diffusion des molécules d'arôme au sein du modèle d'étude

Une fois cette organisation microscopique connue, nous avons mesuré la diffusion des molécules volatiles au sein de cet amas de grains d'amidon et de carraghénane. Cette mesure a été effectuée par Résonance Magnétique Nucléaire (RMN)

bidimensionnelle. L'échantillon de gel est soumis à un champ magnétique et on suit le déplacement de la signature chimique des composés cibles au cours du temps. La Figure 9 montre le coefficient de diffusion mesuré pour un des constituants de l'arôme fraise - le butyrate d'éthyle - dans des solutions de saccharose de différentes concentrations et dans le modèle amidon + carraghénane + saccharose.

Il apparaît clairement que la concentration en saccharose a une influence prépondérante sur la diffusion du composé volatil, ce qui est connu depuis longtemps. Au-delà d'une certaine concentration en saccharose, la viscosité augmente brutalement et en conséquence la diffusion chute. Néanmoins on constate un effet supplémentaire de la structure gélifiée sur la diffusion.

Modélisation moléculaire des interactions entre composés d'arômes et ingrédients non volatils constitutifs du modèle d'étude

Si de nombreuses études ont montré que les arômes peuvent être retenus par les macromolécules de l'aliment par des interactions plus ou moins fortes, peu d'études ont conduit à la détermination précise des sites de fixation. C'est pourquoi dans le cadre de cette action, des méthodes spectroscopiques associées à des outils de modélisation moléculaire ont été mises en place sur un modèle qui avait déjà été bien étudié au préalable au sein de l'UMR-FLAVIC [GUICHARD et LANGOURIEUX, 2000], à savoir une protéine laitière bien caractérisée, la β -lactoglobuline. Rappelons que le modèle d'étude choisi (crème dessert), outre le sucre, l'amidon et les carraghénanes, contient en grande quantité des protéines provenant du lait. Les interactions entre la β -lactoglobuline et 2 composés d'arôme, la β -ionone et la γ -décacalactone ont été étudiées par spectroscopie de résonance magnétique

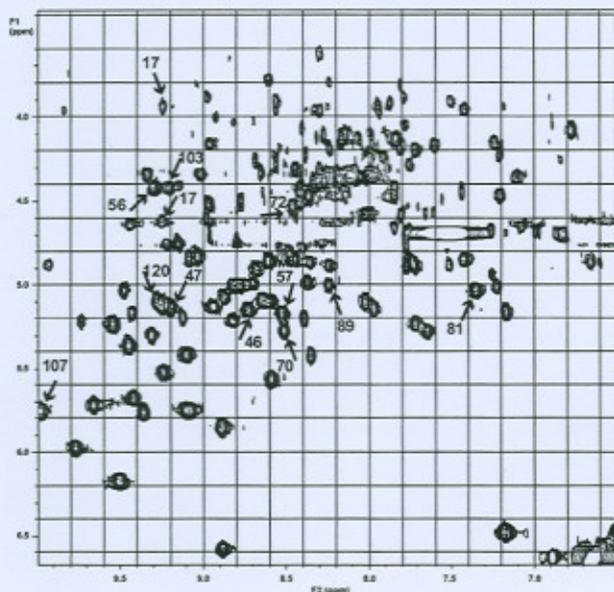


Figure 10 : Partie d'un spectre de RMN bidimensionnelle du proton montrant les pics de corrélation dans la région NH-CHR, avec les numéros des acides aminés impliqués dans l'interaction de la β -lactoglobuline avec la β -ionone.

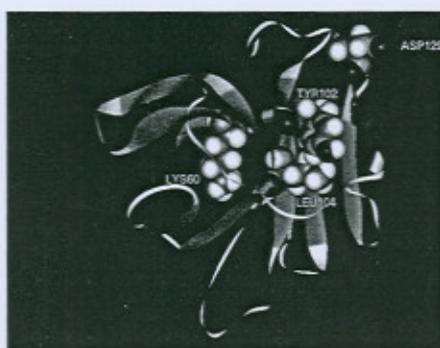
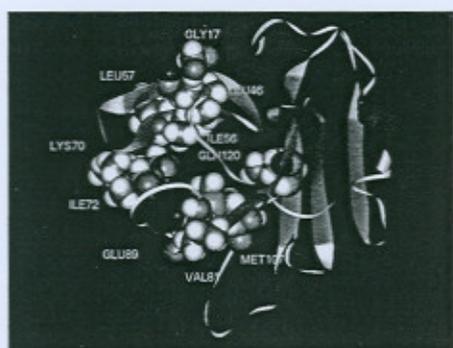


Figure 11 : Représentation par modélisation moléculaire des acides aminés de la β -lactoglobuline impliqués dans l'interaction avec le γ -décalactone (gauche) et la β -ionone (droite).

nucléaire² (RMN) bidimensionnelle [LÜBKE et al., 2002]). Les spectres de RMN ont été réalisés en solution aqueuse à pH 2.0 pour que la protéine soit dans un état de monomère, sur la protéine seule et sur les complexes protéine-arôme. La visualisation de la région des groupements NH-CHa montre les signaux dus aux couplages entre les protons liés aux atomes N- et C- des liaisons peptidiques (Figure 10). Les différences de déplacements observées sur les spectres peuvent être attribuées à des changements de conformation de la protéine dus à la présence des composés

d'arôme. Les résultats de modélisation moléculaire montrent que la plupart des acides aminés de la protéine affectés par l'interaction avec le γ -décalactone sont localisés dans la cavité centrale alors que l'interaction avec la β -ionone affecte les acides aminés situés dans un site sur la surface extérieure de la protéine (Figure 11). En associant des résultats de RMN et des données de modélisation moléculaire, nous avons ainsi démontré l'existence de deux sites de fixation différents des arômes sur la β -lactoglobuline [Tromelin et Guichard, 2006].

Ainsi, les protéines présentes dans le produit interviennent probablement aussi dans les mécanismes de rétention des molécules d'arôme, tout comme les polysides ou encore la matière grasse.

Conclusion

L'arôme fraise, retenu pour cette étude, était constitué de quinze composés volatils à différentes concentrations dans la triacétine (solvant) ; ces composés représentent les différentes classes chimiques de l'ensemble des 360 composés que l'on peut identifier dans un extrait de fraise. Chaque composé d'arôme peut avoir un comportement spécifique du fait de ses propriétés physico-chimiques et des interactions qu'il peut développer avec certains des ingrédients de la crème dessert (amidon, protéines ou lipides du lait ...). Il est par conséquent très difficile de délivrer une conclusion univoque pour cette étude. Les conclusions de chaque partie de l'étude ont été regroupées dans la représentation très schématique proposée Figure 12. De façon globale, plus la crème dessert est épaisse et solide, plus la perception de l'arôme peut être affaiblie. Les fluctuations mesurées pour les différents composés volatils et les différentes textures montrent le rôle important du formulateur lorsqu'un changement d'arôme, de recette ou encore une modification de procédé interviennent au cours de la fabrication des produits alimentaires. ■

Arôme fraise contenant x composés 		Composés d'arôme ne formant pas d'interactions spécifiques : Coefficient de partage gaz-matrice relativement constant	Composés d'arôme formant des interactions spécifiques : Coefficient de partage variable
Crème dessert 	Liquide  Solide	Diffusion ↘ Libération <i>in vitro</i> ↘ Libération <i>in vivo</i> : intensité maximale faiblement retardée Perception ↘	Diffusion ↘ Libération <i>in vitro</i> : = Libération <i>in vivo</i> : intensité maximale faiblement retardée Perception ↘

Figure 12 : Représentation schématique des conclusions de l'étude COST921

Définitions

¹ La rhéologie est l'étude de la déformation et de l'écoulement de la matière sous l'effet d'une contrainte appliquée. Dans la pratique, elle permet de déterminer les propriétés mécaniques macroscopiques à partir d'une étude basée sur la structure micro ou nanoscopique du matériau, par exemple la taille moléculaire et l'architecture d'un polymère en solution ou encore la distribution de taille de particules dans une suspension solide.

² Le principe de la RMN est basé sur les propriétés que certains noyaux d'atome acquièrent lorsqu'ils sont placés dans un champ magnétique intense. Ils peuvent alors interagir avec des ondes radio pour émettre des signaux. Ces signaux permettent d'identifier la structure des différents composés présents.

Bibliographie

- CAYOT, N., 2006. Preliminary tests on a flavoured model system: elaboration process and rheological characterisation of a custard dessert. *Flavour and Fragrance Journal*, 21(1), 25-29.
- GUICHARD E., LANGOURIEUX S., 2000. Interactions between beta-lactoglobuline and flavour compounds. *Food Chemistry*, 71 (3) 301-308.
- LAFARGE C., BARD M-H, BREUVART A., DOUBLIER J-L, CAYOT N., 2008. Influence of the structure of maize starch dispersions on kinetics of aroma release. *Journal of Food Science (In press)*.
- LÜBKE, M., GUICHARD, E., TROMELIN, A., AND LE QUÉRÉ, J-L., 2002. Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopic Study of beta-Lactoglobulin Interactions with Two Flavor Compounds, gamma-Decalactone and beta-Ionone. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50, 7094-7099.
- MARTUSCELLI, M., SAVARY, G., PITTIA, P., CAYOT, N., 2008. Vapour partition of aroma compounds in strawberry flavoured custard cream and effect of fat content. *Food Chemistry*, 108(4), 1200-1207.
- SAVARY G, HANDSHIN S, CONDE-PETIT B, CAYOT N, DOUBLIER J-L., 2008. Structure of polysaccharide-starch composite gels by rheology and confocal laser scanning microscopy: Effect of the composition and of the preparation procedure. *Food Hydrocolloids*, 22, 520-530.
- SAVARY G., GUICHARD E., DOUBLIER J.L., CAYOT N. AND MOREAU C., 2005. Influence of ingredients on the self-diffusion of aroma compounds in a model fruit preparation: an NMR-DOSY investigation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(3), 665-671.
- SAVARY, G.; SÉMON, E.; MEUNIER J-M., DOUBLIER, J-L, and CAYOT, N., 2007. Impact of destroying the Structure of model Gels on Flavor Release. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 7099-7106
- SEUVRE A.-M., TURCI C. and VOILLEY A., 2008. Effect of the temperature on the release of aroma compounds and on the rheological behaviour of model dairy custard. *Food Chemistry*, 108(4), 1176-1182.
- TOURNIER C., GUICHARD E., SULMONT-ROSSÉ C., 2006a. Aroma cross-modal interactions with texture and taste in dairy products. IUFOST 2006. XIIIth World Congress of Food Science and Technology "FOOD IS LIFE" Nantes, September 18-21.
- TOURNIER C., SULMONT-ROSSE C., GUICHARD C., 2006b. Texture-flavour cross-modal interactions in dairy products. Physico-chemical or cognitive mechanism? A sense of diversity 2nd european conference on sensory consumer science of food and beverages 26-29 september, La Haye.
- TROMELIN A., GUICHARD E., 2006. Interaction between flavour compounds and beta-lactoglobulin: approach by NMR and 2D/3D-QSAR studies of ligands. *Flavor and Fragrance J.* 21: 13-24.