



# Biscuits et Biotechnologies

MODULE 3

*European Initiative for Biotechnology Education*

---

**Ont contribué à l'élaboration de ce module**

Gérard Coutouly (Coordinateur)

Lisbeth Marcussen, John Schollar, Ognian Serafimov, Jill Turner



***L'Initiative Européenne pour une Éducation Biotechnologique (EIBE) a pour vocation d'améliorer la compréhension de la biotechnologie, de promouvoir ses techniques, et de susciter le débat public par le biais d'une formation adéquate dans les établissements scolaires et universitaires de l'Union européenne (UE).***

## Correspondants de l'EIBE:



### ALLEMAGNE

| Horst Bayrhuber / Eckhard R. Lucius / Regina Rojek / Ute Harms / Angela Kroß, Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel, Olshausenstraße 62, D-24098 KIEL.

| Ognian Serafimov, UNESCO-INCS, c/o Jörg-Zürm-Gewerbeschule, Rauensteinstraße 17, D-88662 ÜBERLINGEN.

| Eberhard Todt, Fachbereich Psychologie, Universität Gießen, Otto-Behaghel-Straße 10, D-35394 GIEßEN.



### AUTRICHE

| Rainhart Berner, Höhere Bundeslehr- und Versuchsanstalt für Chemische Industrie Wien, Abt. für Biochemie, Biotechnologie und Gentechnik, Rosensteingasse 79, A-1170 WIEN.



### BELGIQUE

| Vic Damen / Marleen Van Strydonck, R&D Groep VEO, Afdeling Didactiek en Kritiek, Universiteit vAntwerpen, Universiteitsplein 1, B-2610 WILRIJK.



### DENEMARK

| Dorte Hammelev, Biotechnology Education Group, Foreningen af Danske Biologer, Sønderengen 20, DK-2860 SØBORG.

| Lisbet Marcussen, Biotechnology Education Group, Foreningen af Danske Biologer, Lindevej 21, DK-5800 NYBORG.



### EIRE

| Catherine Adley / Cecily Leonard, University of Limerick, LIMERICK.



### ESPAGNE

| María Sáez Brezmes / Angela Gómez-Niño / Rosa M. Villamañán, Facultad de Educación, Universidad de Valladolid, Geologo Hernández Pacheco 1, ES-47014 VALLADOLID.



### FRANCE

| Gérard Coutouly, LEGTP Jean Rostand, 18 Boulevard de la Victoire, F-67084 STRASBOURG Cedex.

| Laurence Simonneaux / Jean-Baptiste Puel, Ecole Nationale de Formation Agronomique, Toulouse-Auzeville, Boite Postale 87, F-31326 CASTANET TOLOSAN Cedex.



### ITALIE

| Antonio Bargellesi-Severi / Alessandra Corda Mannino / Stefania Uccelli, Centro di Biotecnologie Avanzate, Largo Rosanna Benzi 10, I-16132 GENOVA.



### LUXEMBOURG

| John Watson, Ecole Européenne de Luxembourg, Département de Biologie, 23 Boulevard Konrad Adenauer, L-1115 LUXEMBOURG.



### PAYS-BAS

| David Bennett, Cambridge Biomedical Consultants, Schuytstraat 12, NL-2517 XE DEN HAAG.

| Fred Brinkman, Hogeschool Holland, Academy for Communication, Postbus 261, NL-1110 AG DIEMEN.

| Liesbeth van de Grint / Jan Frings, Hogeschool van Utrecht, Educatie Centrum voor Biotechnologie, FEO, Afdeling Exacte Vakken, Biologie, Postbus 14007, NL-3508 SB UTRECHT.



### ROYAUME-UNI

| Wilbert Garvin, Northern Ireland Centre for School Biosciences, NIESU, School of Education, The Queen's University of Belfast, BELFAST, BT7 1NN.

| John Grainger / John Schollar / Caroline Shearer, National Centre for Biotechnology Education, The University of Reading, PO Box 228, Whiteknights, READING, RG6 6AJ.

| Jill Turner, Department of Science and Technology Studies, University College London, Gower Street, LONDON, WC1 6BT.

| Paul Wymer, Society for General Microbiology, Marlborough House, Basingstoke Road, READING RG7 1AE.



### SUÈDE

| Margareta Johansson, Föreningen Gensyn, PO Box 37, S-26881 SVALÖV.

| Elisabeth Strömberg, Östrabo Gymnasiet, S-45181 UDDEVALLA.

## Coordinateur de l'EIBE:

Horst Bayrhuber, Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel, Olshausenstraße 62, D-24098 KIEL, Germany. Telephone: + 49 (0) 431 880 3166 (EIBE Secretary: Regina Rojek). Facsimile: + 49 (0) 431 880 3132.



# Biscuits et Biotechnologies

MODULE 3

*European Initiative for Biotechnology Education*

CONTENTS

## Contenu

★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★

I	<b>Equipe de développement, copyright</b>	<b>4</b>
I	<b>Sécurité</b>	<b>5</b>
I	<b>A propos de cette unité</b>	<b>6</b>
I	<b>Conseils au professeur</b>	<b>7</b>
I	<b>Livret des élèves</b>	
	"Le secret des biscuits"	<b>8</b>
I	<b>Activités pratiques :</b>	
	Introduction	<b>13</b>
	<b>Activité 1 : Le jeu des biscuits</b>	
	<i>Document professeur</i>	<b>14</b>
	<i>Fiche de travail élève 1</i>	<b>15</b>
	<b>Activité 2 : Un peu d'analyse sensorielle</b>	
	<i>Document professeur</i>	<b>16</b>
	<i>Document élève</i>	<b>17</b>
	<i>Fiche de travail élève 2</i>	<b>20</b>
	<b>Activité 3 : La réalisation pratique de biscuits</b>	
	<i>Fiche de travail élève 3</i>	<b>21</b>
	<b>Activités 4 et 5 : L'utilisation des enzymes</b>	
	<i>Fiche de travail élève 4 : amyloglucosidase (AMG)</i>	<b>23</b>
	<i>Fiche de travail élève 5 : Sweetzyme</i>	<b>24</b>
I	<b>Appendice</b>	
	<b>Activité 1 :</b>	
	Questions suggérées	<b>25</b>

## World Wide Web

★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★

Peu de domaines connaissent un développement aussi rapide que la biotechnologie. La publication électronique des modules de l'EIBE permet une révision et une mise à jour régulière de leur contenu ainsi qu'une diffusion à un moindre coût. Les pages qui suivent (comme celles des autres modules) sont disponibles dans le monde entier sur le site :

<http://www.reading-ac.uk/NCBE>

Tous les modules sont des documents PDF (Format de document portable), ce qui signifie que la haute qualité des illustrations, de la couleur, des polices et de la mise en page de ces documents est garantie quel que soit votre ordinateur (Macintosh - Power P.C. inclus - Windows, DOS ou Unix).

Les documents PDF sont de format plus réduit que les documents à partir desquels ils ont été créés afin de réduire le temps de téléchargement. Cependant, pour consulter les modules de l'EIBE, le logiciel Adobe Acrobat Reader est nécessaire. Le logiciel Acrobat Reader 3.0 est disponible gratuitement dans plusieurs langues (allemand, anglais, espagnol, français, italien, néerlandais et suédois). Il peut être téléchargé à partir du site :

<http://www.adobe-com/>

Ce logiciel permet de lire et d'imprimer les modules de l'EIBE et de "naviguer" facilement parmi les documents.

N.B. : Adobe et Acrobat sont les marques déposées de Adobe Systems Incorporated. Macintosh est la marque déposée de Apple Computer Incorporated

Version française de janvier 1998 (en fait 21/01/98)

# Equipe de développement

- Gérard Coutouly, (Coordinateur de l'unité)  
LEGTP Jean Rostand, Strasbourg, France
- Lisbeth Markussen  
Nyborg Gymnasium OG HF, Denmark
- Ognian Serafimov  
Jörg Zürn Gewerbeschule Überlingen, Allemagne
- Jill Turner  
The Queen's University of Belfast, Belfast U.K.

Mise en page, illustration, annexes et édition : Caroline Shearer, NCBE, The University of Reading, Grande Bretagne

## © Droits de reproduction

Les divers contributeurs affirment leur droits de reproduction conformément à la législation française en vigueur.

### Usage pédagogique

La reproduction électronique, ou imprimée, de la totalité ou d'une partie du module est autorisée pour l'usage des étudiants, à condition que les copies soient diffusées à prix coûtant ou à un prix inférieur au coût de reproduction, et que les auteurs et coauteurs, détenteurs des droits de reproduction, soient identifiés en tant que tels.

### Autres usages

Ce module peut être distribué de personne à personne, à des fins non commerciales, mais ne peut être diffusé par distribution électronique, listes de diffusion, babillards. Il ne peut être diffusé sans autorisation sur

le World Wide Web, ni par tout autre moyen de diffusion et de reproduction qui se substituerait à un abonnement ou à une autorisation individuelle d'accès, ni par tout autre moyen qui ne respecterait pas, de bonne foi ces contraintes.

### Usage commercial

Pour une utilisation partielle ou complète de ce module à des fins commerciales ou pour toute autre publication, veuillez contacter :

Secrétariat de l'EIBE  
c/o Institut für die Pädagogik der  
Naturwissenschaften  
Universität Kiel  
Olshausenstra(e 62  
D-24098 Kiel  
Allemagne  
Téléphone : + 49 431 880 3137  
Télécopie : + 49 431 880 3132  
E-mail : rojek@ipn.uni-kiel.de

Pour toute question ou tout commentaire concernant ce module, veuillez vous adresser à

Gérard Coutouly  
LEGTP Jean Rostand  
18, Boulevard de la Victoire  
F - 67084 STRASBOURG Cedex  
Téléphone : + 33 3 88 14 43 50  
Télécopie : + 33 3 88 14 43 59  
E-mail : + coutouly@cybercable.tm.fr

## Remerciements

Nous sommes très redevables à L'Alliance 7, 194 avenue de Rivoli, F - 75001 PARIS, organisme de formation de l'"Union Syndicale de la Biscuiterie", en particulier Madame Desgrez pour la communication des documents techniques utilisés dans cette unité. Des remerciements sont également à adresser aux industriels de différents pays.

Nous sommes très reconnaissants au *Dr. Eckardt Lucius* (IPN, Université de Kiel) et au *Dr Müller* (Stuttgart) pour leurs documents sur le sucre et les autres édulcorants.

Merci également aux étudiants du Lycée Jean Rostand, Vincent Acker et Frédéric Salach, pour leur travail de synthèse sur les édulcorants.

L'EIBE est également redevable aux personnes suivantes pour leur aide dans la préparation de cette unité : Lisbeth van de Grint (Hogeschool van Utrecht, The Netherlands) and John Schollar (National Center for Biotechnology Education, The University of Reading, The United Kingdom) organisèrent et réalisèrent un atelier international au cours duquel le contenu des versions précédentes de cette unité fut testé. Les professeurs suivants prirent part à cet atelier et fournirent des commentaires utiles sur les contenus : *E. Vergaus, L. Daniels, I. Neels* (Belgium); *Dorte Hammelev* (Denmark); *Lucienne Diemer* (France); *Thomas Jeh, Dr U. Schnack, Dr E. Lipkow* (Germany); *A. de Graaf, Guss Smid, J. Gradener* (The Netherlands); *Rebecca Weston, Jane Gent, Derk Mackie, Sarah Whitethread, Maggie Parson* (The United Kingdom).

Un second atelier, national celui là, fut organisé par **Laurence Simonneaux** (ENFA, Toulouse), **André Goureau** (ENFA, Toulouse), **Christiane Borin** (ENFA, Toulouse), *Mme Darré* (ENFA, Toulouse). The following teachers of the French Agricultural Ministry took part : *S. Gonzalez* (LEGTA Gap), *E. Cambot-Ledwige* (LPA Mirande), *A. Corry* (LEGTA Montmorillon), *M. Le Tiec* (LEGTA Mirecourt), *N. Semenou* (LPA Castenaudary), *G. Vignals* (LEGTA Auzeville), *B. Delmas* (LEGTA Marmilhat), *M. F. Feuillerat, N. Nadreau* (LEGTA Auzeville), *T. Bégué* (LEGTA Auch), *B. Operic* (LEGTPA Auzeville), *Mme Prion* (LEGTPA Auch), *M. Laudouar* (LEGTA Pau) *L. Sudriez* (LPA Mirande). Leurs remarques ont contribué à la mise au point définitive de cette unité.

Merci également à *Joëlle Podevin*, diététicienne et professeur au Lycée Jean Rostand (Strasbourg) pour sa recette du *Petit beurre*. Merci à *Lucienne Diemer* (Strasbourg) et à *Laurence Simonneaux* (Toulouse) pour leur relecture attentive de la version française.

## Sécurité

Dans toutes les unités EIBE, nous avons essayé de recenser tous les risques qui ont été identifiés et de suggérer toutes les précautions utiles.

Dans la mesure du possible, les procédures proposées sont en conformité avec les règles généralement admises concernant la prévention des risques. Si un risque particulier se présente, il a été signalé.

Cependant, les utilisateurs doivent être conscients que des erreurs ou des omissions peuvent avoir été faites, et que différents employeurs et autorités pédagogiques adoptent des standards différents. Ainsi, avant de réaliser n'importe quelle activité, les utilisateurs doivent toujours effectuer leur propre évaluation des risques. En particulier il faut respecter toutes les règles locales fixées par les employeurs ou les autorités pédagogiques, quoi qu'il soit suggéré dans les unités EIBE.

A moins que le contexte ne dicte autre chose, il est supposé que :

- le travail pratique est réalisé dans un laboratoire correctement équipé et entretenu;
- que tous les équipements principaux sont correctement entretenus;
- que les précautions élémentaires sont prises concernant des opérations simples comme le chauffage;
- que les bonnes pratiques de laboratoire sont respectées lorsque sont utilisés des substances chimiques ou des organismes vivants;
- que des lunettes protectrices sont portées à chaque fois qu'il y a un risque pour les yeux;
- que les élèves ou les étudiants ont été formés à une utilisation en toute sécurité des produits chimiques et des organismes vivants.

# A propos de cette unité



## Introduction

Cette unité a été mise au point par des praticiens de l'enseignement et de l'éducation de plusieurs pays de l'Union Européenne, réunis grâce au soutien et aux encouragements de la DG XII de la Commission Européenne, sous les auspices de l'EIBE, European Initiative for Biotechnology Education.

L'ensemble des activités a été testé au cours d'ateliers pratiques regroupant des enseignants de toutes les disciplines intervenant dans les biotechnologies. Les idées exprimées dans cette unité et les activités suggérées concernent les auteurs et non la Commission Européenne.

Une attention particulière doit être attachée aux instructions générales concernant la sécurité données en introduction de cette unité, et aux conseils concernant la sécurité tout au long du texte.

## Contenu

Cette unité comprend une série d'activités concernant l'utilisation des biotechnologies dans l'industrie alimentaire. Deux thèmes spécifiques sont abordés.

### La fabrication des biscuits

Celle ci renvoie à l'obtention à grande échelle d'un produit alimentaire actuellement considéré comme banal. On se propose de la replacer dans le contexte de l'histoire de l'évolution des aliments, de celle des biotechnologies et de fournir des informations concernant les aspects scientifiques, techniques, industriels, économiques et législatifs de la fabrication des biscuits.

### Les édulcorants

Les additifs alimentaires sont introduits comme intervenant dans une étape de la production de biscuits. Un exemple d'additif alimentaire est présenté, celui des édulcorants artificiels. L'obtention des édulcorants autres que le sucre est présentée dans son contexte historique, économique et technologique.

D'abord, une introduction aux diverses problé-

matiques de l'unité est proposée :

- Sherlock Holmes, sa célèbre loupe à la main, enquête sur un biscuit ....
- qu'est ce que son célèbre esprit de déduction va mettre en lumière? D'ailleurs, quelles questions peut-il se poser?
- quelles questions pouvons nous poser maintenant?
- que pouvons-nous trouver actuellement? Tel est le point de départ...

Cette unité comprend 5 **séquences pédagogiques pratiques** :

1. un **jeu** sous la forme d'une compétition entre deux équipes : chacune d'entre elles a à répondre, à son tour, à des questions choisies à l'avance;
2. des **tests d'analyse sensorielle** permettant la découverte des différents goûts élémentaires, en particulier les différents niveaux de pouvoir sucrant des édulcorants;
3. la **confection de biscuits** (" petits beurre ") en donnant aux élèves une expérience de première main de la confection de biscuits, des divers ingrédients et de leur mise en oeuvre à petite échelle;
- 4/5. des **expériences scientifiques** d'utilisation d'enzymes industriels montrant comment un édulcorant, le sirop de fructose, est obtenu en utilisant des enzymes industriels.

Des informations théoriques figurent dans un fascicule théorique dénommé *Le secret des biscuits*. Elles concernent :

- l'histoire des biscuits
- la production d'édulcorants à partir de d'amidon
- le sirop de fructose
- l'amélioration des qualités des enzymes
- la législation
- des questions vis à vis des produits nouveaux.

# Conseils au professeur



Les différentes activités proposées sont susceptibles d'être utilisées de manière indépendante ou d'être regroupées autour de différents thèmes pédagogiques. A priori, on peut penser, au moins, à 3 pôles possibles.

## Nutrition

Le biscuit est considéré comme un aliment. On se centrera sur la composition chimique des ingrédients employés (farine, sucre, graisses), sur le rôle nutritif de leurs constituants et sur leur modification éventuelle (utilisation d'additifs). Il s'agit aussi d'apprécier le goût et son maintien au cours de la production, et ce à grande échelle. Enfin, la production de biscuits s'inscrit dans un cadre économique et réglementaire donné.

## Bio- industrie

Le biscuit est peut être vu comme l'aboutisse-

ment d'un ensemble d'opérations techniques complexes. Celles-ci s'inscrivent dans un contexte économique, culturel et réglementaire bien défini. De plus, les techniques de production sont améliorées par l'utilisation d'additifs, tel que le sirop de glucose.

## Biotechnologie

L'accent sera ici mis sur l'intervention des enzymes dans l'obtention des additifs alimentaires. Ainsi seront vues par exemple l'amyloglucosidase et la glucose isomérase dans l'obtention de sirop de glucose et de fructose ainsi que leur intervention dans un procédé de fabrication industrielle, celle des biscuits.

Dans le tableau de synthèse ci dessous, on peut voir que même si les buts spécifiques sont différents, les activités suggérées sont les mêmes dans les différents domaines, seul l'ordre dans lequel elles vont être utilisées est modifié.

**Table 1. Activités groupées selon divers thèmes**

	<b>Nutrition</b>	<b>Bio-industrie</b>	<b>Biotechnologie</b>
<b>Principaux aspects pédagogiques à développer</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Composition chimique des biscuits</li> <li>● <b>Rôle nutritif des différents constituants</b></li> <li>● Production des biscuits                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- qualité; contrôle du procédé</li> <li>- amélioration l'utilisation des édulcorants</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Composition chimique des biscuits</li> <li>● <b>Production des biscuits</b></li> <li>● Amélioration du procédé</li> <li>● Les enzymes et leur modification (ingénierie des protéines)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Composition chimique des biscuits</li> <li>● Le procédé de fabrication (rapidement)</li> <li>● <b>L'amélioration du procédé de fabrication (utilisation des édulcorants)</b></li> <li>● Les enzymes et leur modification (ingénierie des protéines)</li> </ul>
<b>Diverses activités suggérées</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Evaluation formative (jeu)</li> <li>● Analyse sensorielle des goûts</li> <li>● Réalisation de biscuits (activité pratique)</li> <li>● Utilisation d'enzymes industriels (activité pratique)</li> <li>● Evaluation sommative (jeu)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Evaluation formative (jeu)</li> <li>● Etude attentive du livret</li> <li>● Analyse sensorielle des goûts</li> <li>● Réalisation de biscuits (activité pratique)</li> <li>● Utilisation d'enzymes industriels (activité pratique)</li> <li>● Evaluation sommative (jeu)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Evaluation formative (jeu)</li> <li>● Utilisation d'enzymes industriels (activité pratique)</li> <li>● Analyse sensorielle des goûts</li> <li>● Réalisation de biscuits (activité pratique)</li> <li>● Evaluation sommative (jeu)</li> </ul>

# Le secret des biscuits



## Un peu d'histoire..

Bien que la fabrication industrielle des biscuits n'ait commencé qu'au XIX<sup>ème</sup> siècle, les gâteaux et les biscuits étaient connus depuis près de 10000 ans. Une "bouillie" de céréales fut cuite au four et devint la première nourriture conservée.

La cuisson au four se généralisa au Moyen-Age et différentes graisses, sucres et sels furent mélangés avec des céréales ce qui fut, avec le temps, l'origine des différents biscuits et gâteaux.

Jusqu'au XVIII<sup>ème</sup> siècle, ces gâteaux et biscuits étaient une friandise, le privilège des classes supérieures : la noblesse et la bourgeoisie. Il a alors été observé que quelques biscuits, ceux avec un faible contenu en graisse, se conservaient bien et, pour cette raison, ils furent préparés pour les voyages maritimes et l'armée. Ainsi, le biscuit fut reconnu à la fois comme une friandise et comme un aliment utile.

Au XIX<sup>ème</sup> siècle, la production de biscuits fut mécanisée. La première manufacture industrielle de biscuits fut celle de Carr à Carlisle en Grande Bretagne. Vers 1860, l'Angleterre exportait ses biscuits secs vers toutes ses colonies aussi bien que vers tous les pays où l'on buvait du thé. Sur le continent, de grandes industries se mirent en place : Lazzaroni en Italie, Beukaler et Delacre en Belgique, Kambly en Suisse, Bahlsen en Allemagne, Lefèvre Utile (LU) et Biscuiterie Nantaise (BN) en France.

Les petites entreprises se concentrèrent et, après la seconde guerre mondiale, la production de biscuits était seulement le fait d'un petit nombre d'entreprises indépendantes et de grandes multinationales de l'agro-alimentaire.

La diversification des produits est nécessaire pour prévenir la stagnation du marché, pour diminuer les coûts et incorporer de nouveaux développements technologiques. L'utilisation de nouveaux ingrédients qui ont été produits par biotechnologie (par exemple les sirops de glucose et de lactose, des farines modifiées par action des enzymes) constitue des progrès dans cette direction.

## De quoi un biscuit est-il fait?

### La farine

Il y a différentes qualités de farine, chacune ayant des contenus différents en protéines. Les principales protéines de la farine sont les glutens, qui ont des qualités élastiques et plastiques. Dans la fabrication de biscuits, on préfère utiliser de la farine avec un faible contenu en protéines; les biscuits réalisés avec elle ont une meilleure texture. De plus, une farine fine est préférable à une farine grossière parce qu'elle absorbe l'eau lors de la fabrication du biscuit.

### Les graisses

La graisse contribue à la couleur, au goût et à la texture des biscuits. La graisse prévient une trop grande absorption d'eau par la pâte à biscuit. En conséquence, les protéines gonflent moins et la pâte est moins élastique : cela minimise la rétraction après moulage.

### Les agents levants

Les agents levants sont souvent ajoutés à la pâte à biscuit. Ils réagissent chimiquement, libérant de petites bulles de dioxyde de carbone, qui sont emprisonnées dans la pâte, la faisant gonfler. Des exemples d'agents levants comprennent le carbonate

d'ammonium, le bicarbonate d'ammonium et le carbonate acide de sodium (le bicarbonate de sodium).

### Le lait

Le lait peut remplacer l'eau dans certaines recettes de biscuits. Il mouille la pâte et apporte des protéines.

### Les oeufs

Les oeufs interviennent comme liants; ils fournissent de la flaveur ou saveur, de la couleur et des protéines aux biscuits. L'air, incorporé dans les oeufs battus, allège la pâte.

### Le sucre

Dans les recettes traditionnelles de biscuits, on utilise le sucre ordinaire. Cependant, d'autres édulcorants commencent à remplacer le sucre. Les sucres affectent la couleur, le goût et l'apparence de la pâte à biscuits et du produit fini. Ils aident également à la conservation des biscuits.

### La cuisson

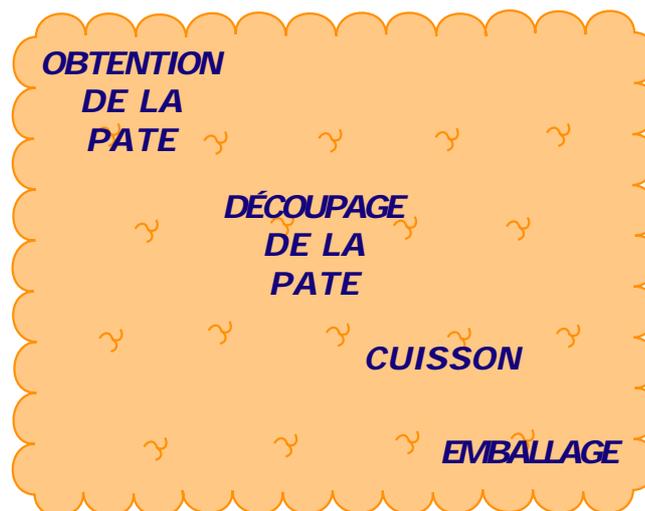
Pendant la cuisson, la pâte est chauffée. Le dioxyde de carbone est libéré par les agents levants et reste à l'intérieur de la pâte. Ceci fait lever la pâte. Au début, les enzymes catalysent différentes réactions dans la pâte, spécialement la coupure de l'amidon en glucose. Lorsque la température s'élève, les protéines dans la pâte (incluant les enzymes) sont partiellement ou entièrement dégradées. La structure de l'amidon est modifiée par chauffage, ce qui rend ce dernier plus facile à digérer. Tous les micro-organismes de la pâte sont tués. Les sucres et les protéines interagissent, augmentant le goût et la couleur des biscuits.

### Recette du "Petit beurre"

Farine	100 g
Sucre	30 g
Graisse	15 g
Agent de levage	1 g
Sel	0,5 g
Eau	quantité suffisante
Arômes et colorants	

## Fabrication d'un *Petit Beurre*

Farine, graisse, agent levain, sucre



Contrôle de qualité  
 Contrôle du poids  
 Contrôle chimique  
 Contrôle organoleptique  
 Contrôle de conservation  
 Contrôle bactériologique

# La production d'édulcorants

## Du sucre à partir d'amidon

Durant les guerres napoléoniennes, l'Europe fut isolée de ses sources tropicales majeures de canne à sucre. En 1811, les chimistes allemands réussirent à produire du sucre par dégradation acide de l'amidon, et ce procédé fut adopté dans plusieurs pays jusqu'à l'introduction de la culture de la betterave à sucre. Durant la seconde guerre mondiale, une méthode enzymatique douce de conversion de l'amidon en sucre fut développée; ceci avait l'avantage d'éviter la formation de composés acides caractéristiques du traitement acide.

Les traitements enzymatiques sont la principale manière de produire des édulcorants aujourd'hui, parmi ceux-ci les sirops dérivés du saccharose et l'amidon qui contiennent des mélanges de glucose en maltose, fructose et autres sucres. Le sirop de fructose obtenu à partir de l'amidon de céréales (maïs) a maintenant éclipsé le saccharose comme édulcorant principal utilisé dans l'industrie alimentaire aux USA. Plus de huit millions de tonnes de sirop de fructose sont vendues annuellement, alors que la production et l'utilisation de sirop de

fructose ont été limitées dans les pays de l'Union Européenne par des quotas destinés à protéger les producteurs de betterave à sucre européens.

## Le sirop de fructose

Pour réaliser du sirop de fructose, l'amidon est converti en sirop par plusieurs enzymes (amylases), qui sont utilisés au cours de trois étapes.

## La liquéfaction

L'amidon est obtenu après que l'huile et les protéines aient été extraites du maïs. Le lait d'amidon est porté à ébullition et traité par l'alpha-amylase, un enzyme extrait de *Bacillus*. Ce traitement initie la dégradation de l'amidon et liquéfie l'empois obtenu. Les molécules d'amidon partiellement dégradées sont des dextrines.

## La saccharification (hydrolyse de l'amidon)

Selon la composition des hydrates de carbone nécessaires dans le produit fini, un mélange de différents enzymes fongiques est ajouté. Pour l'obtention d'un sirop avec un haut contenu en

---

### **Enzymes utilisés pour la production d'édulcorants à partir d'amidon**

Les amidons sont constitués d'unités de glucose liées de manière à former un polymère linéaire appelé amylose ou un polymère branché appelé amylopectine. Les unités glucose dans les deux types de polymères sont liées par des liaisons  $\alpha(1 - 4)$ ; les chaînes latérales dans l'amylopectine sont liées par des liaisons  $\alpha(1 - 6)$ . Amylose et amylopectine sont toutes deux coupées par des amylases extra cellulaires qui sont produites par de nombreux types d'organismes, tels que les bactéries et les champignons. Ces divers enzymes agissent de manières différentes :

**l' $\alpha$  amylase** hydrolyse les liaisons  $\alpha(1 - 4)$  dans les polymères de glucose, mais seulement à l'intérieur des chaînes. Elle est extraite industriellement de bactéries (par exemple *Bacillus sp.*)

**la  $\beta$  amylase** hydrolyse les liaisons  $\alpha(1 - 4)$  dans les polymères de glucose, découpant des unités maltose à partir des extrémités (non réductrices) des chaînes. Elle ne peut hydrolyser les liaisons  $\alpha(1 - 6)$ . Elle est obtenue industriellement à partir de l'orge et du malt;

**l'amyloglucosidase (AMG)** hydrolyse les liaisons  $\alpha(1 - 4)$ , découpant des unités glucose progressivement à partir des extrémités (non réductrices) des chaînes. Elle hydrolyse également les liaisons  $\alpha(1 - 6)$ , mais seulement lentement. Elle est obtenue industriellement à partir de champignon *Aspergillus sp.* et *Rhizopus oryzae*;

**la pullulanase** hydrolyse les liaisons  $\alpha(1 - 6)$ . elle est obtenue industriellement à partir des bactéries *Bacillus acidopullulyticus* et *Klebsiella pneumoniae*;

**la glucose isomérase** (plus exactement dénommée **xylose isomérase**) transforme le glucose en son isomère à pouvoir sucrant plus élevé, le fructose. Elle est obtenue industriellement à partir de *Streptomyces murius*. Elle est utilisée sous forme immobilisée.

glucose, un mélange d'alpha-amylase ou de pullulanase et d'amyloglucosidase est utilisé. En 1 à 3 jours ces enzymes coupent les dextrines progressivement en glucose. L'évaporation de l'eau conduit à un sirop de glucose visqueux.

### L'isomérisation

Le glucose a la même composition chimique que le fructose mais il a une structure moléculaire différente. Ceci rend le glucose moitié moins sucré que le fructose. L'enzyme glucose isomérase convertit le glucose en fructose, augmentant le pouvoir sucrant du sirop. La glucose isomérase immobilisée est introduite dans une colonne et le sirop de glucose, chauffé à 60 °C est passé en continu. A cette température, le sirop de glucose a une faible viscosité, la contamination microbienne est évitée et la conversion est favorisée. Le sirop de fructose classique a une composition en sucre dissout de 42 % de fructose et de 53 % de glucose (le reste étant constitué d'autres sucres). Si on désire un sirop avec un contenu en fructose plus important, le glucose est séparé du liquide en sortie de colonne. Celui ci peut être recyclé par réintroduction dans la colonne de manière à obtenir un taux de conversion plus important.

## Des enzymes améliorés

### Des enzymes naturels plus performants

Durant les 25 dernières années, beaucoup de recherches ont été menées pour trouver des enzymes plus efficaces pour la production de sirop de fructose. En 1974, la compagnie danoise Novo (actuellement Novo Nordisk) commercialisa une alpha-amylase bactérienne de *Bacillus licheniformis* qui catalysait l'hydrolyse de l'amidon à 100 °C ou plus. Ceci aboutit à des améliorations significatives du processus initial de liquéfaction. Divers enzymes dégradant les dextrines devinrent disponibles pour satisfaire la demande de sirops de sucre spécialisés par exemple pour la nourriture des enfants ou pour l'utilisation dans la brasserie ou la vinification. Ces développements sont la conséquence d'une sélection soigneuse des micro-organismes qui produisent les enzymes. Trouver la souche de production idéale prend cependant beaucoup d'années, et est largement une question de chance. Souvent le microbe intéressant est celui

à qui il va manquer une caractéristique également importante. La biologie moléculaire moderne a commencé à réduire cette dépendance vis à vis de la démarche par essai / erreur.

### Des micro-organismes modifiés

*Bacillus stearothermophilus* produit une alpha-amylase qui est bien adaptée à la production de sirop de sucre. Malheureusement, cette espèce fabrique seulement de petites quantités de cet enzyme. Plusieurs copies du gène approprié ont été transférées dans une espèce voisine, *Bacillus subtilis*, permettant la production commerciale d'une quantité plus importante d'enzyme. Après des tests d'innocuité conséquents, cette amylase devint le second enzyme dans le monde (après la chymosine) génétiquement modifié à être approuvé aux USA pour l'industrie agro-alimentaire.

### Un enzyme façonné

Aux températures d'utilisation relativement élevées (60 °C) des colonnes d'enzyme immobilisées, la glucose isomérase devient rapidement inactive. Classiquement, l'activité d'un enzyme diminue de moitié en 55 jours, de ce fait, après quelques mois, cet enzyme coûteux doit être remplacé. En 1986, Royal Gist Brocades aux Pays Bas en coopération avec Plant Genetic Systems en Belgique furent à l'origine d'un programme scientifique ambitieux visant à améliorer la stabilité de la glucose isomérase. L'équipe de recherche a d'abord cherché à identifier les raisons du déclin de l'activité enzymatique.

### Des liens forts

Des examens minutieux de cristaux de l'enzyme révélèrent sa structure. La glucose isomérase est constituée de quatre sous unités identiques, reliées par des liaisons faibles. Aux températures élevées, certaines de ces liaisons se rompent et la protéine se lie aux molécules de glucose dans le sirop quand elles passent dans la colonne. Ceci explique l'inactivation de l'enzyme.

Des recherches ultérieures ont montré que parmi les centaines de résidus d'acides aminés qui forment la glucose isomérase seulement deux étaient impliquées dans ces liaisons faibles. En remplaçant ces acides aminés par d'autres qui se liaient plus fortement à leur voisinage, les "ingénieurs" des protéines furent capables de produire un enzyme plus stable. Ceci fut fait par

légère modification d'une petite partie de l'ADN qui codait pour la glucose isomérase, de telle manière que un des 20 résidus lysine dans chaque sous unité de la protéine soit remplacé par un résidu arginine.

La glucose isomérase améliorée a une demi vie environ double de la forme originale. Ceci conduit à une productivité double dans la colonne d'enzyme. De plus, à haute température, une plus grande proportion de fructose est formée, de telle sorte que le nouvel enzyme permette la production de sirop de fructose à très haute température en une étape.

## Biotechnologie des aliments

### Aspects législatifs concernant les aliments nouveaux et les procédés

Dans les pays de l'Union Européenne, une législation a été proposée pour couvrir l'utilisation d'aliments nouveaux et d'additifs. En particulier, la législation s'appliquera à des molécules nouvelles ou modifiées, aux produits qui n'étaient pas consommés précédemment en quantité notable par les humains, aux organismes génétiquement modifiés, à leurs produits ainsi qu'aux nouveaux procédés de production.

Avant de pouvoir être introduit sur le marché, les législations proposées demandent qu'un nouvel aliment ou un additif :

- soit sans risque pour le consommateur quand il est consommé en quantité raisonnable;
- ne soit pas présenté d'une façon à tromper le consommateur;
- ne diffère pas d'aliments ou d'ingrédients qu'il remplace afin que sa consommation en quantité raisonnable ne soit pas désavantageuse du point de vue nutritionnel.

D'après cette législation, lorsqu'une compagnie souhaite placer un nouvel aliment ou un ingrédient sur le marché, il doit d'abord faire une demande aux autorités responsables (par exemple, le ministère de l'Agriculture) du pays

dans lequel le produit doit être proposé pour la première fois. Le dossier doit démontrer que les trois critères énumérés précédemment sont satisfaits. Cette période peut être prolongée si les autorités de tutelle demandent des informations supplémentaires au demandeur.

### Éléments de réflexion

1. Quels sont, à votre avis, les examens nécessaires pour s'assurer de l'innocuité de nouveaux ingrédients alimentaires (tels que les édulcorants)?
2. Est-ce que les nouveaux aliments ou les aliments élaborés par de nouveaux procédés doivent faire l'objet de brevets?
3. Est-ce que le brevet est suffisant, ou est-ce que les consommateurs ont besoin d'avoir davantage d'informations pour faire des choix informés (si cela est le cas, comment doivent-ils être informés)?
4. Est-ce que c'est le procédé d'une nouvelle production d'aliments qui doit être soumis à la législation (comme cela est proposé dans l'Union Européenne), ou simplement le produit d'un nouveau procédé (comme cela est réalisé aux USA)?
5. Est-ce que les industriels doivent être obligés de démontrer l'existence du besoin pour de nouveaux aliments et procédés, et si oui, comment peut on leur demander de démontrer ce besoin?
6. Quel jugement porter, s'il faut en porter un, sur les effets des méthodes nouvelles sur les procédés traditionnels de production des aliments?

# Le mystère des biscuits ...



## Que peut trouver Sherlock Holmes, en étudiant ce biscuit?

- éventuellement, la présence de poison ..., mais comment? en le goûtant?
- les caractéristiques de fabrication?

## Est-ce que les questions qu'il aurait pu se poser correspondent à celles que nous pouvons nous poser maintenant?

Nos questions sont différentes ..., et, de plus, nous avons beaucoup plus de réponses à fournir, nous avons beaucoup plus de connaissances ....

## Quelles questions peut-on se poser actuellement? Quels sont les éléments de la version moderne du "secret" des biscuits?

Réponse en fonction du thème pédagogique choisi par le professeur : nutrition, bio-industrie ou biotechnologie.

## Est-il justifié de dire que Sherlock Holmes aurait pu se pencher sur un biscuit, c'est-à-dire, les biscuits existaient-ils au temps de Sherlock Holmes?

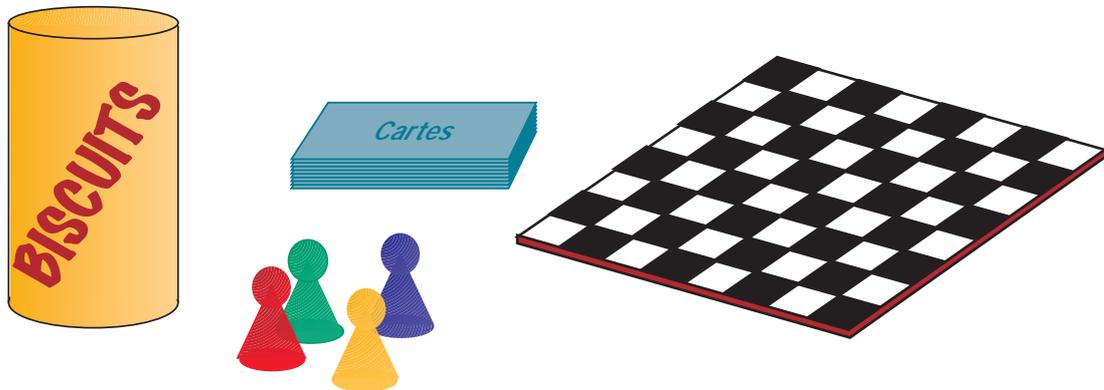
Oui, la production industrielle des biscuits a commencé au temps de Sherlock Holmes (voir Le Secret des Biscuits, page 1).



## Pourquoi nos questions actuelles sont-elles si différentes?

- Nous avons des connaissances plus étendues.
- Nos moyens d'investigation sont différents, c'est-à-dire, entre autres, beaucoup plus sophistiqués.
- La société est différente : elle est beaucoup plus dépendante de la science et de la technologie.

# Le Jeu des biscuits



## Remarques pour le professeur

Le jeu peut permettre de réaliser une évaluation soit formative soit sommative des connaissances des étudiants. L'esprit de compétition entre groupes d'élèves est un précieux auxiliaire pour l'obtention de l'adhésion des élèves.

**L'évaluation formative**, réalisée en début d'un ensemble de séquences, permet de faire l'évaluation des pré-acquis des élèves vis à vis du thème choisi.

**L'évaluation sommative**, réalisée en fin d'étude, permet de réaliser un contrôle de connaissances.

Quelle que soit la fonction choisie du jeu, le professeur devra, préalablement, sélectionner parmi les questions proposées celles qui sont les plus adaptées aux objectifs qu'il s'est choisis. Dans le cas d'une évaluation sommative, cette sélection peut se faire en fin de séquence, en présence des élèves : on peut ainsi repréciser en quoi les questions correspondent aux objectifs pédagogiques choisis.

Les questions proposées sont d'une part des questions de connaissance (renvoyant principalement au fascicule technique), pour d'autre part, des questions nécessitant une argumentation sur un sujet donné.

Les élèves sont répartis en 4 équipes qui vont à tour de rôle chercher à répondre à des questions tirées au sort. Les réponses, validées par le groupe sous la responsabilité du professeur, donnent lieu à l'attribution d'un nombre de

points qui permettent de faire avancer d'autant un pion sur une grille carrée. Celle-ci permet de repérer la position de chaque équipe. Chaque équipe commençant sur un bord différent du carré, l'équipe gagnante est celle qui, la première, atteint le bord opposé.

La plus ou moins grande rapidité de réponse aux questions, et l'aide qui a dû, éventuellement être apportée, donne une indication au professeur sur les sujets sur lesquels il devra faire porter son enseignement pour atteindre ses objectifs pédagogiques.

Le rôle du professeur est particulièrement important : s'il est l'arbitre du jeu, il est aussi celui qui doit être capable de le présenter d'une manière attrayante.

## Matériels nécessaires

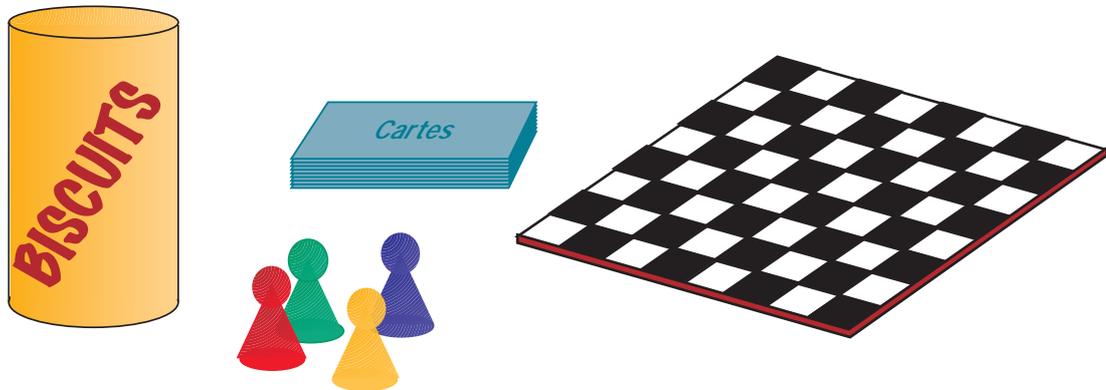
### Documents

- Fascicule "Les secrets des biscuits"
- Fiche élève du jeu

### Autres matériaux

- marques en forme de biscuits
- cartes avec questions
- grille carrée de cases (échiquier) ou rétroprojecteur avec feuille de plastique et feutres effaçables
- chronomètre
- biscuits pour les gagnants.

# Le Jeu des biscuits



## Le jeu des biscuits

1. Repartir les élèves en 2 ou 4 équipes de joueurs.
2. Choisir un côté du damier et un pion pour chaque équipe. Le but est que le pion de son équipe atteigne, le premier, le coté opposé du damier.
3. Chaque équipe tire, à son tour, une carte correspondant à une question.
4. Après un moment de discussion, une personne donne (à tour de rôle) la réponse au nom de l'équipe.
5. Le groupe entier décide si la réponse est ou non correcte; il attribue en conséquence les points et est garant du mouvement des pions.
6. Deux pions ne peuvent pas occuper la même case; il faut que l'un soit derrière l'autre.
7. L'équipe qui atteint l'autre côté du damier le premier gagne le jeu, c'est-à-dire des biscuits .....

Bon jeu .....

# Un peu d'analyse sensorielle - le goût du sucre



## Notes pour le professeur

Pour les essais de démonstration des saveurs pures, il est nécessaire d'utiliser des solutions simples de saccharose, d'acide tartrique (ou d'acide citrique), de chlorure de sodium et de sulfate de quinine (ou un autre sel de quinine, voire de caféine cristallisée). Dans le cas de cette unité pédagogique, nous ajouterons une deuxième substance à saveur sucrée, pour mettre en évidence son pouvoir sucrant supérieur à celui du saccharose, à concentration égale.

On préparera des solutions mères aux concentrations indiquées dans le tableau ci-dessous, puis des solutions de concentration décroissante par dilution au demi. Pour réaliser les différentes solutions, on utilisera une eau sans saveur, plate, inodore, de pureté voisine de celle de l'eau distillée.

Ainsi on peut faire goûter, pour chaque saveur, une gamme de solutions dont la

concentration croît géométriquement. Chaque solution est désignée par un numéro de façon à pouvoir faire une dégustation "en aveugle". Nous proposons de les numéroter et de les faire déguster dans l'ordre suivant :

1 à 6 : solutions salées

6 à 12 : solutions sucrées au saccharose

13 à 18 : solutions acides sucrées

19 à 24 : solutions sucrées au fructose

25 à 30 : solutions amères

Pour chaque série, les solutions seront goûtées dans l'ordre croissant des concentrations. Servir de l'ordre de 15 mL par solution. La température des solutions goûtées doit se situer aux environs de 20 °C.

Remarque : il vaut mieux terminer par la série de solutions amères car cette saveur est celle qui persiste le plus longtemps en bouche.

**Tableau 2 : Préparation des solutions mères pour l'analyse sensorielle**

	<b>Goût sucré</b> Saccharose ou fructose	<b>Goût acide</b> Acide tartrique	<b>Goût salé</b> Chlorure de sodium	<b>Goût amer</b> Chlorhydrate de quinine
	Toutes les concentrations sont exprimées en grammes par litre			
Solution mère	16	2	6	0,02
Dilution n°1	8	1	3	0,01
Dilution n°2	4	0,5	1,5	0,005
Dilution n°3	2	0,25	0,75	0,0025
Dilution n°4	1	0,12	0,37	0,0012
Dilution n°5	0,5	0,06	0,18	0,0006
Dilution n°6	0,25	0,03	0,09	0,0003

# Un peu d'analyse sensorielle - le goût du sucre



## L'analyse sensorielle

L'analyse sensorielle, qu'il ne faut pas confondre avec la simple dégustation, est une technique scientifique qui permet de mesurer certains caractères des produits alimentaires, parmi lesquels le goût et l'odeur. La gustation permet de ressentir le goût et la saveur grâce à des récepteurs, les papilles gustatives, localisées sur la langue. L'odorat, perception beaucoup plus riche que la gustation, revêt deux aspects : les molécules odorantes parviennent à la zone sensible de la muqueuse nasale, soit directement, par le nez, on parle alors d'odeur ou de parfum, soit par la voie rétro-nasale, c'est à dire lorsque le produit est dans la bouche, on parle alors d'arôme. Dans le langage courant lorsqu'on parle du goût des aliments, il s'agit en fait essentiellement de l'arôme ! Au cours de la consommation d'un aliment, il est souvent difficile de faire la part des perceptions gustatives et olfactives; on utilise le terme flaveur pour désigner l'ensemble des deux.

La saveur sucrée est considérée comme agréable; lorsqu'elle est en compétition avec d'autres, elle est souvent recherchée et choisie. Cette saveur, dite " douce ", est due à des substances appelées " édulcorants ". Les produits alimentaires traditionnels et modernes y font largement appel, soit sous une forme naturelle (sucre d'origine végétale), soit sous forme d'une substance artificielle (aspartame par exemple). Le choix d'un édulcorant entrant dans la fabrication d'un produit alimentaire résulte d'un compromis entre les critères de goût, de pouvoir sucrant, de technologie (l'aspartame ne doit pas être chauffé), de coût, d'innocuité pour la santé. D'autres saveurs sont moins spontanément agréables mais elles sont néanmoins utilisées pour des raisons technologiques, c'est par exemple le cas du goût acide.

## La perception du goût

On distingue quatre types de papilles gustatives en fonction de leur forme : foliées, caliciformes,

fongiformes et filiformes. Chacune d'entre elles renferme quelques centaines de bourgeons gustatifs constitués chacun par une dizaine de cellules sensibles aux substances sapides, les cellules gustatives, en mélange avec d'autres types cellulaires. Ainsi nous disposons au total de quelques centaines de milliers de cellules sensibles ! Leur renouvellement est rapide : la totalité des cellules gustatives, est remplacée en quatre jours. Elles sont en relation avec des terminaisons nerveuses et sont munies de cils qui interceptent les molécules sapides et qui font saillie dans une petite dépression remplie de mucus.

Les papilles gustatives ne jouent pas toutes le même rôle dans la perception des saveurs. De même, un bourgeon gustatif n'est pas spécialisé dans un certain type de saveur : certains possèdent simultanément la sensibilité aux goûts sucrés, acides et amers, tandis que d'autres perçoivent seulement deux de ces goûts ou même uniquement l'un d'entre eux. Les papilles caliciformes sont surtout sensibles à l'amertume. Sur un échantillon de 125 papilles, 79 sont sensibles à la sensation sucrée (dont trois exclusivement), 71 à la sensation amère et 91 à la sensation acide (dont 12 exclusivement).

L'explication profonde de la sensation n'est pas complètement connue. La membrane limitant les cellules gustatives serait munie de récepteurs spécifiques des différentes molécules sapides. On pense par exemple qu'il y a plusieurs types de récepteurs linguaux pour les saveurs sucrées, de sorte que génétiquement un sujet est plus ou moins sensible aux divers édulcorants.

L'information résultant de l'excitation des cellules gustatives est transmise au cerveau par trois nerfs crâniens. Dans le cerveau, les fibres nerveuses sensorielles du goût aboutissent au centre récepteur du goût où se fait la perception consciente : la perception de nos sens n'est pas une donnée brute des capteurs, mais leur interprétation par le cerveau. S'il est possible de

définir un observateur standard pour la vision, il n'en est pas de même pour la gustation et l'olfaction pour lesquelles de larges variations individuelles existent.

La langue est constamment humectée par la salive, qui est nécessaire à la gustation : une substance n'a de goût que si elle est soluble dans la phase liquide de notre alimentation et dans la salive. La sécrétion de la salive se fait de façon continue, à un niveau de base constant. Mais la prise de nourriture déclenche un surplus de sécrétion, variable selon le goût des aliments : la sécrétion est plus abondante et plus fluide avec les substances acides ou amères qu'avec les substances sucrées ou de saveur plus neutre. En fait, il semble que les aliments qui ont le plus de goût fassent saliver davantage.

### Les goûts élémentaires

A partir de la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, on a admis l'hypothèse selon laquelle les capteurs de la langue ne perçoivent que quatre goûts fondamentaux et qu'ils sont localisés : le goût sucré serait perçu par les papilles situées à la pointe de la langue, le goût amer par les papilles du fond de la langue, le goût salé par les bords antérieurs et le goût acide par les bords postérieurs. Cette théorie "classique" du goût pêche cependant par insuffisance. Néanmoins, dans l'attente de nouveaux résultats validés par la communauté scientifique, elle constitue toujours le substrat sur lequel est fondée l'analyse sensorielle.

Tous les goûts proprement dits, purs ou en mélange, se classent donc dans l'une de ces quatre catégories : le sucré, l'acide, le salé et l'amer, correspondant aux qualités, de sucrosité (ou de dulcité ou de douceur), d'acidité, de salinité et d'amertume. Une même substance peut n'avoir qu'un seul goût ou peut présenter à la fois, ou quelques fois successivement, à elle seule, plusieurs goûts élémentaires. Toutes les combinaisons sont possibles, avec des concentrations variées et il faut une bonne connaissance des saveurs de base et un effort d'analyse pour définir des mélanges complexes.

Lorsqu'on goûte un liquide contenant en solution des substances ayant les quatre goûts élémentaires, ces différents goûts ne sont pas perçus en même temps. On dit que le temps de réaction, d'excitation est différent selon les goûts. D'autre part ils évoluent différemment dans la bouche. Le goût sucré, d'une solution de

sucré cristallisé, par exemple à 10 grammes par litre, se trouve tout de suite, dès le contact avec la langue; la réaction est pratiquement instantanée. L'intensité de la saveur sucrée atteint son maximum dès la deuxième seconde, puis diminue progressivement pour quasiment disparaître après une dizaine de secondes. Les goûts salé et acide sont de même perçus rapidement mais ont davantage de persistance. Quant au goût amer, il est lent à se développer, mais il augmente et demeure longtemps en bouche après rejet du liquide. Les saveurs de l'acide glutamique et de l'acide succinique, à la fois salé et amer, persistent longtemps en bouche et confèrent à un mélange un caractère agréable. Ces différences dans la vitesse de perception seraient dues en partie à ce que les différents goûts ne sont pas perçus par les mêmes régions de la langue comme il a déjà été précisé, et que les papilles sensibles à l'impression de sucré et de salé affleuraient à la surface de la langue, tandis que celles sensibles à l'amertume se trouveraient plus en profondeur, ce qui expliquerait les arrière goûts amers.

Une grande partie de la surface de la langue est insensible : si on y dépose avec précaution, une goutte le liquide dotée de saveur, on ne ressent rien, jusqu'au moment où, grâce au mouvement de la langue et à la diffusion dans la salive, la substance sapide arrive au contact de la partie de la langue pourvue de papilles. Il faut remarquer d'autre part que dans la bouche, les goûts proprement dits sont surtout perçus par la langue. Les lèvres, les joues, le voile du palais, l'épiglotte n'ont que de rares papilles chez l'adulte et sont surtout impressionnées par des dominantes tactiles et thermiques. On a pourtant parfois l'impression que les lèvres et le fond de la gorge réagissent à une forte sucrosité ou à une forte amertume. En réalité, on perçoit un goût sur les lèvres seulement lorsqu'on y passe la langue et il se peut que l'abondante innervation du pharynx y fasse localiser des sensations perçues par la langue au moment où on avale.

### L'acuité gustative

Etablie avec des méthodes ayant une bonne valeur comparative, la sensibilité aux quatre goûts élémentaires de personnes différentes apparaît extrêmement variable. Si l'agueusie, ou perte totale des saveurs, est rare, l'hypoguesie, ou sensibilité gustative affaiblie, est plus courante, en particulier vis à vis du goût sucré. Peut-on mesurer un goût?

Des tentatives ont été faites mais sont peu convaincantes du fait que les saveurs ne sont pas additives et se masquent mutuellement. Par contre, est très instructive la recherche, appliquée à un groupe de dégustateurs, des seuils de sensibilité aux différents goûts élémentaires. Le principe en est simple : on fait goûter des solutions de substances types (saccharose, acide tartrique, par exemple) de concentration croissante et on note pour chaque personne les doses minimales perceptibles. Plusieurs protocoles peuvent être envisagés; le plus intéressant nous semble être celui où chaque solution sapide est comparée à l'eau pure.

Suivant les individus, on constate dans les cas extrêmes des écarts de 1 à 10 dans les acuités aux goûts sucré et acide. On note des cas de goûteurs capables de trouver 0,5 g de saccharose par litre ou 50 milligrammes d'acide tartrique par litre, tandis que d'autres uns ne sont pas sensibles à 5 grammes de saccharose par litre ou 500 milligrammes d'acide tartrique par litre. Les écarts du simple au double entre dégustateurs professionnels sont courants. Les avis sur les goûts salés sont un peu plus concordants, tandis que les capacités à trouver les goûts amers sont les plus irrégulières. La pratique de la dégustation affine la perception et les dégustateurs les plus exercés sont en général les plus aptes à percevoir les teneurs les plus faibles. L'existence des seuils gustatifs donne

peut être l'explication de certaines habitudes alimentaires. Telle personne qui ne ressent pas l'amertume (et qui ne suit pas un régime) boit le café sans sucre; telle autre, qui éprouve mal la saveur sucrée, met trois morceaux de sucre dans sa tasse.

Le tableau suivant, établi par Emile Penaud, oenologue de réputation mondiale, rapporte les résultats moyens d'un grand nombre d'essais semblables poursuivis pendant plusieurs années. Les personnes testées étaient des professionnels ou étaient intéressés par l'apprentissage de la dégustation et représentaient donc une sélection. D'autres seuils de perception ou de reconnaissance ont été publiés; ils sont nettement plus élevés que ceux de ce tableau.

**Table 3. Sensibilité aux différents goûts élémentaires**

*Le seuil est défini comme la concentration maximale perçue.*

*Les valeurs sont des pourcentages de répartition des personnes suivant leur seuil de perception.*

<b>Goût sucré</b> (saccharose) pour 820 personnes		<b>Goût acide</b> (ac. tartrique) pour 495 personnes		<b>Goût salé</b> (chl. de sodium) pour 100 personnes		<b>Goût amer</b> (sulfate de quinine) pour 374 personnes	
<b>Seuil</b> g/litre	<b>%</b>	<b>Seuil</b> g/litre	<b>%</b>	<b>Seuil</b> g/litre	<b>%</b>	<b>Seuil</b> mg/litre	<b>%</b>
>4	4,5	>0,2	11,8	> 1,00	6	>2	23,8
4	12,3	0,2	38,8	0,50	33	2	27,4
2	34,6	0,1	21,2	0,25	40	1	24,5
1	30,6	0,05	28,2	0,10	21	0,5	24,3
0,5	18,0						

# L'acuité gustative : détermination pratique

## Mode opératoire

1. Chacun dispose de deux verres. Dans l'un il y a de l'eau pure, dans l'autre, une solution d'une substance sapide fondamentale (sucrée, salée, acide ou amère) ayant une certaine concentration.
2. 30 échantillons sont à tester, correspondant à cinq substances sâpides. La saveur sucrée est représentée par deux substances, le saccharose et le fructose, aux mêmes concentrations. La saveur acide est due à de l'acide tartrique. La saveur salée à du chlorure de sodium et la saveur amère à du sulfate de quinine. Chacune de ces substances est représentée par 6 solutions de concentrations différentes.
3. Comparer chacune de ces solutions avec de l'eau pure, et sans communiquer avec les autres, vous notez sur la fiche jointe, en colonne deux, quelle saveur vous avez ressentie. Attention ! si la concentration est en dessous de votre seuil de perception, vous pouvez très bien ne détecter aucune saveur.
4. Après avoir obtenu vos propres résultats, comparez les à l'ensemble du groupe.

## Objectifs

Le but est triple :

- reconnaître les saveurs;
- déterminer votre seuil personnel de perception des quatre saveurs élémentaires;
- déterminer laquelle des deux substances à saveur sucrée est la plus 'sucrante', c'est à dire laquelle est perçue avec le seuil le plus bas.

Solution goûtée	Saveur perçue	Saveur réelle	Concentration g/litre	Nombre de sujets ayant perçu la saveur
18	<i>salt</i>	<i>salt</i>	<i>0.25</i>	<i>10/15</i>
26	<i>none</i>	<i>sweet</i>	<i>0.5</i>	<i>2/15</i>

## Fiche d'évaluation

Nom : .....

Solution goûtée	Saveur perçue	Saveur réelle	Concentration g/litre	Nombre de sujets ayant perçu la saveur
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				

# La pratique du biscuit :

## le petit beurre



### Matériel nécessaire

balance de ménage  
cuillères en bois  
récipients  
tôle à pâtissier  
four muni d'un thermostat  
moules pour découper la  
pâte

### Matière d'oeuvre

Farine	100 g
Sucre	30 g
Graisses	15 g
Poudre à lever	1 g
Sel	0,5 g
Eau	quantité nécessaire
Arômes et colorants	en quantité nécessaire

### Réalisation pratique

1. Beurrer une tôle à pâtisserie.
2. Préchauffer le four à thermostat 4, 150°C.
3. Dans une terrine, travailler le beurre et le sucre jusqu'à obtention d'un mélange clair et mousseux.
4. Incorporer peu à peu la farine, le beurre et la poudre à lever mélangés.
5. Pétrir la pâte obtenue. Ajouter l'eau si nécessaire. Laisser reposer au réfrigérateur trente minutes minimum.
6. Abaisser la pâte sur une surface farinée en une couche fine. Découper des morceaux de pâte de différentes formes (utilisation de moules à cet effet).
7. Disposer les morceaux de pâte sur la tôle graissée.
8. Cuire à four tiède (150 °C, thermostat 4).
9. Les biscuits doivent être légèrement colorés.

# L'utilisation d'enzymes

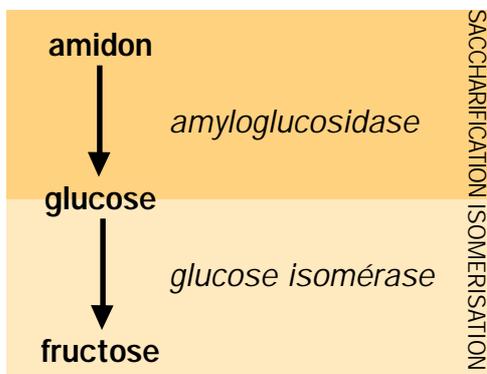
## l'amyloglucosidase et Sweetzyme®T



### Introduction

Les enzymes amyloglucosidase (AMG) et Sweetzyme®T (glucose isomérase immobilisée) sont deux enzymes qui peuvent être utilisés successivement, comme le montre la figure 1.

**Figure 1. Enzymes utilisés pour la production de sirop de fructose**



En pratique, la solution de glucose doit être concentrée avant de pouvoir être utilisée comme substrat pour la glucose isomérase.

### Amyloglucosidase (AMG)

Voir fiche technique 4.

#### Manipulations complémentaires :

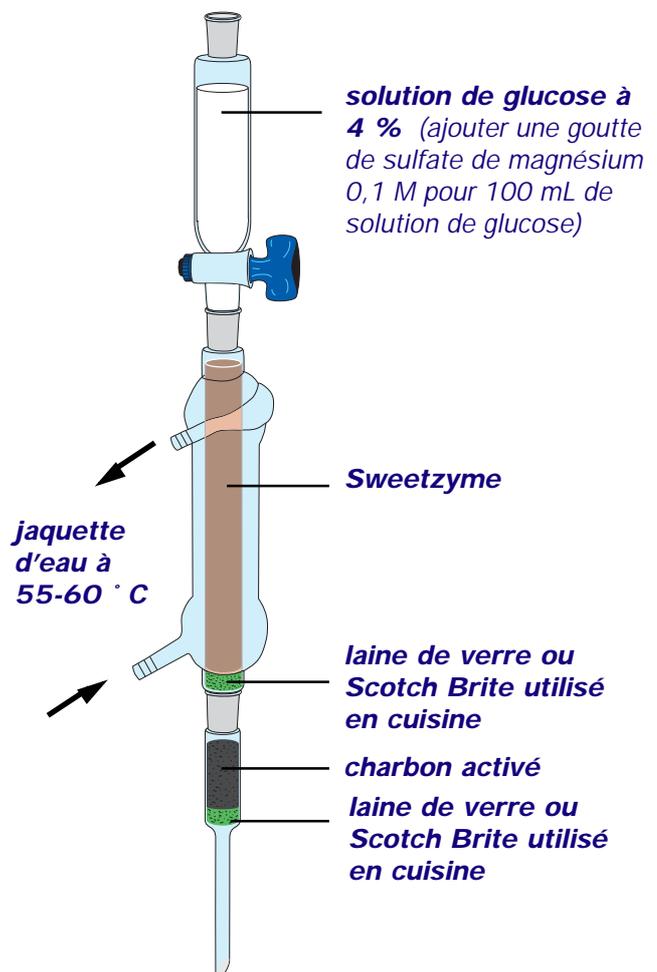
- changement de taille des billes
- changement de pH de la solution de conditionnement
- changement de concentration de la solution d'alginate
- changement du débit du flux de la solution d'amidon.

### Sweetzyme

Voir fiche technique 5.

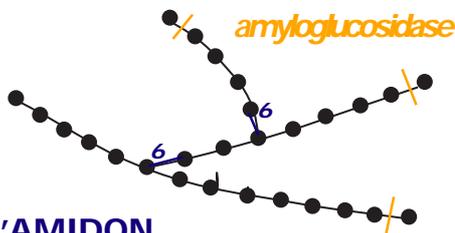
La température optimale d'action du Sweetzyme est de 55-60 °C. Il s'agit d'un compromis entre l'activité optimale et la stabilité de l'enzyme. Ceci peut être réalisé en introduisant les granules de Sweetzyme dans une colonne de réfrigération (voir figure) et en faisant passer de l'eau chaude à travers la jaquette. Au lieu d'utiliser la méthode décrite dans la fiche technique, on peut également utiliser des solutions préchauffées dans un bain-marie.

**Figure 2. Appareillage pour préparer du sirop de fructose**



# Utiliser un enzyme

## L'amyloglucosidase (AMG)



L'amyloglucosidase hydrolyse les liaisons  $\alpha(1-4)$  comme les liaisons  $\alpha(1-6)$  de l'amidon. Au cours de l'hydrolyse, les unités glucose sont éliminées les unes après les autres à partir de l'extrémité non réductrice de la molécule de substrat. La vitesse d'hydrolyse dépend du type de liaison aussi bien que de la longueur de la chaîne : les liaisons  $\alpha(1-4)$  sont plus rapidement hydrolysées que celles  $\alpha(1-6)$ , alors que le maltotriose, et en particulier le maltose sont hydrolysés à une vitesse plus lente que des oligosaccharides plus grands.

La saccharification est le procédé par lequel l'amidon devient plus sucré par traitement par l'AMG. L'AMG peut théoriquement hydrolyser complètement l'amidon en glucose. En pratique, un peu de maltose et d'isomaltose sont également produits.

### Matériels

Amyloglucosidase, 1 mL (AMG, Novo Nodisk; disponible au NCBE)  
 solution à 5% d'alginate de sodium, 10 mL  
 solution de chlorure de calcium à 1,4%, 100 mL  
 solution d'acétate de sodium (pH 5,0), 20 mL (à ajuster avec de l'acide acétique)  
 solution tamponnée d'amidon à 1% (amidon soluble à 1% dans le tampon précédent)  
 Bandelettes réactives de test au glucose semi-quantitatives par exemple Boehringer Mannheim Diabur-5000  
 seringue plastique 10 mL  
 verres de montre  
 Petits bechers (100 mL), 2  
 Petite passoire.  
 Petit carré de gaze de nylon (environ 1 cm<sup>2</sup>)

Corps de seringue de 10 mL à l'extrémité inférieure de laquelle est attaché un petit tube de plastique  
 Pince de Mohr  
 Clamp stand

### Mode opératoire

1. Ajouter 1 mL d'enzyme à 10 mL de solution à 5 % d'alginate de sodium.
2. Mélanger soigneusement l'enzyme avec la solution d'alginate pour s'assurer d'un mélange homogène complet. Veiller à ne pas introduire de bulles d'air dans le mélange.
3. Introduire alors la suspension dans le corps d'une seringue de 10 mL, de nouveau en évitant encore la formation de bulles d'air.
4. Faire tomber le mélange enzyme-alginate goutte à goutte dans une solution de chlorure de calcium de manière à former de petites billes de taille régulière.
5. Pour s'assurer que les billes se consolident bien, les laisser dans le chlorure de calcium pendant environ dix minutes.
6. Séparer les billes du chlorure de calcium en utilisant une petite passoire.
7. Couper un disque de gaze de nylon et l'introduire au bas de la colonne. Ceci empêchera le colmatage de la colonne par des billes. Introduire les billes dans la colonne pour former le lit.
8. Laver la colonne avec environ 20 mL de solution d'acétate de sodium 0,05 M
9. Tester la présence de glucose en utilisant les bandelettes réactives (Diabur 5000, par exemple)
10. Introduire la solution d'amidon tamponné dans la colonne de manière à ce qu'elle s'écoule doucement sur les billes, ceci en contrôlant la vitesse du flux à l'aide de la pince de Mohr.
11. Vérifier sur quelques gouttes d'effluent la présence de glucose à l'aide des bandelettes. Celles ci sont semi quantitatives et peuvent être utilisées comme mesure de la quantité de glucose formé.

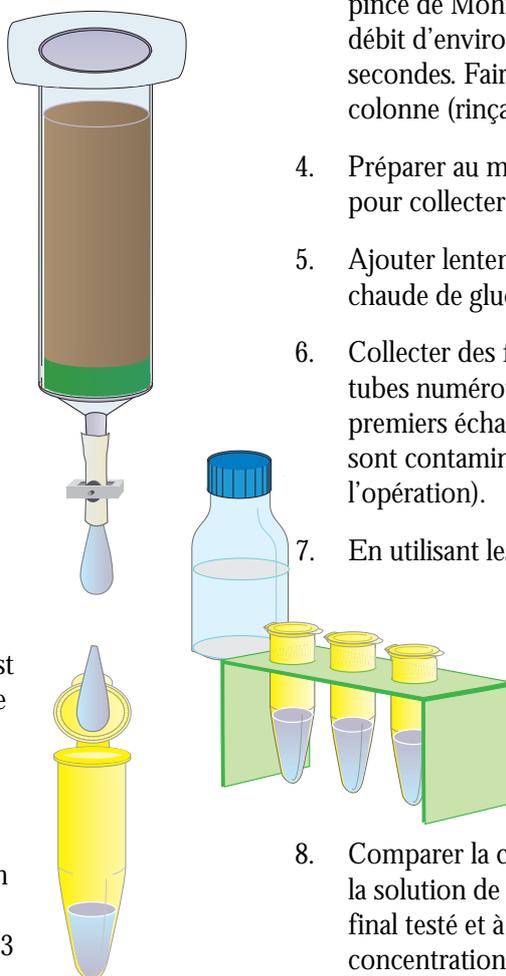
# Utiliser un enzyme :

## Sweetzyme<sup>®</sup>T (glucose isomérase)

Le Sweetzyme<sup>®</sup>T est une glucose isomérase immobilisée qui catalyse la transformation du glucose en fructose. Il a été développé pour la conversion du sirop de glucose (obtenu par hydrolyse de l'amidon) en sirop de fructose à pouvoir sucrant plus élevé dans un procédé continu à lit fixe. L'immobilisation de l'enzyme a fourni de meilleurs rendements avec moins de sous produits, ce qui permet une utilisation de l'enzyme durant plusieurs mois. Les sirops avec 42 % de fructose peuvent être obtenus de cette manière. Comme le fructose est environ deux fois aussi sucré que le glucose, ce sirop de fructose est aussi sucré que le sucre ordinaire issu de la betterave ou de la canne.

### Matériel nécessaire

Sweetzyme, 5 g (Novo Nordisk, disponible auprès du NCBE)  
 Solution de glucose à 4 %, 50 mL  
 Bandelettes réactives au glucose semi-quantitatives par exemple Boehringer Mannheim Diabur-5000  
 Corps de seringue de 20 mL à l'extrémité inférieure de laquelle est attaché un petit tube de plastique (il peut être aussi équipé d'un petit robinet)  
 Pince de Mohr  
 Laine de verre (ou Scotch Brite)  
 Petits bechers (100 mL) 3  
 Petit tubes (type Eppendorf, 1,5 mL) 10  
 Portoir pour petits tubes  
 Bain marie à 60 °C  
 Clamp stand



### Mode opératoire

1. Fixer le corps d'une seringue de 20 mL verticalement sur un support comme montré sur la figure et introduire un peu de laine de verre à l'intérieur. Laisser le passage ouvert.
2. Mélanger 5 g de Sweetzyme avec 20 mL d'eau distillée pour former une pâte et l'introduire dans le corps de seringue.
3. Rincer avec 20 mL d'eau distillée à 55 -60 °C et ajuster le flux à l'aide de la pince de Mohr de manière à obtenir un débit d'environ une goutte toutes les 5 secondes. Faire passer toute l'eau dans le colonne (rinçage).
4. Préparer au moins 10 minitubes numérotés pour collecter l'effluent de la colonne.
5. Ajouter lentement 10 mL de solution chaude de glucose.
6. Collecter des fractions de 1 mL dans les tubes numérotés. Eliminer les trois premiers échantillons (dans la mesure où ils sont contaminés par de l'eau au début de l'opération).
7. En utilisant les bandelettes réactives, déterminer la concentration du glucose dans la solution initiale et à partir de la fraction numéro 4 jusqu'à ce qu'il y ait une concentration constante (3 fois la même).
8. Comparer la concentration du glucose dans la solution de départ avec l'échantillon final testé et à partir de là, estimer la concentration du fructose dans l'échantillon final.
9. Si le temps le permet, déterminer les effets d'un changement :
  - de la température;
  - de la concentration initiale en glucose;
  - de la vitesse du flux dans la colonne.

<p>Nommer 4 ingrédients des biscuits.</p> <p style="text-align: right;">1.1</p>	<p>Quels désavantages, du point de vue des consommateurs, les industriels des biscuits peuvent ils attendre de l'utilisation d'ingrédients dérivés des biotechnologies?</p> <p style="text-align: right;">1.8</p>
<p>Décrire le rôle d'un des ingrédients des biscuits dans le procédé de production.</p> <p style="text-align: right;">1.2</p>	<p>Qu'est ce qui est le plus sucré, le glucose ou le fructose?</p> <p style="text-align: right;">1.9</p>
<p>Décrire la fonction nutritionnelle de l'un des ingrédients des biscuits.</p> <p style="text-align: right;">1.3</p>	<p>Est ce que les biscuits réalisés avec des édulcorants obtenus par biotechnologies doivent faire l'objet d'un étiquetage particulier?</p> <p style="text-align: right;">1.10</p>
<p>Nommer les différents types d'édulcorants et leur origine.</p> <p style="text-align: right;">1.4</p>	<p>Quels inconvénients liés à la législation se rencontrent dans l'utilisation d'ingrédients dérivés des biotechnologies?</p> <p style="text-align: right;">1.11</p>
<p>Quels avantages économiques les ingrédients dérivés des biotechnologies apportent-ils aux industriels des biscuits?</p> <p style="text-align: right;">1.5</p>	<p>Quels inconvénients nutritionnels pour les consommateurs sont-ils liés à l'utilisation d'ingrédients dérivés des biotechnologies?</p> <p style="text-align: right;">1.12</p>
<p>Quels avantages (autres que économiques) les ingrédients dérivés des biotechnologies apportent-ils aux industriels des biscuits?</p> <p style="text-align: right;">1.6</p>	<p>Quels avantages les ingrédients dérivés des biotechnologies apportent-ils aux consommateurs?</p> <p style="text-align: right;">1.13</p>
<p>Quels avantages nutritionnels pour les consommateurs présente l'utilisation d'ingrédients des biotechnologies?</p> <p style="text-align: right;">1.7</p>	<p>L'utilisation d'additifs alimentaires issus des biotechnologies apportera-t-il un plus grand choix aux consommateurs?</p> <p style="text-align: right;">1.14</p>

<p>Nommer trois sucres différents qui peuvent être utilisés dans des recettes de biscuits.</p> <p style="text-align: right;">2.1</p>	<p>Argumenter contre les quota imposés à la production de sirop de fructose dans l'Union Européenne.</p> <p style="text-align: right;">2.8</p>
<p>Argumenter en faveur de l'usage du sucre (saccharose) à la place des nouveaux édulcorants dans les biscuits.</p> <p style="text-align: right;">2.2</p>	<p>Argumenter pour les quota imposés à la production de sirop de fructose dans l'Union Européenne.</p> <p style="text-align: right;">2.9</p>
<p>Est ce que les nouveaux édulcorants présentent, pour les consommateurs, des risques concernant la santé plus grands que les autres ingrédients? (Si oui, lesquels?)</p> <p style="text-align: right;">2.3</p>	<p>Quels sont les avantages du sirop de fructose comparé au glucose comme édulcorant?</p> <p style="text-align: right;">2.10</p>
<p>Expliquer (brièvement) comment on réalise une modification génétique.</p> <p style="text-align: right;">2.4</p>	<p>Quelle est la fonction de l'alpha-amylase dans la production de sirop de glucose?</p> <p style="text-align: right;">2.11</p>
<p>Décrire la différence entre modification génétique et ingénierie des protéines.</p> <p style="text-align: right;">2.5</p>	<p>Quelle est la fonction de la glucose isomérase dans la production de sirop de fructose?</p> <p style="text-align: right;">2.12</p>
<p>Quels désavantages les nouveaux édulcorants apportent-ils aux agriculteurs européens?</p> <p style="text-align: right;">2.6</p>	<p>Quelle est la fonction de l'amyloglucosidase dans la production de sirop de fructose?</p> <p style="text-align: right;">2.13</p>
<p>Quels désavantages les nouveaux édulcorants apportent ils aux fermiers dans les pays producteurs de sucre de canne?</p> <p style="text-align: right;">2.7</p>	<p>A quelle température approximative les enzymes commerciaux de glucose isomérase fonctionnent ils?</p> <p style="text-align: right;">2.14</p>

<p>Quels avantages les biscuits présentent ils comme aliment, comparé au pain?</p> <p style="text-align: right;">3.1</p>	<p>Est-ce-que les aliments produits à l'aide d'enzymes issus d'organismes génétiquement modifiés doivent être signalés, même si il n'y avait pas d'enzymes dans le produit fini? (Justifier votre réponse).</p> <p style="text-align: right;">3.8</p>
<p>Le premier enzyme modifié génétiquement utilisé pour la production des édulcorants était un type d'alpha amylase. Quels avantages cet enzyme apporte-t-il?</p> <p style="text-align: right;">3.2</p>	<p>Nommer deux bénéfices potentiels résultant de l' "ingénierie des protéines" pour la glucose isomérase.</p> <p style="text-align: right;">3.9</p>
<p>Quels sont les enzymes remplaçant le traitement acide lors de la production d'édulcorants à partir d'amidon?</p> <p style="text-align: right;">3.3</p>	<p>Quels sont les avantages de l'utilisation des enzymes immobilisés par rapport à leur forme libre?</p> <p style="text-align: right;">3.10</p>
<p>Nommer quatre facteurs qui contribuent à la popularité des biscuits comme aliments.</p> <p style="text-align: right;">3.4</p>	<p>Que faire pour rendre la glucose isomérase plus stable à haute température?</p> <p style="text-align: right;">3.11</p>
<p>Argumenter en faveur de l'utilisation de nouveaux édulcorants (à la place du saccharose) dans les aliments.</p> <p style="text-align: right;">3.5</p>	<p>Décrire les trois étapes principales de la production de sirop de fructose à partir d'amidon.</p> <p style="text-align: right;">3.12</p>
<p>Quels avantages l'utilisation de nouveaux édulcorants apportent-ils aux fermiers en Europe?</p> <p style="text-align: right;">3.6</p>	<p>Qu'est ce que le "site actif" d'un enzyme?</p> <p style="text-align: right;">3.13</p>
<p>Pourquoi les édulcorants peptidiques ou protéiques (par exemple, aspartame) sont-ils inutilisables pour la fabrication des biscuits?</p> <p style="text-align: right;">3.7</p>	<p>Nommer 10 types différents de biscuits.</p> <p style="text-align: right;">3.14</p>

<p>Pensez vous qu'il soit suffisant de marquer simplement un aliment comme '<i>produit par manipulation génétique</i>'? Quelle information supplémentaire les consommateurs ont ils besoin pour faire des choix informés? 4.1</p>	<p>Argumenter en faveur de l'autorisation aux industriels produisant les nouveaux enzymes qu'ils ont créés par 'ingénierie des protéines'. 4.8</p>
<p>Pourquoi le sirop de fructose est-il le principal édulcorant utilisé aux USA, alors qu'il est relativement peu répandu en Europe? 4.2</p>	<p>Les enzymes sont ils vivants? 4.9</p>
<p>Quels sont les principaux édulcorants traditionnels utilisés dans l'alimentation? 4.3</p>	<p>Argumenter contre l'autorisation à donner aux industriels produisant les nouveaux enzymes qu'ils ont créés par 'ingénierie des protéines'. 4.10</p>
<p>Décrire l'action spécifique de l'alpha amylase sur les molécules d'amylose et l'amylopectine. 4.4</p>	<p>Qu'arrive-t-il à la structure des enzymes (et par voie de conséquence à leurs fonctions) à très haute température? 4.11</p>
<p>Donner des arguments en faveur de l'intervention des consommateurs dans l'établissement de la législation sur les aliments nouveaux. 4.5</p>	<p>L'utilisation des nouveaux édulcorants peut affecter gravement l'agriculture traditionnelle. Dans quelle mesure les scientifiques peuvent ils en être tenus pour responsables? 4.12</p>
<p>Aux USA, des limitations sont appliquées aux produits issus de modification génétique (dans l'industrie alimentaire). En Europe, le processus n'est pas systématique. Quelle est la meilleure approche et pourquoi? 4.6</p>	<p>Qui peut superviser l'innocuité des aliments nouveaux? 4.13</p>
<p>Quelle sorte d'examens pensez vous qu'il soit nécessaire d'effectuer pour s'assurer de l'innocuité des aliments nouveaux? 4.7</p>	<p>Quelle est l'origine des - amylases commerciales? 4.14</p>

<p>A part l'innocuité, quels autres facteurs faut il prendre en compte pour breveter de nouveaux aliments?</p> <p style="text-align: right;">5.1</p>	<p>Mangeriez vous des biscuits qui portent une étiquette 'fabriqué à l'aide des techniques du génie génétique'?</p> <p style="text-align: right;">5.8</p>
<p>Donner trois raisons pour lesquelles les consommateurs peuvent chercher à savoir si ils sont en train de manger un 'produit obtenu par génie génétique'?</p> <p style="text-align: right;">5.2</p>	<p>Décrire (brièvement) la structure des protéines.</p> <p style="text-align: right;">5.9</p>
<p>Quels ingrédients des biscuits, en dehors des édulcorants, peuvent-ils être produits à l'aide du génie génétique?</p> <p style="text-align: right;">5.3</p>	<p>Donner des arguments en faveur des lois visant à empêcher l'importation en Europe d'aliments non autorisés obtenus par manipulation génétique.</p> <p style="text-align: right;">5.10</p>
<p>Quels facteurs ont contribué au développement des édulcorants traditionnels?</p> <p style="text-align: right;">5.4</p>	<p>Donner des arguments contre des lois visant à empêcher l'importation en Europe d'aliments non autorisés obtenus par manipulation génétique.</p> <p style="text-align: right;">5.11</p>
<p>De quelle plante l'amidon servant à la production du sirop de fructose est-il extrait, et dans quels pays cette plante pousse-t-elle?</p> <p style="text-align: right;">5.5</p>	<p>Donner des arguments en faveur d'une législation internationale concernant la technologie des gènes.</p> <p style="text-align: right;">5.12</p>
<p>Pensez vous qu'il est moralement inacceptable de modifier les enzymes naturels? (Et comment définissez vous 'moral' et 'naturel'?)</p> <p style="text-align: right;">5.6</p>	<p>Est ce que les industriels doivent être amenés à démontrer un "besoin" pour les produits obtenus par génie génétique avant qu'ils soient approuvés?</p> <p style="text-align: right;">5.13</p>
<p>La production de sirop de fructose aux USA augmente fortement après l'arrivée du régime communiste à Cuba. Comment peut on relier les deux événements?</p> <p style="text-align: right;">5.7</p>	<p>Les législations en Europe peuvent avoir freiné le développement commercial de la technologie des gènes. Est ce que nous devons nous sentir concernés par cela? (Justifier votre réponse.)</p> <p style="text-align: right;">5.14</p>