

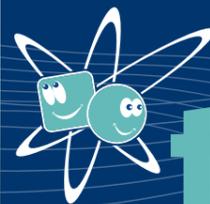
**L'empreinte nutritionnelle**  
Une piste de recherche pour mieux comprendre certains excès alimentaires

12



**Les nouveaux pains**  
De l'analyse moléculaire à la conception de meilleurs produits

14



# têtes chercheuses

ACTUALITÉ ET CULTURE DES SCIENCES EN PAYS DE LA LOIRE

TRIMESTRIEL GRATUIT - NUMÉRO 8 - HIVER 2008-2009

## Mosaïque de la physique

Une trentaine d'expériences pour découvrir un demi-siècle de recherches

du 12 au 29 janvier 2009

DOSSIER

Pourquoi les débris de feuilles de thé se rassemblent-ils au fond de la tasse? Pourquoi fait-il noir la nuit? Comment se forment les dunes de sable?

Étonnantes, amusantes et accessibles, de telles questions sont déclinées au travers d'une trentaine d'expériences interactives et des panneaux qui retracent un demi-siècle de recherches.

« Mosaïque de la physique » vous invite ainsi à vous initier à la démarche scientifique et à prendre conscience du rôle de la physique dans le progrès des connaissances ainsi que dans le développement des autres sciences et des techniques.

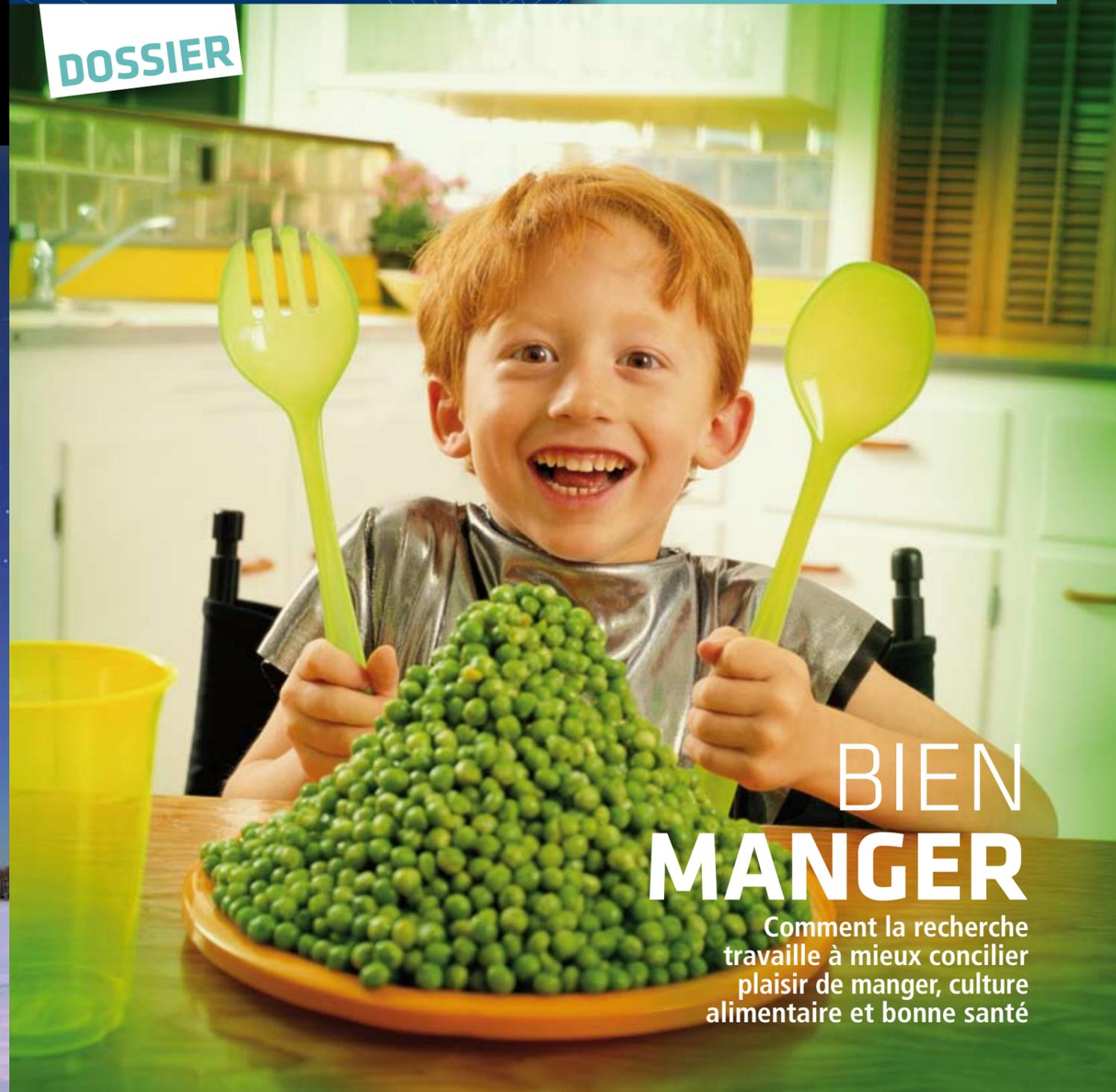
Cette exposition, réalisée par Centre Sciences (le centre de culture scientifique, technique et industrielle de la région Centre) et l'Université de Nice avec le soutien du Ministère délégué à la recherche et aux nouvelles technologies, est animée par le CCSTI Maine Sciences.

Chapelle des Calvairiennes, rue Guyard-de-la-Fosse  
à MAYENNE (53)

Renseignements : 02 43 30 10 16, [www.kiosque-mayenne.org](http://www.kiosque-mayenne.org)

BIEN  
MANGER

Comment la recherche travaille à mieux concilier plaisir de manger, culture alimentaire et bonne santé



**Actualités régionales** ..... page **4**  
Fête de la science et développement durable

BIEN MANGER

**Brèves alimentaires** ..... page **5**  
avec Jean-Noël Hallet, Leslie Dulon, Pascale Guillermin, Ronan Thibault, Jean-Pierre Segain, Martine Champ et Murielle Cazaubiel

**L'aliment entre plaisir et raison** ..... page **8**  
Entretien avec Jean-Louis Lambert

**Graisses dans le collimateur** ..... page **10**  
Pierre-Henri Ducluzeau et Jean-Marie Bard

**Une faim à mûrir** ..... page **12**  
Dominique Darmaun et Patricia Parnet

**Des aliments bien charpentés** ..... page **14**  
Jacques Guéguen, Luc Saulnier et Claude Genot

**Traquer les allergènes** ..... page **14**  
Sandra Denery et Marie Bodinier

**Savoureux et sain à la fois** ..... page **15**  
Carole Prost et Pauline Poinot

**Une déferlante d'oméga-3** ..... page **16**  
Lionel Ulmann et Virginie Mimouni

**La chasse aux germes** ..... page **17**  
Michel Federighi et Sylvie Lorre

**Un acte culturel** ..... page **18**  
Mohamed Merdji et Céline Gallen

Dossier réalisé grâce aux éclairages de Michel Krempf et Martine Champ (CRNH/Université de Nantes), Arnaud Bonnet (CCI de Cholet) et Hervé Prévost (Enitiaa-Nantes), et avec le concours des auteurs, dont Jean-François Bouhours (Inserm-Nantes) et Irène Capponi (Université de Nantes).

**Un bouclier pour la vie** ..... page **20**  
Histoire de science, par Benoit Langlais

**Jeux** ..... page **21**

**Agenda** ..... page **22**

**Une de couverture:** © Getty Images / Taxi / Eric O'Connell; vignettes: StockXchg / Carin Araujo (bébé), © StockXpert / evron (pains)

**Quatrième de couverture:** US Air Force / Senior Airman Joshua Strang; mise en page : Julie Danet



© www.ohazar.com



**têtes chercheuses**

Université de Nantes, Bâtiment IHT, rue Christian-Pauc, 44300 Nantes.  
Magazine trimestriel fondé par l'Université de Nantes et Olivier Néron de Surgy.

**Directeur de la publication:** Yves Thomas.

**Conception, édition, rewriting, iconographie:** Olivier Néron de Surgy.

**Collaboration éditoriale:** Julie Danet.

**Maquette:** RC2C (La Rochelle).

**Illustrations:** Ohazar et RC2C.

**Impression:** La Contemporaine (Sainte-Luce-sur-Loire).

**Dépôt légal:** avril 2007. **ISSN:** 1954-1872.



Papier recyclé

**Comité de pilotage:** Yves Thomas (président du comité), Denis Bouget, Jean-Louis Kerouanton et Christine Lelièvre (Université de Nantes); Jean-François Bouhours (Inserm-Nantes), Jean-Yves Buzaré (Université du Maine), Jean-Louis Ferrier (Université d'Angers), Philippe Haertel (Région des Pays de la Loire), Jean-Paul Pacaud (Rectorat de l'académie de Nantes) et David Pouilloux (Nantes Métropole).

**Comité de rédaction:** Jean-Noël Hallet (président du comité), Catherine Cuenca, Aurore Marcouyeux et Stéphane Tirard (Université de Nantes); Régine Cance et Philippe Deniaux (Rectorat de l'académie de Nantes), Marielle Cros (Lycée Chevroliier, Angers), Marie Demathieu (Inserm-Nantes), Aurélie Gougnard (étudiante à l'Université de Nantes), Jean-François Huet (Lycée Clemenceau, Nantes), Jean-Pierre Jandot (Terre des sciences, Angers), Bernard Kubica (Subatech, École des mines de Nantes/CNRS/Université de Nantes) et Luc Remy (Muséum de Nantes).

La rédaction remercie les participants, la photothèque du CNRS et la société Fauchon (agence Item) pour leurs aimables prêts d'images ainsi que Michel Ruchaud (bibliothèque de l'Université de Nantes) pour sa précieuse assistance.

# Édito

Nous sommes de plus en plus soucieux de ce qui va dans notre assiette, ou plutôt dans notre estomac. Le sens du terme *sécurité alimentaire* a changé dans notre société : la peur de manquer a largement laissé place à celle de « mal manger ».

Les aliments sont pourtant, globalement, plus sains aujourd'hui qu'il y a 50 ans; ce progrès a contribué à l'allongement de l'espérance de vie. Toutefois, améliorer la qualité des aliments, preuve scientifique à l'appui, ne garantit pas de « bien manger ». En effet, le mot *qualité* revêt des sens multiples et parfois contradictoires : gustative, sanitaire, nutritionnelle, environnementale ou encore esthétique. Se nourrir touche aussi à l'intime, au culturel et au religieux, donc à la conception de chacun du bien et du mal, et l'on observe des décalages entre les actes et les dires des consommateurs.

Les préoccupations liées à l'alimentation et à la nutrition, outre le poids économique du secteur agroalimentaire dans notre région, justifient d'investir dans la recherche, la formation et le développement technologique. La métropole nantaise est à la pointe en ce domaine : elle accueille près de 400 chercheurs et plus de 1000 étudiants dans une trentaine d'unités réunies au sein de Ponan<sup>(1)</sup>, pôle nantais d'enseignement supérieur, de recherche et de transfert technologique sur l'alimentation et la nutrition. Un atout majeur de ce réseau pluridisciplinaire est son déploiement sur toute la chaîne alimentaire, depuis les travaux sur les qualités des matières premières jusqu'à l'étude de la consommation et de ses impacts sur la santé. Ce numéro de *Têtes chercheuses* illustre une telle richesse scientifique.

Jean-Claude Lebossé, économiste,  
délégué général de Ponan,  
et Olivier Néron de Surgy, rédacteur en chef

(1) Les membres de Ponan sont l'Université et le CHU de Nantes, l'École nationale vétérinaire, l'Enitiaa, l'École des mines, Audencia, l'Inra, l'Ifremer, l'Inserm et le CNRS

Retrouvez sur le site

[www.tetes-chercheuses.fr](http://www.tetes-chercheuses.fr)

les articles de ce numéro et des numéros précédents avec des documents et des liens complémentaires ainsi que la possibilité de poser vos questions.



UNIVERSITÉ DE NANTES

Région PAYS DE LA LOIRE

Nantes Métropole  
COMMUNAUTÉ URBAINE

# Développement durable à la Fête

Comme en a témoigné la Fête de la science 2008, maintes questions de science se focalisent aujourd'hui sur le thème du développement durable, avec des conséquences diverses.

« L'Europe et la recherche », tel a été l'un des thèmes nationaux majeurs défini par le Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche pour la 17<sup>ème</sup> Fête de la science, une manifestation organisée en région par la Délégation régionale à la recherche et à la technologie – Préfecture de région avec le soutien des Collectivités locales et coordonnée par le Conservatoire national des arts et métiers des Pays de la Loire.

À cette occasion, les scientifiques étaient invités à indiquer, dans leurs interventions, la façon dont leurs recherches s'inscrivent dans une perspective spécifiquement européenne. Or, comme lors de précédentes éditions, une autre thématique a partagé le devant de la scène : le développement durable. Plus de 50 des 280 animations proposées en région ont en effet porté explicitement sur la préservation des ressources naturelles et de la biodiversité. On constate, plus généralement, que les chercheurs manquent peu d'occasions d'indiquer en quoi leurs travaux pourront contribuer tôt ou tard à préserver l'environnement et ses ressources. Cette tendance répond à une demande du public aussi bien qu'à une incitation politique. Valérie Péresse, ministre de l'enseignement supérieur et de la recherche, déclarait ainsi en mars 2008 « qu'une plus large publicité doit être donnée aux travaux des scientifiques, pour achever d'éveiller nos consciences qui trop souvent encore sous-estiment (...) les défis environnementaux », et rappelait le 13 octobre dernier que le développement durable est, avec la lutte contre les pathologies du Sida et d'Alzheimer, au premier rang des priorités de la recherche nationale.

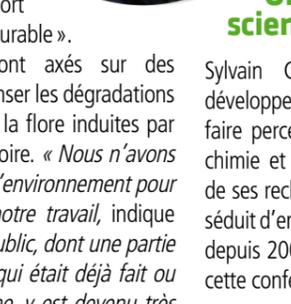
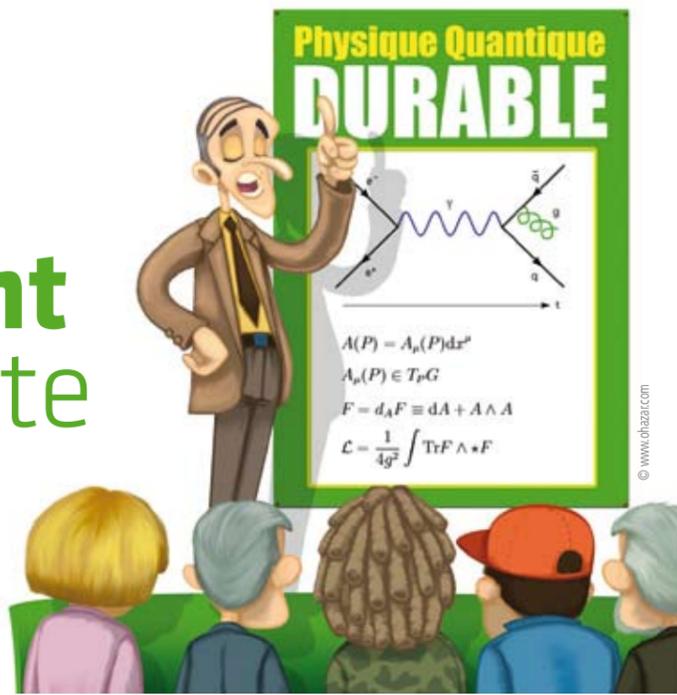
Comment cette nouvelle priorité influe-t-elle sur les présentations faites par les chercheurs et sur la réceptivité du public visiteur ?

## Un sésame ou un prétexte ?

Au village des sciences de la Roche-sur-Yon, l'équipe de Sébastien Tesson, chef du département Génie biologique de l'IUT yonnais, a proposé un atelier sur le thème « transport et développement durable ».

Les travaux présentés sont axés sur des dispositions visant à compenser les dégradations de l'eau, de la faune et de la flore induites par les aménagements du territoire. « Nous n'avons pas attendu le Grenelle de l'environnement pour agir et pour promouvoir notre travail, indique Sébastien Tesson, mais le public, dont une partie n'avait aucune idée de ce qui était déjà fait ou faisable dans notre domaine, y est devenu très réceptif récemment. Les étudiants le sont tout particulièrement : il y a 13 ans, notre option de formation "Génie de l'environnement" leur était moins attractive qu'aujourd'hui; l'accès au DUT fait maintenant l'objet d'une sélection importante. »

Sylvain Collet, enseignant-chercheur au laboratoire « Chimie et interdisciplinarité : synthèse, analyse, modélisation » de l'Université de Nantes, a intitulé « Pas de développement durable sans chimie » sa conférence présentée au village des sciences de Saint-Nazaire. « Nous utilisons volontiers cette notion pour susciter l'intérêt du public : c'est pour nous un moyen de valoriser nos recherches, même si elles n'ont pas toujours, en apparence, de lien direct avec le développement durable. Or, si ce



dernier est souvent assimilé, par le public, à la seule préservation des ressources de l'environnement, protéger les Hommes de maladies par la mise au point de médicaments ou élaborer des tissus synthétiques pour vêtir une population mondiale croissante relèvent aussi du développement durable.»

## Un levier pour toutes les sciences

Sylvain Collet utilise donc la notion de développement durable comme un levier pour faire percevoir plus largement les enjeux de la chimie et présenter des aspects fondamentaux de ses recherches qui auraient sans doute moins séduit d'emblée le public. Et la recette fonctionne : depuis 2006, plus de 1 500 lycéens ont assisté à cette conférence, un record pour ce laboratoire.

Cependant, les chercheurs ne sont pas toujours en mesure de tirer parti d'un tel engouement. On peut craindre alors que l'intérêt du public, des étudiants ou des politiques se détourne de certains thèmes de recherche moins « dans l'air du temps » mais dont les enjeux sont néanmoins importants ou pourraient le devenir. Les projets liés au développement durable nécessitant presque toujours la collaboration de plusieurs disciplines, une meilleure explication de ce concept donne toutefois l'occasion de valoriser des sciences peu connues du public, comme la sociologie, la géographie ou l'économie ; c'est peut-être là un autre levier à exploiter davantage.

J.D.

## EN SAVOIR PLUS

- [www.fetedelascience.fr](http://www.fetedelascience.fr)
- [www.cnam-paysdelaloire.fr](http://www.cnam-paysdelaloire.fr)

## DOSSIER BIEN MANGER

## Brèves alimentaires

# Malbouffe toi-même !

Pourquoi est-il devenu tendance, en France, de calomnier McDonald plutôt que Marie ou Père Dodu ? Le contenu d'une boîte estampillée « recette traditionnelle » est-il meilleur pour notre santé qu'un cheeseburger ? Rien n'est moins sûr : il faut, par exemple, compter 239 kilocalories pour 100 grammes de certaines quiches lorraines industrielles contre 224 pour 100 grammes de Big Mac.

La critique ne serait-elle pas notablement d'ordre culturel et dirigée contre « l'expansionnisme ricain » ? L'enthousiasme de nombreux Français pour le clown aux grands pieds met pourtant à mal la réputation mondiale de notre gastronomie. Avec environ 60 nouveaux restaurants ouverts chaque année, le pays de José Bové compte en effet parmi les marchés les plus florissants du clown en question.

Nargué par les leitmotifs des nutritionnistes pro-fruits et légumes et après le film *Super Size Me* (dans lequel



le réalisateur prend 11 kilos après avoir mangé des hamburgers pendant un mois), le leader des fast-foods, soucieux de son image, a instauré un nouveau marketing nutritionnel : la salade et les yaourts ont fait leur apparition sur sa carte, tandis que le sel tend à disparaître de ses frites.

Au tribunal médiatique de la « malbouffe », bien d'autres firmes sont placées sur le banc des accusés, surtout depuis que l'Afssa<sup>(1)</sup> et l'Inserm<sup>(2)</sup> ont tiré la sonnette d'alarme, en 2002 : l'excès de sel favorise les maladies cardiovasculaires. Selon les recommandations du Plan national Nutrition Santé (lire page 11), la dose journalière maximale pour un individu devrait être de 6 grammes de sel par jour et non de 10, comme c'est le cas actuellement dans nos pays industrialisés. Si près de 80 % du sel consommé provient des préparations industrielles, c'est sans doute avant tout parce que le sel permet de compenser le manque de saveur d'aliments ayant souvent de faibles coûts de production, comme ces poissons panés servis à la cantine qui contiennent rarement plus de 50 % de poisson !

Il reste donc à espérer que les firmes en question trouveront de moins en moins d'acheteurs pour leurs produits trop salés et ne se borneront plus, alors, à nous seriner via leurs annonces qu'il faut faire du sport, manger des fibres, éviter de manger trop gras, trop salé, et cetera.

Aurélië GOUGNARD<sup>(3)</sup> et Julie DANET

- *Tous obèses ?* Francis Delpuech, Bernard Maire et Emmanuel Monnier (Dunod, 2006)
- [www.lepoint.fr/actualites-societe/la-malbouffe/920/1/56](http://www.lepoint.fr/actualites-societe/la-malbouffe/920/1/56)

- (1) Agence française de sécurité sanitaire des aliments
- (2) Institut national de la santé et de la recherche médicale
- (3) étudiante en master « biologie-santé » à l'Université de Nantes

# Un soupçon d'OGM

« Des OGM dans mon assiette ? Non merci ! », déclare la grande majorité des Français quand on les interroge. Cette défiance est-elle justifiée ?

Un OGM contient deux types de molécules que l'organisme non modifié ne contenait pas : une séquence d'ADN portant un (ou plusieurs) transgène et une ou plusieurs protéines nouvelles qui sont les produits de ce transgène. A priori, les risques liés à l'ingestion de l'ADN transgénique lui-même sont inexistantes dans la mesure où l'intégration, par voie digestive, d'ADN étranger dans notre propre génome n'a jamais été démontrée. Nous consommons tous les jours les gènes d'animaux et de végétaux sans devenir bœuf ou salade !

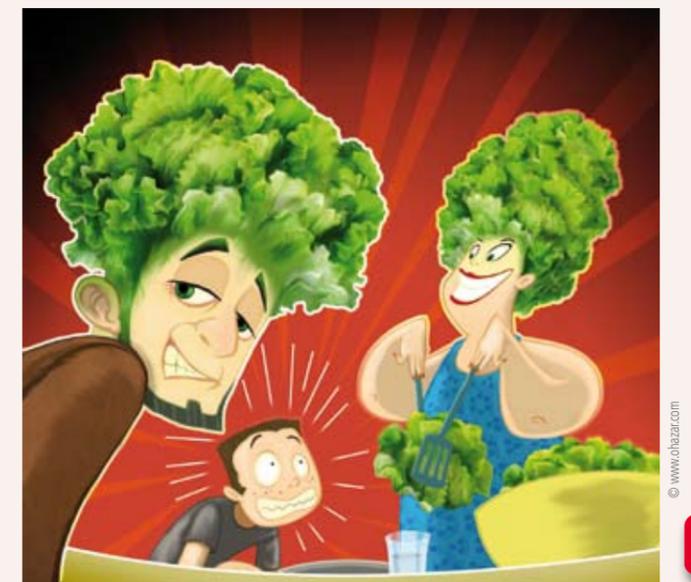
Il faut en revanche vérifier que les protéines nouvelles ne sont ni toxiques ni particulièrement allergènes. Des tests doivent donc être réalisés sur chaque plante génétiquement modifiée (GM) avant d'autoriser sa mise sur le marché à des fins alimentaires. À ce jour, aucune étude n'a permis de conclure de façon décisive à la nocivité d'un aliment GM mais certains résultats contradictoires invitent à la prudence et remettent sans doute en cause autant les modèles animaux (rats ou souris), habituellement utilisés pour ces tests, que l'aliment GM lui-même. Par ailleurs, la législation française impose que la présence d'OGM dans un aliment soit signalée au dessus d'un seuil de 0,9 %, certains aliments industriels pouvant contenir en moindre proportion divers additifs issus d'OGM. C'est le cas de la lécithine de soja, une substance lipidique utilisée comme adjuvant du cacao, mais, que celle-ci provienne de soja GM ou non GM, il s'agit toujours de la même molécule.

Au delà des polémiques actuelles portant sur les plantes GM, qui prennent aussi en compte des aspects économiques et environnementaux, le génie génétique reste un outil puissant pour

améliorer la valeur nutritionnelle des plantes de grande culture, rendant possible d'augmenter leur teneur en vitamines et en acides aminés ou la digestibilité des graines. Des chercheurs ont ainsi créé un riz contenant du bêta-carotène, le précurseur de la vitamine A dont la carence est source de pathologies graves, fréquentes en Asie du Sud-Est. L'obtention de ce *Golden rice* (riz doré) a pourtant donné lieu à une controverse importante qui retarde son utilisation<sup>(4)</sup>.

Jean-Noël HALLET, biologiste, Professeur émérite à l'Université de Nantes

- (4) *L'histoire remarquable du riz doré*, par Jean-François Bouhours (Inserm-Nantes), à lire sur [www.tetes-chercheuses.fr](http://www.tetes-chercheuses.fr)

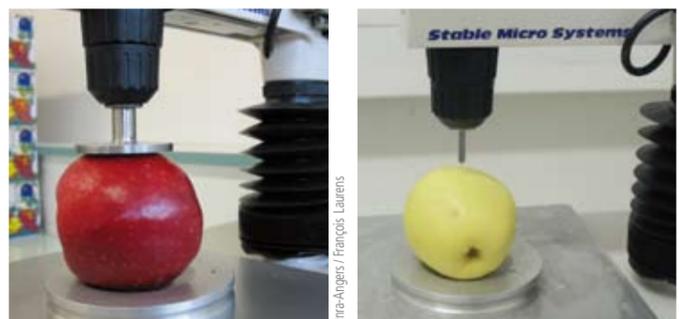


## Pommes à croquer

Une pomme : un produit simple en apparence, mais qui n'a aucune raison d'être considéré comme banal ! À chaque acte d'achat, le consommateur doit pouvoir retrouver la diversité des caractéristiques sensorielles propres à chaque variété : une texture plus ou moins croquante, juteuse ou fondante ; des arômes typiques ; une saveur plus ou moins sucrée, acide ou astringente...

L'équipe « Qualité du fruit » de l'IFR Quasav<sup>(4)</sup> travaille selon deux axes de recherche en vue de fournir aux professionnels de la filière des moyens de mieux maîtriser ces caractéristiques.

D'une part, elle développe des méthodes instrumentales permettant de mesurer de façon reproductible et rapide un ensemble de caractéristiques physicochimiques ayant un impact sensoriel. Il s'agit de tests de compression ou de pénétration et de mesures de la modification de signaux lumineux ou sonores lors de leur parcours dans le fruit. En effet, ces signaux sont différemment altérés selon la composition chimique (teneur en sucre, en eau) et la structure (densité des cellules, épaisseur des parois cellulaires) du fruit. À partir de ces outils, il est possible d'établir des profils ou « cartes sensorielles » permettant de comparer les variétés ainsi que leurs évolutions au cours du temps, notamment lors de leur conservation. Ces profils sont confrontés à des résultats d'analyses sensorielles en laboratoire spécialisé et des tests de dégustation entrepris à l'ESA (Ecole supérieure d'agriculture) et à l'Inra, à Angers.



Tests de compression (à gauche) et de pénétration

D'autre part, il importe de comprendre l'origine de la variabilité observée, non seulement entre les variétés (à cause de facteurs génétiques) mais également au sein d'une variété, en fonction des conditions climatiques, du sol, des pratiques culturales ou de l'histoire de l'arbre (facteurs écophysologiques). Grâce à l'identification des différents facteurs influençant chaque étape de la construction du fruit au verger, il est possible de mieux prévoir les qualités des fruits à la récolte et de proposer des méthodes de conduite de culture permettant de valoriser au mieux le potentiel qualitatif de chaque variété •

Pascal GUILLEMIN, Maître de conférences à Agrocampus Ouest (INHP<sup>(5)</sup>), chercheur à l'UMR « GenHort », Génétique et horticulture (Inra/Agrocampus Ouest/Université d'Angers)

- (4) Institut de formation et de recherche « Qualité et santé du végétal » (Angers)
- (5) Institut national d'horticulture et de paysage

## Yaourts au banc d'essai

Que penser de ces yaourts censés « rééquilibrer la flore intestinale » ou « faire baisser le mauvais cholestérol », ou encore des céréales « qui évitent les fringales entre les repas » ?

L'attractivité des « aliments santé », nommés parfois alicaments, et le souci croissant de transparence envers le consommateur imposent aujourd'hui de prouver les affirmations relatives aux bénéfices apportés par ces aliments, aussi appelées « allégations nutritionnelles et de santé ». Le règlement européen CE 1924/2006 indique en effet que de tels messages apposés sur les emballages doivent être justifiés scientifiquement. C'est pourquoi les industries alimentaires multiplient les demandes d'essais cliniques.

De telles études, effectuées sur des volontaires, ont un déroulement identique à celui des essais pharmaceutiques. Cela dit, un médicament est censé guérir ou participer à la guérison d'une maladie ; ce n'est aucunement la fonction d'un aliment.

En France, tout projet de recherche clinique sur un produit pharmaceutique ou alimentaire doit être soumis à un comité d'éthique (le Comité consultatif de



Enlisa

## Le projet DisMoiGoût

Le Pôle Enfant de Cholet, pôle de compétitivité constitué en 2003, rassemble des professionnels d'horizons divers dans le but d'améliorer les structures d'accueil et les produits destinés aux enfants.

À partir du constat selon lequel les produits alimentaires sont élaborés en tenant compte d'observations émises uniquement par des adultes, un projet de recherche nommé DisMoiGoût a été lancé afin de développer une méthodologie d'évaluation des préférences alimentaires des enfants de plus de 4 ans. Ce projet, soutenu par la Dirre<sup>(1)</sup> et la Région des Pays de la Loire, fait collaborer l'Enitiaa<sup>(2)</sup>, l'École de management Audencia et l'École de design, à Nantes.

L'évaluation en question recourt à deux types de tests d'analyse sensorielle : des tests « descriptifs », destinés à quantifier objectivement les caractéristiques d'un aliment (odeur, saveur, texture...), et des tests « hédoniques » évaluant les sensations de plaisir ou de déplaisir ressenties lors de la dégustation. Les capacités de concentration et d'expression verbale des enfants étant bien plus limitées que celles des adultes, l'Enitiaa a mis en œuvre des études impliquant une centaine d'enfants avec deux approches principales : comparer les réponses des enfants aux tests descriptifs à celles d'adultes et essayer différents outils (mots, pictogrammes...) ou protocoles de tests, afin de mieux cerner en quoi les méthodes classiques sont inadaptées à la connaissance précise des préférences des enfants.

Pour comprendre les résultats de ces études, une enquête réalisée par le Lesma<sup>(3)</sup>, à Audencia, s'attache à analyser tout ce que peut évoquer aux enfants les produits qu'ils ont testés. En effet, les préférences alimentaires ne résultent pas uniquement des saveurs et des arômes perçus individuellement : elles sont aussi le fruit d'un apprentissage influencé par un contexte familial et social.

Enfin, un protocole d'analyse sensorielle fiable nécessite de suivre des règles de bonne pratique, avec un endroit calme et des conditions les moins anxiogènes possibles. L'École de design a entrepris de réaliser un kit mobile avec des objets attrayants pour les enfants, qui permettra de pratiquer des tests dans des lieux divers et de façon standardisée. À terme, ce matériel sera employé par six industriels implantés en région (Biofourmil, Brioche Pasquier, Charal, Fleury Michon, l'Abeille et les Vergers de la Blotière) et partenaires du projet, en vue de mieux cibler leurs innovations destinées aux enfants •

Leslie DULON, ingénieur, chef de projet DisMoiGoût à l'Enitiaa-Nantes

- www.poleenfant.fr
- (1) École nationale d'ingénieurs des techniques et des industries agricoles et agroalimentaires
- (2) Direction régionale de l'industrie de la recherche et de l'environnement
- (3) Laboratoire de recherche en stratégie et marchés des produits agroalimentaires

## Fibres vertueuses

En effet, il est à présent démontré qu'une alimentation quotidienne comprenant au moins 25 grammes de fibres réduit les risques de diabète, d'hypercholestérolémie (excès de cholestérol néfaste pour les artères), de cancer de l'intestin ou de l'estomac. L'action anticarcinogène (de prévention des cancers) provient non seulement des nombreux micronutriments anti-oxydants contenus dans les aliments riches en fibres, via des processus assez bien connus, mais également des fibres elles-mêmes, par des processus encore mal connus.

Les fibres alimentaires sont des glucides complexes (de très grosses molécules) partiellement digérés par l'intestin grêle. Leur effet protecteur envers le cancer colorectal est supposé découler de la synthèse de butyrate, un acide gras à chaîne courte (lire page 16) issu de la fermentation des fibres par la flore bactérienne colique. Le butyrate, qui est le « carburant » du côlon, tend en effet à inhiber l'inflammation et la prolifération tumorale (caractéristique d'un cancer)

des cellules épithéliales coliques (de la surface du côlon).

Ces actions protectrices nécessitent que le butyrate soit transporté à l'intérieur des cellules coliques par une molécule nommée MCT1. Or, nous avons récemment montré que, chez l'Homme, MCT1 est moins actif que le transporteur du glucose GLUT1 lors d'une inflammation intestinale ; les cellules épithéliales coliques utilisent alors le glucose, et non plus le butyrate, comme principale source d'énergie, ce qui entraîne une perte des effets régulateurs du butyrate. Cette permutation entre butyrate et glucose pourrait ainsi contribuer à la survenue du cancer lors de maladies inflammatoires chroniques de l'intestin, comme la maladie de Crohn et la rectocolite hémorragique. Des études complémentaires sont en cours dans notre laboratoire pour mieux en comprendre les mécanismes déclencheurs •

Ronan THIBAUT (médecin nutritionniste au CHU de Nantes), et Jean-Pierre SEGAIN, chargés de recherche à l'unité mixte de recherche Phan, Physiologie des adaptations nutritionnelles (Inra/Université de Nantes)



© www.ohazaz.com

Le PNNS, Programme national Nutrition Santé, recommande de consommer 5 fruits et légumes chaque jour, ces aliments riches en fibres (comme les céréales complètes) contribuant alors à une prévention substantielle de certaines maladies.

## Le sucre en débat

Succombons-nous aux plaisirs du sucre de façon excessive ?

Le sucré est la saveur préférée du nourrisson ; il le demeure chez la plupart des individus. L'attraction particulière pour les aliments sucrés semble due en bonne partie à la sécrétion induite d'endorphines, des substances qui provoquent dans le cerveau des sensations de plaisir.

Les sucres, glucides au goût sucré, sont des molécules simples, comme le glucose et le fructose présents dans les fruits, ou comme le saccharose, sucre de canne ou de betterave constitué d'une molécule de glucose et d'une molécule de fructose. D'autres glucides, nommés parfois « sucres lents » (à tort, car ce ne sont pas des sucres et leur assimilation n'est pas souvent lente), sont des molécules plus complexes, comme l'amidon du pain, des pâtes, des pommes de terre ou du riz. Dans une alimentation équilibrée, les glucides simples et complexes devraient, ensemble, constituer environ 50% de l'apport calorique journalier, l'autre moitié étant constituée de lipides (35%) et de protéines (15%).

Les sucres sont souvent décriés en tant que source de problèmes de santé. Les auteurs du rapport *Glucides* publié en 2004 par l'Afssa ont dénoncé les « abus de sucres », et notamment celui de boissons sucrées qui serait largement responsable du développement du surpoids et de l'obésité chez les jeunes. Cette position, partagée par certains cliniciens et chercheurs, est contestée par d'autres et par des industriels de l'alimentation. Avec l'étude récente INCA2

selon laquelle la consommation de sucres chez les enfants de 3 à 14 ans, en France, tend à diminuer légèrement, la guerre des statistiques n'est pas finie, mais la contestation s'appuie aussi sur la remise en cause de la notion de « sucres lents » et de l'idée associée que ces glucides complexes seraient toujours moins néfastes pour la santé que les glucides simples ou « rapides ».

Si des recherches récentes indiquent, par ailleurs, que l'assimilation des nutriments par l'organisme dépend de la façon dont ils sont structurés dans l'aliment (lire *Des aliments bien charpentés*, page 14), les glucides consommés en excès sont en partie transformés en graisses stockées, et il est certain que les surpoids observés sont généralement dus à un apport calorique total (lipides et glucides) excessif par rapport à l'activité physique •

Martine CHAMP, directrice du Centre de recherche en nutrition humaine de Nantes et directrice adjointe de l'UMR Phan (Inra/Université de Nantes)

- <http://lesucre.com>
- *Sucre & santé, le Livre blanc* (Cedus, Centre d'études et de documentation du sucre, 2008)
- [www.afssa.fr/Documents/NUT-Ra-Glucides.pdf](http://www.afssa.fr/Documents/NUT-Ra-Glucides.pdf)



© iStockphoto | Juan Vercelotti

protection des personnes) et déclaré aux autorités (l'Afssaps). Dans le cas d'un produit alimentaire, le protocole d'étude est défini avec des médecins cliniciens et divers experts scientifiques afin de démontrer l'intérêt de l'aliment ou de l'ingrédient, tout en s'assurant qu'un maximum de paramètres influents (caractéristiques des volontaires, conditions de l'ingestion...) a été pris en considération. Il tient compte également des souhaits et des contraintes de l'industriel. Les propriétés évaluées doivent être à la fois pertinentes pour la communauté scientifique et facilement comprises par les consommateurs dans le message marketing final.

Il existe actuellement une sollicitation importante de la part des producteurs d'ingrédients (pâtes, poudres ou liquides pour les industries) dont les innovations sont foisonnantes. Les études sont fréquemment menées sur les thèmes suivants : désordres lipidiques et glucidiques, maladies cardiovasculaires, ménopause, santé intestinale... et les allégations sur les pots des yaourts sont ainsi plus fiables qu'auparavant •

Murielle CAZAUBIEL, directrice de la société Biofortis (issue d'une start-up fondée au CHU de Nantes). [www.biofortis.fr](http://www.biofortis.fr)

- [www.entreprendre.univ-nantes.fr/78770240/0/fiche\\_\\_\\_pagelibre/&RH=1213170309413](http://www.entreprendre.univ-nantes.fr/78770240/0/fiche___pagelibre/&RH=1213170309413)
- *À la loupe de l'Afssa*, par Jean-Marie Bard et Martine Champ, [www.tetes-chercheuses.fr](http://www.tetes-chercheuses.fr)

# L'aliment entre plaisir et raison



Entretien avec  
**Jean-Louis LAMBERT**

sociologue, économiste, Professeur retraité de marketing et sociologie alimentaire à l'Enitiaa, École nationale d'ingénieurs des techniques des industries agricoles et alimentaires à Nantes

Propos recueillis par O.N.d.S.

**Pourquoi nous est-il difficile de nous alimenter sainement, malgré l'abondance de denrées variées ?**

**J.-L.L.** : L'urbanisation et la réduction des espaces de vie, l'automatisation des transports et des productions, la croissance du secteur tertiaire et du temps libre entraînent, en moyenne, une diminution des dépenses physiques, et donc de nos besoins d'apport énergétique. Pour la première fois dans notre histoire, nos ressources alimentaires sont devenues bien supérieures à ces besoins.

Or, lorsqu'ils sont confrontés à une situation inédite d'abondance, les humains tendent à manger plus que nécessaire et à grossir. Une explication de ce phénomène est que leurs émotions primaires ne disparaissent pas avec la pénurie : ils ont encore « peur de manquer » et restent attirés par les denrées très énergétiques, riches en saveurs sucrées ou en lipides. Dès que leur niveau de vie le leur permet, ils délaissent les aliments d'origine végétale, souvent propices à la sensation de satiété, qui « remplissent bien le ventre », au profit de produits d'origine animale, plus coûteux et plus gras.

C'est ainsi que les cas d'obésité se multiplient dès que les populations sortent du seuil de pauvreté. En Occident, ce phénomène s'est étendu depuis 50 ans aux classes moyennes puis aux classes populaires ; il se produit actuellement dans les pays en développement.

Après avoir pris conscience des risques sanitaires (de maladies cardiovasculaires et de diabète, notamment) liés à ces excès, les classes aisées cherchent à infléchir leurs comportements. Elles rééquilibrent alors les rations, développent le modèle du « moins manger pour vivre mieux et plus longtemps », suivent des régimes diététiques, se retournent vers les produits d'origine végétale prônés par les nutritionnistes.

Par ailleurs, la tendance du prêt-à-manger éloigne les consommateurs des systèmes de production : ils ne savent plus d'où viennent leurs aliments ni comment ils sont faits ; l'industrialisation et les innovations les inquiètent. C'est ce qui explique en bonne partie la demande actuelle « de naturel » et l'attrait des produits bio.

**Comment notre alimentation évolue-t-elle ?**

**Jean-Louis Lambert** : L'alimentation structurée par des repas réguliers demeure très majoritaire dans les pays de culture latine, mais de nombreux facteurs favorisent le développement de pratiques moins normalisées : le grignotage et les sandwiches, notamment.

La réduction de la taille des familles, la moindre importance de la vie de groupe, l'augmentation du salariat féminin, les déplacements professionnels plus fréquents et l'essor des activités de loisir poussent à se nourrir individuellement et à réduire le temps consacré aux activités alimentaires ; lorsque le niveau de vie augmente, ce temps diminue davantage encore. La part des revenus consacrés aux dépenses alimentaires décroît également : moins de 20 % en France, actuellement, contre 33 % en 1960.

Si l'évolution de l'offre alimentaire suit ces tendances, elle les favorise aussi. Les progrès des procédés industriels de fabrication et de conditionnement permettent en effet de proposer des produits toujours plus élaborés, variés, rapides à préparer par soi-même ou par les restaurateurs ; ceux de la distribution les rendent plus accessibles : distributeurs automatiques, livraison ambulante, au travail, à domicile, dans les transports, dans les stations services...

Après l'essor du prêt-à-porter, nous sommes ainsi entrés dans l'ère du « prêt-à-manger ».

Pourtant, malgré des influences anglo-saxonnes importantes, le « modèle français » persiste : des repas réguliers, variés et équilibrés, les plaisirs de la cuisine et de la table, la convivialité et l'intérêt pour les produits « de terroir » demeurent des valeurs prépondérantes dans les conduites alimentaires des Français (lire page 18), même si les préoccupations de santé ont un impact grandissant, particulièrement dans les classes aisées et chez les femmes.



© Getty Images / Stone / John Lamb

**Quels sont les principaux objectifs et difficultés des sciences de l'alimentation ?**

**J.-L.L.** : Les spécialistes de santé ont comme priorités de mieux connaître les aliments, le métabolisme qui permet à notre corps de les transformer, et surtout de prévenir le développement de pathologies liées à une alimentation excessive ou déséquilibrée. À cette fin, le PNNS (Programme national Nutrition Santé) lancé en 2001 vise à instaurer des recommandations globales à l'ensemble de la population.

Les industriels et les restaurateurs cherchent désormais à concevoir de nouveaux produits non seulement efficaces sur le plan commercial (qualités gustatives, aspects pratiques...) mais aussi « bons pour la santé », en réponse aux préoccupations croissantes des consommateurs et à la pression exercée par les institutions publiques.

En sciences humaines et sociales, les chercheurs essaient de mieux cerner les multiples déterminants des conduites alimentaires : les facteurs économiques et sociaux, la perception des aliments (notamment des nouveautés), la construction culturelle des représentations liées aux aliments et des préférences des mangeurs lors de leur enfance... Cette compréhension est difficile car l'alimentation intègre de nombreuses facettes de la vie individuelle et collective.

Combiner ces diverses approches est nécessaire si l'on veut donner les moyens aux mangeurs de mieux s'alimenter en acceptant de changer leurs comportements. Mais, pour diverses raisons, comme la structuration cloisonnée des enseignements et des recherches, les approches pluridisciplinaires ne sont pas encore légion. Le pôle nantais « Alimentation et nutrition » (Ponan) a été créé en partie pour pallier ce problème.

**Devrait-on s'en remettre à un médecin pour bien se nourrir ?**

**J.-L.L.** : Le PNNS est utile, mais une approche trop centrée sur les liens entre nutrition et santé risque de manquer d'efficacité. Par exemple, certaines politiques (aux États-Unis, notamment) ont prôné l'idée qu'une bonne information sur la composition des produits peut suffire à conduire les consommateurs à faire des choix meilleurs pour leur santé, or elles n'ont pas endigué la montée de l'obésité ; elles ont en revanche culpabilisé les personnes obèses et accru l'anxiété générale à ce sujet.

Il serait en outre dommage qu'une large médicalisation de l'alimentation provoque un rejet de notre gastronomie, trop riche en apparence, alors que les Français souffrent un peu moins de surpoids que d'autres peuples des pays industrialisés. Ce fait, que les Anglo-saxons nomment *French paradox*, montre que bien s'alimenter ne nécessite pas de se restreindre scrupuleusement à des doses de nutriments préétablies. Une telle restriction pourrait par contre priver certaines personnes d'un choix de vie légitime et ôterait à beaucoup d'autres l'une de leurs seules sources de plaisir quotidien.

**En complément...**

• *Le mangeur hypermoderne*, François Ascher (Odile Jacob, Paris, 2005)

## MOTS DE NUTRITION

**alimentation** : manière de se nourrir, incluant la sélection des aliments, leur préparation et les conditions (moment, lieu, contexte) de leur ingestion

**nutrition** : ensemble des processus d'assimilation des aliments par l'organisme

**nutriment** : composé organique ou minéral dont l'assimilation est indispensable à la survie d'un organisme. Les glucides, les lipides, les protéines, les vitamines et les minéraux (sodium, calcium...) incluant les oligo-éléments (fer, zinc, etc.) sont des ensembles de nutriments.



# Graisses dans le collimateur

Il est aujourd'hui établi qu'une alimentation trop riche est source de diabète et même de cancers, mais il reste à mieux comprendre pourquoi.

★ par Pierre-Henri DUCLUZEAU, Maître de conférences à l'Université d'Angers, responsable de l'unité de diabétologie (département Endocrinologie-diabétologie-nutrition) du CHU d'Angers et chercheur à l'UMR « Mitochondrie et régulation hormonale » (Inserm/Université d'Angers). [www.univ-angers.fr/laboratoire.asp?ID=5&langue=1](http://www.univ-angers.fr/laboratoire.asp?ID=5&langue=1)

Le syndrome métabolique (SM) n'est pas une maladie spécifique, mais désigne plutôt une série de problèmes induits par un **métabolisme** anormal : teneurs élevées en glucides (hyperglycémie) et en lipides dans le sang, hypertension artérielle, stockage excessif de graisses viscérales (au niveau de l'abdomen). Il constitue un stade précoce de plusieurs maladies graves, comme le **diabète** de type 2, les troubles cardiovasculaires (infarctus) et les accidents vasculaires cérébraux.

## En guerre contre le syndrome métabolique

Bien qu'il existe des prédispositions génétiques héréditaires, la grande majorité des cas de SM est liée à un style de vie sédentaire et à un mauvais équilibre alimentaire, notamment une alimentation trop riche en acides gras saturés (voir page 16) d'origine animale qui favorisent le diabète de type 2. Le SM est surtout présent chez les personnes de plus de 50 ans mais il concerne de plus en plus de jeunes adultes, surtout en Occident. On estime qu'un Américain adulte sur quatre en est atteint, et un sur six en Europe. Certains experts estiment qu'il dépassera bientôt le tabagisme comme première cause de maladies cardiovasculaires.

### MOTS DE NUTRITION

**métabolisme** : ensemble des transformations physicochimiques réalisées dans les tissus de l'organisme vivant

**insuline** : hormone sécrétée et libérée dans le sang par le pancréas. Captée par les cellules, elle permet à celles-ci de stocker le glucose et les lipides sous forme de triglycérides.



© Getty Images / Stone / Frank Hehldt

Le principal moyen de prévenir le SM est de réduire les excès d'apport énergétique, notamment en diminuant la part des lipides au profit des fibres alimentaires. Il ne s'agit pas de faire un régime mais de rééquilibrer l'alimentation et le mode de vie sur le long terme, selon les recommandations du PNNS (lire *Un plan pour la santé*).

Le développement du SM s'accompagne le plus souvent d'un défaut d'oxydation normale des acides gras dans le foie, conduisant à une accumulation de triglycérides (des graisses), et de l'apparition d'une insulino-résistance (perte de sensibilité à l'action de l'insuline).

Les mécanismes à l'origine de l'insulino-résistance sont encore mal connus mais des recherches récentes laissent

**diabète** : déficience du métabolisme, source de pathologies diverses et souvent graves si elles ne sont pas soignées. Les deux formes principales sont le **diabète de type 1** (près de 10 % des cas), dû à un arrêt brutal de la production d'insuline, et le **diabète de type 2** (90 %), qui découle d'une résistance des tissus à l'action de l'insuline puis d'une « fatigue » du pancréas.

à penser que le dysfonctionnement des mitochondries pourrait y participer.

## Une mitochondrie à mieux connaître

Les mitochondries sont des organites, de la taille des bactéries, présents dans toutes les cellules eucaryotes où elles « oxydent » les nutriments primaires (glucose et acides gras, essentiellement), à l'aide du dioxygène que nous respirons, pour former l'adénosine triphosphate (ATP), le carburant indispensable à toutes les activités cellulaires (croissance, synthèse de molécules diverses, activités physiques ou cérébrales). Ce processus d'oxydation n'est pas complètement « propre » : il génère des sous-produits toxiques regroupés sous le terme de ROS (*reactive oxygen species*). Ces ROS attaquent les molécules qui les entourent, et en premier lieu les protéines des membranes des mitochondries elles-mêmes, contribuant à la perte de leurs fonctions.

Il est possible que l'excès de nourriture conduise les mitochondries à produire beaucoup de ROS, ce qui, petit à petit, altérerait les fonctions mitochondriales et empêcherait ces organites de remplir correctement leur

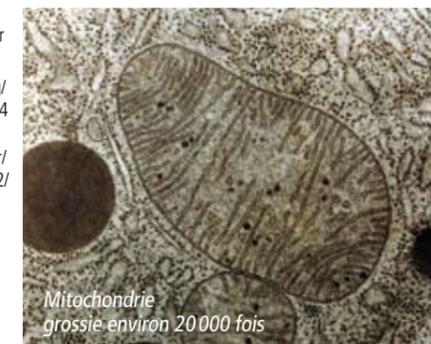
» rôle de régulateur du métabolisme intracellulaire. Cette situation pourrait contribuer à l'apparition de l'insulino-résistance.

Notre unité de recherche de l'Inserm s'intéresse au rôle de la mitochondrie dans les diverses activités cellulaires au travers des processus de transformation ou de synthèse de molécules. Un des projets de l'unité est d'étudier la fonction métabolique mitochondriale chez le rat soumis à un régime riche en lipides induisant un SM et un diabète de type 2. Ces études, directement articulées avec le suivi médical des patients atteints du SM et du diabète de type 2,

devraient apporter une meilleure compréhension des pathologies induites par une alimentation trop riche •

### En complément...

- (1) [www.mangerbouger.fr](http://www.mangerbouger.fr)
- [www.afd.asso.fr](http://www.afd.asso.fr)
- [www.agrobiosciences.org/article.php3?id\\_article=1094](http://www.agrobiosciences.org/article.php3?id_article=1094)
- (2) [www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/004001492/index.shtml](http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/004001492/index.shtml)



Mitochondrie grossie environ 20 000 fois

Keith R. Porter, UMBC

## Surpoids, obésité et syndrome métabolique

La définition du syndrome métabolique varie quelque peu selon les pays ou les organismes de santé. Selon celle qui a été formulée en 2001 par le groupe de travail américain National Cholesterol Education Program, aujourd'hui acceptée largement, il y a syndrome métabolique lorsqu'au moins trois des facteurs de risque suivants sont présents :

- surpoids ou obésité, surtout l'obésité abdominale (excès de tissu gras au niveau des viscères), déterminée par le tour de la taille d'un individu : supérieur à 88 cm chez les femmes, à 102 cm chez les hommes ;
- hypertension artérielle supérieure à 130 mm Hg / 85 mm Hg ;
- taux de triglycérides sanguins à jeun supérieur à 1,5 g/l ;
- taux de cholestérol HDL (le « bon » cholestérol) inférieur à 0,4 g/l chez les hommes, à 0,5 g/l chez les femmes ;
- glycémie à jeun supérieure à 1 g/l.

Le surpoids et l'obésité sont habituellement mesurés par l'IMC, l'indice de masse corporelle, qui vaut la masse  $P$  (en kilos) divisée par le carré de la taille  $T$  (en mètres) :  $IMC = P / T^2$ . Un adulte est considéré en surpoids si  $IMC > 25 \text{ kg m}^{-2}$ , obèse si  $IMC > 30 \text{ kg m}^{-2}$  •

## Un plan pour la santé

Le PNNS, Plan national Nutrition Santé, est un programme d'État lancé en 2001 et renouvelé en 2006. Il vise à réduire et à mieux prendre en charge les pathologies liées à l'alimentation. À cette fin, il livre des recommandations<sup>(1)</sup> non seulement sur le mode de vie (une activité physique quotidienne : au minimum, 45 minutes de marche) mais aussi et surtout sur des aspects nutritionnels : une alimentation riche en légumes, en grains entiers (non raffinés) et limitée en graisses, surtout d'origine animale ; une consommation variée d'au moins 5 fruits et légumes sur l'ensemble des trois principaux repas ; des apports limités en sel (moins de 6 grammes par jour) ; une consommation d'alcool très modérée, etc.

Ces recommandations, rédigées par un groupe d'experts, sont largement fondées sur un rapport<sup>(2)</sup> publié en 2000 par d'autres experts, le Haut comité pour la santé publique, et qui rassemble des résultats d'enquêtes épidémiologiques. C'est principalement la mise en relation des statistiques portant sur les modes de vie et les aliments consommés avec celles portant sur les pathologies qui ont permis de quantifier les recommandations •

## Obésité et cancer

Loin derrière les États-Unis, passés de 14 % à 30 % d'adultes obèses entre 1970 et 2000, la France n'est pourtant pas épargnée par l'obésité : l'étude épidémiologique nationale ObÉpi y recense 13,1 % d'adultes obèses en 2006.

Toutes les obésités ne sont pas équivalentes. On constate en effet que les risques de pathologies sont moins élevés lorsque les graisses sont plutôt distribuées vers le bas du corps (ce qui donne un peu une allure de poire), et non vers le haut (allure de pomme). L'évaluation de cette répartition est aisée : il suffit de prendre des mesures avec un mètre de couturière. L'étude ObÉpi indique que 46 % des hommes et 58 % des femmes présentent un tour de taille trop élevé. L'hypothèse majeure quant au risque d'un tel excès est

que l'accumulation de graisse au niveau des viscères modifie le métabolisme des glucides et des lipides, prédisposant ainsi au diabète.

Le lien entre l'obésité et les maladies cardiovasculaires est aujourd'hui établi ; celui entre l'obésité et les cancers commence à être admis, et l'on considère globalement qu'un obèse a entre 1,5 et 2 fois plus de risques qu'un sujet de poids normal de développer un cancer.

Nous nous intéressons à cette problématique du lien entre alimentation et cancer sous deux angles complémentaires : la recherche d'indicateurs du risque de cancers liés à l'obésité et celle des mécanismes d'action des principaux nutriments sur le développement des cancers, en particulier celui du sein.

En ce qui concerne les indicateurs ou

« marqueurs » permettant d'établir le risque d'apparition de cancers, des molécules telles que certaines lipoprotéines ont retenu notre attention. Nous essayons actuellement d'établir un lien entre leur présence dans le sang et le risque de récurrence des cancers du sein. Parallèlement, à partir d'études menées sur des cellules en culture, nous tentons d'évaluer l'influence de lipides particuliers (acides gras et stéroïdes) sur la synthèse de ces lipoprotéines.

À terme, ces travaux devraient permettre d'améliorer la prévention de certains cancers et de leurs récurrences par une alimentation adaptée •

Jean-Marie BARD, Professeur à Université de Nantes et responsable du département de biologie oncologique du Centre de lutte contre le cancer Nantes-Atlantique René-Gauducheau (site nord du CHU de Nantes)



# Une faim à mûrir

Les comportements et les risques de maladies liés à l'alimentation pourraient être déterminés en bonne partie peu avant et peu après la naissance.

★ par Dominique DARMAUN, Professeur, directeur de l'unité mixte de recherche Phan, Physiologie des adaptations nutritionnelles (Institut national de la recherche agronomique/Université de Nantes)

Pendant le dernier trimestre de la grossesse, le poids du fœtus est multiplié par trois; après la naissance, le poids du bébé triple de nouveau en un an. Cette croissance rapide suggère que la qualité de nutrition périnatale (quelques mois avant et quelques mois après la naissance) soit cruciale pour la santé du jeune enfant.

## Des effets à long terme

Cependant, des observations réalisées par des chercheurs britanniques dans les années 1990 ont indiqué que la nutrition périnatale peut influencer non seulement sur la croissance du bébé mais aussi sur le risque de maladies 50 ou 60 ans plus tard. Des études épidémiologiques (des statistiques sur les pathologies) ont en effet montré une corrélation entre un faible poids à la naissance, signe de dénutrition *in utero*, et un risque accru d'obésité, de maladies cardiovasculaires, de diabète, d'hypertension ou de cancer à l'âge adulte. D'autres statistiques ont laissé à penser que l'alimentation des premiers mois de vie postnatale influe sur les risques ultérieurs d'obésité ou de diabète.

Nous cherchons donc à savoir comment et dans quelle mesure l'apport ou la carence en certains nutriments, dans la période périnatale, peut conditionner durablement l'assimilation des aliments, laissant une « empreinte métabolique » conséquente sur la santé de l'adulte, et les comportements alimentaires de ce dernier.

## Une maturation digestive et cérébrale

Or, d'une part, les mécanismes susceptibles de perturber la régulation de la faim et de la satiété, contrôlés par le système nerveux central, sont encore très mal connus. C'est pourquoi une équipe de neurophysiologistes de notre unité explore actuellement la piste d'éventuelles anomalies anatomiques et chimiques affectant l'hypothalamus, une région du cerveau que l'on sait fortement impliquée dans la régulation de l'appétit.

D'autre part, l'alimentation précoce joue un rôle dans la maturation de tous les organes, mais ses effets sur l'intestin, organe clé de la nutrition, sont également mal connus.

Une autre équipe de chercheurs de l'unité étudie ces effets, aussi bien sur les mécanismes d'assimilation des nutriments par l'intestin que sur le développement de la flore intestinale, un ensemble de bactéries qui n'existe pas à la naissance mais qui, par la suite, participe grandement au processus de digestion. À ce propos, on estime que le nombre de bactéries présentes dans l'intestin de l'adulte est de l'ordre de 100 000 milliards, soit 10 fois plus que la somme des cellules du corps !

## Des rattrapages rapides mis en cause

Nous entamons sur ces thèmes des études expérimentales (avec des rats, principalement) et cliniques (fondées sur l'observation de nouveaux-nés) en collaboration avec des néonatalogistes. Les enfants qui ont bénéficié d'un allaitement maternel ont moins de risque de développer, à l'âge adulte, les pathologies précédemment évoquées. Or, la composition du lait maternel en certains nutriments diffère de celle des laits artificiels. Nous voulons donc

connaître les effets de plusieurs de ces nutriments sur la maturation des organes, le métabolisme et le comportement alimentaire. Nous étudions en particulier le rôle des oligosaccharides (des glucides spécifiques du lait humain qui ont un impact majeur sur la maturation du côlon) et celui de certaines protéines dont la teneur est souvent renforcée dans les laits infantiles par rapport au lait maternel, afin d'accélérer la croissance.

En effet, s'il est d'usage de vouloir faire rattraper au plus vite le retard de croissance des nouveau-nés qui ont un poids inférieur à la moyenne,

une controverse scientifique s'accroît actuellement sur la question de savoir si ce rattrapage forcé a des effets négatifs à long terme sur plusieurs organes, comme si l'organisme tendait alors, toute sa vie durant, à compenser le déficit initial au détriment de sa santé.

Si cette hypothèse était confirmée, elle conduirait à réviser la conception ou l'usage de certains laits artificiels •

### En complément...

À lire aussi, sur l'allaitement en France : *Loué soit le sein*, par Irène Capponi (LabÉCD, Université de Nantes), [www.tetes-chercheuses.fr](http://www.tetes-chercheuses.fr)

## Sur les traces de l'empreinte nutritionnelle

Si la malnutrition des jeunes enfants reste, avec les maladies infectieuses, un problème grave au sein des populations pauvres, de nouvelles difficultés apparaissent pourtant avec le changement des pratiques alimentaires observé dans les pays qui tendent à sortir de la pauvreté.

Des données accumulées au niveau international indiquent en effet un accroissement de la mortalité associée aux maladies chroniques liées à l'alimentation dans la plupart des pays émergents. Les pratiques s'y éloignent des régimes traditionnels, à base de céréales, de tubercules et de légumes, pour évoluer vers des régimes plus diversifiés mais plus riches en produits d'origine animale, en aliments gras ou sucrés. Il n'est plus rare d'y voir se côtoyer des problèmes de retard de croissance fœtale et infantile, de sous-nutrition infantile et des cas de surpoids ou d'obésité.

Comment expliquer cette coïncidence ?

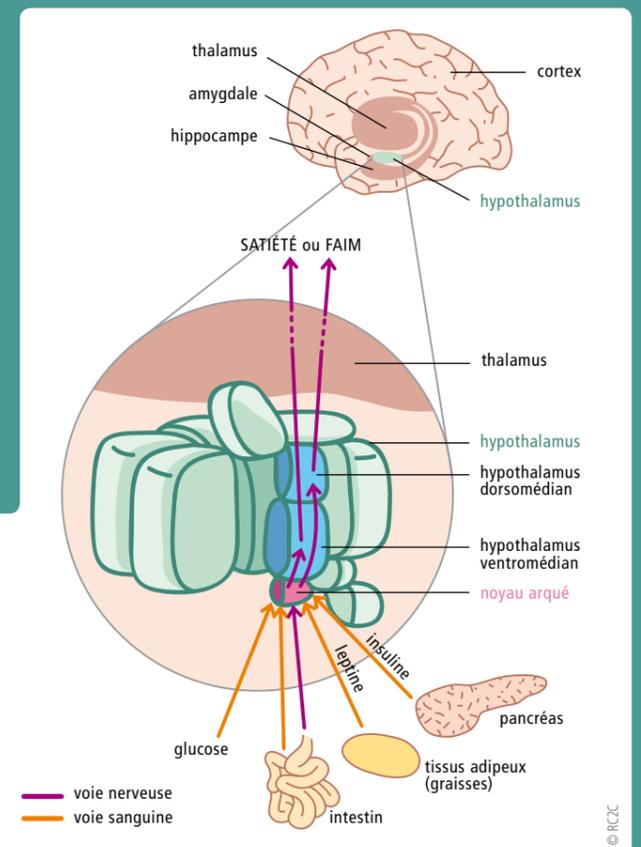
Deux hypothèses principales sont aujourd'hui largement débattues : celle du « gène économe » et celle du « phénotype économe ». Selon la première, la sélection naturelle au sein des populations exposées à une famine récurrente aurait favorisé les individus les plus aptes à stocker de l'énergie sous forme de tissu adipeux, et qui sont aussi, de ce fait, les plus prédisposés au surpoids et au diabète de type 2 (voir page 11). Selon la seconde hypothèse, non génétique, la malnutrition de la mère, durant la grossesse ou la période néonatale, entraînerait chez son nouveau-né une modification des capacités métaboliques induisant une plus grande résistance à l'effet régulateur de l'insuline.

Dans un cas comme dans l'autre, le comportement alimentaire paraît mal adapté aux besoins nutritionnels. Or une adéquation fine de notre appétit avec ces besoins n'est possible que si le développement cérébral, *in utero* puis en période postnatale, est accompagné d'une bonne maturation des circuits neuronaux hypothalamiques (voir schéma ci-contre). Nos recherches visent à élucider la façon dont les apports nutritifs, en période périnatale,

influencent sur la mise en place génétiquement programmée des circuits et des récepteurs chimiques des neurones responsables de la régulation de la prise alimentaire. Cette influence est nommée « empreinte nutritionnelle ».

Nous avons mis au point des modèles expérimentaux de rats ayant subi une dénutrition *in utero* par restriction des apports quotidiens en protéines de la femelle gestante. Sur ces rats qui ont, à la naissance, un poids inférieur à la normale, nous recherchons des altérations anatomo-fonctionnelles (relatives à l'anatomie, aux mécanismes chimiques et à leurs effets) des centres régulateurs de l'appétit, ainsi que des anomalies du comportement alimentaire : fréquence des prises, choix des aliments... Nous cherchons ensuite à évaluer les conséquences, sur ces diverses altérations, d'une augmentation de l'apport en protéines ou en acides gras poly-insaturés (voir page 16) pendant la période d'allaitement •

Patricia PARNET, directeur de recherche Inra, responsable de l'équipe « Programmation nutritionnelle du système nerveux central » à l'UMR Phan



### La régulation cérébrale de l'appétit

Le noyau arqué, situé dans l'hypothalamus, capte les signaux hormonaux (les peptides leptine et insuline), métaboliques (glucose, triglycérides, acides aminés) et nerveux (indiquant les distensions de l'estomac ou de l'intestin) qui sont générés par les organes digestifs. Ce noyau cérébral contient les corps cellulaires des neurones orexigènes (qui permettent de stimuler l'appétit) ou anorexigènes (qui permettent de l'inhiber) qui envoient des signaux nerveux vers d'autres centres régulateurs : les hypothalamus ventromédian et dorsomédian, qui inhibent ou stimulent l'appétit, et les structures limbiques (thalamus, hippocampe, cortex, amygdale) qui intègrent les signaux provenant des sens et qui provoquent des sensations de plaisir ou de déplaisir.

## Des aliments bien charpentés

La composition indiquée sur l'emballage d'un aliment ne garantit ni la digestibilité de ce dernier ni les effets qu'il est capable de produire sur l'organisme. De même que les ingrédients ne font pas tout le succès d'une recette, deux aliments de compositions identiques peuvent avoir des qualités nutritionnelles très différentes.

En effet, seuls les nutriments libérés sous une forme adéquate dans le tube digestif, au moment où ils peuvent être absorbés, sont susceptibles d'être efficaces dans l'organisme ; on les nomme nutriments bio-accessibles. La bio-accessibilité dépend de la localisation du nutriment dans l'aliment, de sa stabilité physicochimique ainsi que de ses capacités à réagir avec d'autres constituants et les sécrétions du tube digestif : salive, suc gastrique, bile, etc.

Prenons, par exemple, des nutriments reconnus pour avoir des effets bénéfiques sur la santé : les acides gras poly-insaturés (AGPI), de type

oméga-3 ou oméga-6, et les fibres alimentaires (voir page 7).

Les AGPI sont des molécules peu stables : ils risquent d'être rapidement dégradés, par oxydation, au cours de la conservation de l'aliment et lors de ses transformations chez le fabricant, dans la cuisine ou même dans le tube digestif. Ils perdent alors une partie de leurs effets bénéfiques. La stabilité des AGPI dépend de l'organisation de leurs molécules et des structures qui les contiennent. Notre équipe a ainsi montré que certaines protéines laitières utilisées pour stabiliser des sauces émulsionnées (contenant des petites gouttelettes qui ne se mélangent pas au reste du liquide) sont capables de protéger ces acides gras. Elles piègent en effet les molécules nommées radicaux libres et les traces de métaux qui favorisent l'oxydation.

Quant aux fibres alimentaires, leur incorporation dans un aliment comme le pain modifie le procédé de fabrication et la texture du produit final. Or ce changement peut entraîner des variations de réponse physiologique chez le consommateur. Nous avons établi que les textures denses des pains riches en fibres rendent peu bio-accessible l'amidon : les amylases (des enzymes) de la salive ou du pancréas sont alors moins efficaces dans le découpage de cette grosse molécule en glucides assimilables, d'où un index glycémique (teneur du sang en glucose) plus faible qu'avec un pain classique.

Ces recherches sur la bio-accessibilité des nutriments vont permettre aux industriels de structurer leurs nouveaux produits de telle sorte que les bénéfices attendus sur la santé soient effectifs, et tout au moins maîtrisés davantage qu'auparavant •

Jacques GUÉGUEN, Luc SAULNIER et Claude GENOT, chercheurs à l'unité BIA, Biopolymères, interactions, assemblage (Inra-Nantes)



## Traquer les allergènes

Une allergie alimentaire (ici notée AA) est une réponse anormale du système immunitaire à l'ingestion de certains aliments. Il faut la distinguer de l'intolérance alimentaire qui est due à un déficit du métabolisme et qui empêche d'assimiler un nutriment (le lactose, par exemple).

En France, environ 3 % de la population totale et 7 % des enfants scolarisés sont concernés par les AA, avec des réactions parfois très sévères et potentiellement mortelles. Le lait de vache, l'œuf et l'arachide sont les sources d'allergènes les plus fréquentes chez l'enfant ; chez l'adulte, ce sont plutôt les fruits.

Pour la personne allergique, le seul moyen de se protéger est d'éviter les produits contenant des allergènes. Cette stratégie impose de fortes contraintes aux familles, surtout quand l'allergène est présent dans de nombreux aliments industriels. La directive européenne 2003/89/CE impliquant la mention, sur les emballages, des allergènes fréquents ou dangereux réduit les risques d'accidents ; dans le même temps, elle restreint le choix des patients, car le recours à l'indication préventive « peut contenir des traces de... » est très largement employé, par précaution.

La recherche sur les AA vise à améliorer la détection des allergènes dans les aliments, à améliorer les outils de diagnostic des allergies et à diminuer ou ôter aux aliments leurs capacités allergisantes.

À l'Inra de Nantes, nous travaillons notamment sur le blé, source d'AA (dont la maladie cœliaque, une allergie au gluten) et d'allergie respiratoire. Grâce à notre connaissance approfondie des protéines du blé, nous avons contribué à l'amélioration des moyens de détection

du gluten dans les aliments et du diagnostic des AA au blé, en collaboration avec des allergologues et l'industrie pharmaceutique.

Nous étudions *in vitro* les interactions d'anticorps (des immunoglobulines E), impliqués dans la réaction allergique et présents dans le sérum de patients, avec des protéines issues d'un substrat allergène (un extrait d'œuf, de lait, de blé...) et isolées ou reproduites par une technique de biologie moléculaire. Nous observons comment les réactions des anticorps varient en fonction de la composition de ce substrat. Nous pouvons alors identifier des variétés de blé contenant moins d'allergènes, ou recommander aux industriels des procédés de fabrication (chauffage, séchage, traitement par des enzymes, etc.) susceptibles de diminuer le potentiel allergène d'un produit alimentaire •

Sandra DENERY et Marie BODINIER, chargées de recherche dans l'équipe « Allergie » de l'unité BIA (Inra-Nantes)

En complément...

- [www.institutucb-allergie-fr.com](http://www.institutucb-allergie-fr.com)
- <http://foodallergens.ifra.ac.uk/default.html>
- [www.cicbaa.org](http://www.cicbaa.org)
- [www.afdiag.org](http://www.afdiag.org)



## Savoureux et sain à la fois

De nombreuses substances contenues dans les aliments agissent sur les sens olfactif et gustatif. Elles rendent ainsi un aliment plus ou moins agréable ou acceptable, en permettant non seulement de l'identifier mais aussi de juger de sa comestibilité ou de sa fraîcheur.

Une fois dissoutes dans la salive, ces substances stimulent la muqueuse buccale, induisant plus ou moins intensément chacune des 5 saveurs de base (acide, sucré, salé, amer, umami) et des nuances comme le goût métallique. Cependant, la richesse et la subtilité de la perception proviennent surtout des arômes dus aux composés volatils (qui s'évaporent facilement) captés, au sommet de la fosse nasale, par le site olfactif, grâce auquel nous percevons certaines molécules en doses inférieures à 10<sup>-12</sup> gramme.

Des études récentes montrent que la flaveur (saveur et arôme) des aliments est le déterminant principal de plus de 60% des actes d'achat. C'est pourquoi l'industriel de l'alimentation est très attentif aux recherches sur les « molécules du plaisir alimentaire », et en particulier les molécules volatiles. Il pourra alors en ajouter à ses produits ou évaluer la qualité d'un ingrédient en mesurant, par exemple, la présence de composés à l'origine du goût rance et qui témoignent en général d'une dégradation par oxydation.

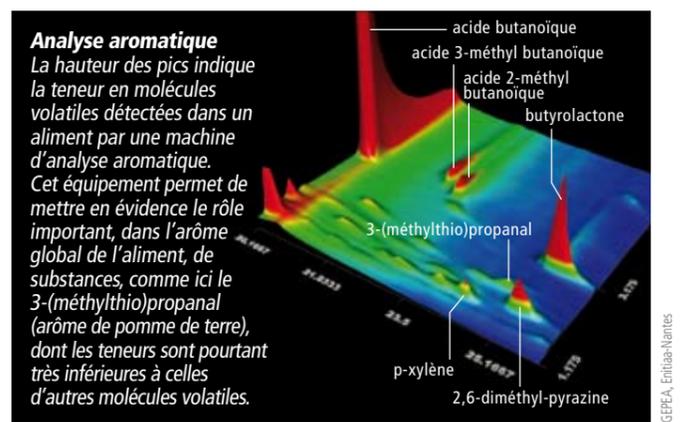
À l'Enitiaa<sup>(1)</sup> de Nantes, de telles recherches sont menées en couplant des techniques instrumentales d'analyse aromatique et l'analyse sensorielle. Un appareil très performant sert à séparer et à identifier les molécules volatiles à l'état dit d'ultra trace (moins de 10<sup>-10</sup> g dans 1 g d'aliment) ; depuis 2007, un « chromatographe en phase gazeuse bidimensionnelle » couplé à la technique de spectrométrie de masse nous permet de connaître la composition exacte de la fraction aromatique d'un aliment.

La perception des arômes provient aussi de la combinaison des molécules. Un appareil nommé GC-GOOD (*Global Olfactometry Omission Detection*) permet d'enlever ou d'ajouter sélectivement des molécules odorantes

préalablement extraites de l'aliment étudié afin de connaître l'influence d'un mélange sur la perception des dégustateurs. Parallèlement, l'emploi d'une « bouche artificielle » est destiné à mieux comprendre les mécanismes liés à la libération des arômes (lire *Le pain à la bouche*).

Les programmes de recherche visent de plus en plus à concevoir des produits à la fois savoureux, sains et respectueux de l'environnement. À titre d'exemple, notre équipe a déterminé des conditions de fumage du saumon rendant celui-ci riche en composés volatils très appréciés mais pauvre en molécules toxiques comme les HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques). Nous aidons aussi les industriels à sélectionner des ingrédients tels que des ferments naturels, qui permettent de doter un produit sans beurre ou allégé en sucre d'une saveur proche de celle d'un produit traditionnel •

Carole PROST, Professeur à l'Enitiaa-Nantes, responsable de l'équipe « Qualité aromatique des aliments », UMR GEPEA (CNRS/Université de Nantes/École des mines de Nantes)



## Le pain à la bouche

Bien que 98 % des Français mangent du pain et qu'une moitié d'entre eux le considère comme indispensable à l'équilibre alimentaire (sondage TNS-Sofres, 2005), la consommation de cet aliment connaît une chute vertigineuse depuis un siècle, peut-être soutenue par l'idée reçue selon laquelle il ferait grossir.

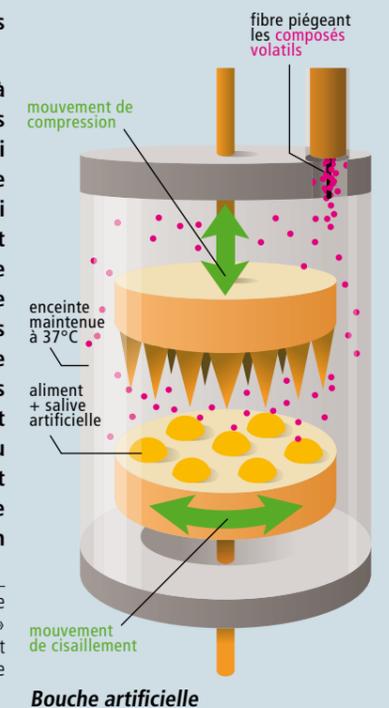
Afin d'inverser cette tendance, les boulangers cherchent à proposer des pains dont les bénéfices nutritionnels aident à lutter contre l'obésité et à réduire les risques de maladies. De nouvelles formules de pain sans gluten sont aussi développées et proposées aux personnes allergiques à cet ensemble de protéines du blé. Néanmoins, pour être appréciés des consommateurs, encore faut-il que ces produits améliorés aient le goût du pain !

Dans cette optique, nous étudions les composés d'arômes de pains enrichis en fibres ou en minéraux, ou encore dépourvus de gluten. Nous utilisons différentes techniques d'extraction et d'analyse de composés volatils, et nous réalisons en parallèle des séances d'analyse

sensorielle avec des personnes volontaires afin de savoir ce qu'elles perçoivent.

La bouche artificielle récemment conçue à l'Enitiaa sert à identifier les composés libérés au cours de la mastication, dont ceux qui sont à l'origine de la perception de l'arôme d'un aliment en bouche ; on peut aussi cerner l'impact de la structure de l'aliment sur la libération de l'arôme. Le broyage de l'aliment et l'addition d'une salive artificielle permettent de reproduire des conditions très similaires à celles de la bouche humaine en action. Grâce à l'analyse des substances volatiles alors dégagées puis piégées, il est possible de savoir lesquelles participent au « bon goût » du pain. Il s'agit principalement de molécules générées lors de la réaction dite de Maillard qui se produit lors de la formation de la croûte du pain •

Pauline POINOT, doctorante dans l'équipe « Qualité aromatique des aliments » (GEPEA, Enitiaa-Nantes) dont les travaux bénéficient du soutien de la Commission européenne



# Une déferlante d'oméga-3

Les oméga-3 apportent des bénéfices sur la santé mais leurs divers effets sont encore à préciser. Les micro-algues marines en constituent une source particulièrement intéressante.

Micro-algue *Odontella aurita*

★ par Lionel ULMANN et Virginie MIMOUNI, Maîtres de conférences à l'IUT de Laval, chercheurs de l'équipe « Molécule, mer, santé » (universités de Nantes et du Maine)

Depuis de nombreuses années, les oméga-3 ( $\omega 3$ ) font l'objet d'une publicité qui, après s'être installée dans les rayons des pharmacies, a envahi ceux des supermarchés.

En réponse à une demande croissante des enseignes commerciales, de plus en plus de produits industriels sont enrichis en ces molécules connues pour leurs effets bénéfiques dans la prévention des maladies cardiovasculaires, des inflammations, de l'obésité, des cancers ou de troubles cérébraux, et qui s'avèrent également déterminantes dans le bon développement des structures nerveuses lors de la période périnatale.

## Une alternative au poisson

Les  $\omega 3$  sont des acides gras poly-insaturés à longue chaîne (voir ci-dessous), dont les plus fréquents sont les acides  $\omega$ -linoléique (ALA), eicosapentaénoïque (EPA) et docosahexaénoïque (DHA). Actuellement, dans le domaine de l'agroalimentaire, les huiles de poisson en constituent la principale source commerciale, mais la diminution des ressources halieutiques (de la pêche) conduisent les chercheurs à explorer des sources de production alternatives.

Les micro-algues, végétaux marins unicellulaires, constituent des candidats particulièrement intéressants. Très diverses et très riches en  $\omega 3$ , elles sont déjà utilisées en aquaculture, en cosmétique et comme complément de l'alimentation humaine<sup>(1)</sup>. De plus, leurs teneurs en EPA et en DHA sont plus élevées que dans les poissons et beaucoup plus que dans les végétaux terrestres, comme le colza ou le lin qui sont exploités notamment pour leurs  $\omega 3$ . Il a été établi que l'EPA, d'une part, est incorporé dans les tissus davantage avec un apport alimentaire en  $\omega 3$  d'origine microalgale qu'avec un régime à base d'huile de poisson ; d'autre part, il favorise la synthèse, dans l'organisme, de substances nommées eicosanoïdes et qui ont une action dite anti-athérogène : elles s'opposent à la formation, dans les vaisseaux sanguins, de dépôt de lipides comme le cholestérol.

## Vers une production de masse

Les mécanismes de synthèse des  $\omega 3$  par les micro-algues étaient mal connus jusqu'à récemment ; nous sommes parvenus à en expliquer une part importante, en démontrant le rôle clé de certaines enzymes.

De nombreux travaux ont montré que la composition en  $\omega 3$  (et, plus généralement, en lipides) des micro-algues est sensible aux variations des facteurs environnementaux (lumière, température, nutriments disponibles). Nous nous attachons désormais à préciser l'influence de ces facteurs en vue d'améliorer les techniques de culture des micro-algues. Il s'agit en effet, à terme, d'en produire en masse avec des rendements satisfaisants, notamment quant aux teneurs en EPA et en DHA.

Il reste également à mieux connaître la transformation des  $\omega 3$  au sein de l'organisme. Des études récentes tendent à montrer qu'ils puissent, à doses importantes, avoir des effets nocifs, notamment en favorisant une production excessive de molécules oxydantes cancérigènes. Il est aujourd'hui largement admis qu'une alimentation idéale devrait apporter cinq  $\omega 6$  (d'autres acides gras dont l'excès est néfaste) pour un  $\omega 3$ . Si ce rapport est supérieur à 10 aujourd'hui, en moyenne, il ne faudrait pas non plus que l'engouement pour les  $\omega 3$  conduise à augmenter la consommation globale d'acides gras qui est déjà trop importante •

### En complément...

- (1) *Les petites ouvrières de la mer et Mer et littoral en pôle, Têtes chercheuses n°6 et 1, respectivement, sur www.tetes-chercheuses.fr*

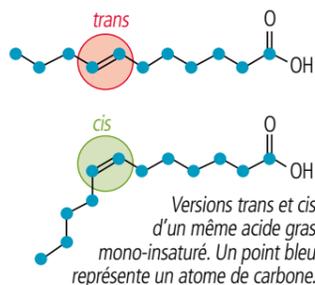
## MOTS DE NUTRITION

**acide gras** : molécule de la famille des lipides et de celle des acides organiques (ou carboxyliques) qui contient – quant aux lipides naturels – de 4 à 28 atomes de carbone liés en chaîne(s). Il est dit « à longue chaîne » si ce nombre dépasse 13.

Les acides gras **saturés**, fréquents dans les graisses animales, possèdent des atomes de carbone tous liés à autant d'atomes d'hydrogène

qu'il est possible. Leur consommation excessive augmente le taux de mauvais cholestérol.

Les acides gras **insaturés**, fréquents dans les huiles végétales, comportent une ou plusieurs doubles liaisons carbone-carbone. Ceux qui en comportent plusieurs sont dits **poly-insaturés**. Leurs effets sur la santé dépendent du nombre et de la configuration *cis* (plutôt bénéfique) ou *trans* (plutôt néfaste) des doubles liaisons.



# La chasse aux germes

Dans les pays industrialisés, les traitements voués à la conservation des aliments ont longtemps été dominés par les procédés de chauffage qui, avec la réfrigération, ont largement remplacé le séchage, le fumage, le salage ou l'immersion dans l'huile. Le besoin de faire des réserves est devenu moins important et les consommateurs exigent de plus en plus de pouvoir disposer d'aliments présentant des caractéristiques proches de celles des produits frais, tout en ne tolérant quasiment plus aucun risque de maladie infectieuse d'origine alimentaire.

Le déclenchement d'une telle maladie résulte d'une chaîne d'événements ayant trois acteurs principaux : la bactérie<sup>(2)</sup> (voire le virus), l'aliment vecteur (dit contaminé lorsque la bactérie s'y est installée) et le consommateur. Il a souvent d'autant plus de chances de se produire que le nombre de bactéries ingérées est grand. Ce nombre dépend non seulement de l'ampleur de la contamination initiale mais aussi de l'historique de production, de transformation, de distribution et de préparation de l'aliment contaminé.

Il s'agit donc de recourir, tout au long de la chaîne de l'alimentation, à des mesures de réduction des dangers bactériens, classées habituellement selon trois types : les mesures d'hygiène de rang I, destinées à éviter ou minimiser la contamination ; les mesures de rang II, destinées à éviter l'augmentation de la dangerosité (grâce à la réfrigération, par exemple) ; les mesures de rang III, destinées à éliminer ou inactiver les bactéries

dangereuses de l'aliment contaminé.

Parmi ces dernières mesures, les alternatives au chauffage, plus respectueuses des qualités organoleptiques (texture et flaveur) des produits, connaissent un essor considérable. On peut ainsi soumettre un aliment à une forte pression hydrostatique (dans un liquide tel que l'eau), à un champ électrique ou magnétique, à des ultrasons ou à de puissants flashes de lumière ultraviolette. Il est également possible d'employer des bactéries, non pathogènes pour l'Homme, dont la capacité à produire des molécules à activité anti-bactérienne ou à occuper la surface de l'aliment (lire *Coulis de bactéries*) va empêcher le développement de bactéries pathogènes. Il reste à généraliser l'usage de ces techniques diverses en réduisant leurs coûts.

Notre unité de recherche « Secalim » travaille à une meilleure connaissance des bactéries pathogènes. Entre autres applications, nous avons établi les bases d'une destruction par haute pression hydrostatique de divers pathogènes tel *Campylobacter jejuni* (image ci-contre), principale source d'infections intestinales bactériennes dans le monde. Parallèlement, nous cherchons à identifier des molécules qui leur sont nocives. Nous testons ainsi des peptides (des chaînes d'acides aminés) susceptibles de neutraliser les bactéries *Campylobacter* •

Michel FEDERIGHI, Professeur à l'ENVN, École nationale vétérinaire de Nantes, directeur de l'UMR Secalim, Sécurité des aliments (Inra/ENVN/Enitiaa)

## Coulis de bactéries

Durant ces dernières décennies, la stratégie « zéro bactérie » prévalant dans la prévention des intoxications alimentaires a cherché à éliminer autant que possible des aliments toute vie bactérienne nocive<sup>(2)</sup>. Grâce au développement des protocoles d'hygiène et des technologies d'emballage, les industries ont ainsi mis sur le marché des produits frais non pasteurisés (le chauffage intense de la pasteurisation dégrade souvent les saveurs et les textures) à très faibles teneurs en bactéries. Pour autant, ces derniers ne sont pas à l'abri d'invasions bactériennes rapides et impossibles à maîtriser.

Afin de conditionner au mieux un produit frais, il s'avère efficace d'ajouter à sa surface une bactérie neutre pour la santé, capable de s'y développer tout en gênant, par sa présence, la prolifération des autres germes, mais ne modifiant pas les qualités organoleptiques de l'aliment. C'est le procédé de biopréservation alimentaire.

Les industriels s'intéressent depuis peu à cette approche qui a fait pourtant l'objet de nombreuses recherches (principalement en Europe) depuis les années 1980, mais qui s'est heurtée à la connotation négative généralement associée aux bactéries ainsi qu'à de grandes difficultés pour maîtriser la survie et l'évolution des germes potentiellement intéressants.

Les bactéries lactiques, privilégiées car présentes dans l'intestin, s'accoutument souvent mal de la réfrigération ; elles n'empêchent pas toujours le développement des autres germes et altèrent parfois les qualités organoleptiques des produits. En 1997, après un long « casting » réalisé sur des milliers de bactéries différentes, nous avons pu isoler un spécimen idéal, nommé LLO (*Lactococcus lactis*), à partir d'un merlan pêché au large de La Turballe. L'exploitation de cette découverte permet de retarder l'altération nocive de produits marins sans recourir à des additifs chimiques. Ainsi, grâce à une présence abondante de LLO sur du poisson et des crevettes conditionnés en barquettes sans oxygène, il est possible d'allonger de plusieurs jours leur durée de conservation, dans des conditions parmi les plus saines possibles •

Sylvie LORRE, Docteur en microbiologie, directrice scientifique de la société Biocéane (Saint-Herblain). www.biocéane.com

### En complément...

- [www.entreprendre.univ-nantes.fr/42205609/0/fiche-pagelibre/&RH=1213170309413](http://www.entreprendre.univ-nantes.fr/42205609/0/fiche-pagelibre/&RH=1213170309413) (interview en vidéo)
- *L'histoire de la recherche sur la bactérie LLO*, [www.tetes-chercheuses.fr](http://www.tetes-chercheuses.fr)

(2) Tous les micro-organismes ne sont pas néfastes, loin s'en faut. L'apport de certaines bactéries lactiques ou de levures permet même d'élaborer de nombreux aliments : yaourts, fromages, pain, bière... Il faut en revanche prévenir le développement d'autres micro-organismes responsables d'intoxications graves, comme les listérioses ou les salmonelloses. Ces deux domaines, utilisation et prévention, constituent depuis Pasteur le champ des recherches de la microbiologie alimentaire.



# Un acte culturel

Améliorer le marketing alimentaire ou l'information sur les produits nécessite de mieux connaître les représentations et les valeurs qui fondent les choix des consommateurs.

★ par Mohamed MERDJI, Professeur, directeur du Lesma, Laboratoire de recherche en stratégie et marchés des produits agroalimentaires (École de management Audencia, Nantes)

Qu'est-ce qui distingue le mangeur français du mangeur américain ?

Les aliments que nous préférons sont, au même titre que notre façon de manger, le reflet de notre culture et de notre identité. Il suffit, pour s'en convaincre, de comparer dans les tableaux ci-dessous les représentations associées à l'acte alimentaire par les Français et par les Américains.

Ces deux « cartes cognitives » ont été construites à partir des réponses à l'une des questions ouvertes posées à des consommateurs : « Si je vous dis *manger*, quels sont les 5 mots qui vous viennent spontanément à l'esprit ? ».

## Sandwich contre pot au feu

Le tableau 1 suggère que l'acte alimentaire

est, pour les Américains, individuel et non ritualisé. Les enquêtes montrent en effet qu'aux États-Unis, globalement, chacun se sent libre de manger ce qu'il veut, quand et où il veut, chez lui ou hors de chez lui : au restaurant, au fast-food, au bureau, dans la rue ou en conduisant sa voiture. Le besoin que les Américains veulent donc satisfaire

en mangeant est avant tout fonctionnel : ils prennent du plaisir à manger mais ils le font d'abord pour se nourrir. Comme le tableau 1 l'indique également, tout ce qui est simple, pratique et rapide est bienvenu, comme les sandwiches, les pizzas et d'autres aliments qu'il suffit de réchauffer ou de griller.

Le lexique alimentaire des Français (tableau 2) est plus riche que celui des Américains. Il donne de l'acte alimentaire, à l'inverse de l'observation précédente, l'image d'une pratique très socialisée, ritualisée et encadrée par des normes : trois prises quotidiennes (petit-déjeuner, déjeuner et dîner); un repas structuré par une entrée, un plat principal et un dessert ; l'importance accordée au goût, aux produits du terroir, à la cuisine traditionnelle, et surtout au partage et à la convivialité. En France, quand on mange seul ou « sur le pouce », on n'a pas le sentiment d'avoir bien mangé. Pour ce faire, il faut prendre le temps de « se poser », en partageant autant que possible le plaisir du repas avec ses proches ou ses collègues; il faut aussi prendre le temps de faire les courses, de choisir ses produits, de préparer et de déguster les plats qu'on aime après leur avoir laissé, à eux aussi, le temps de « bien mijoter ».

L'Américain attend surtout de l'aliment une innocuité microbiologique et une qualité nutritionnelle; le Français est davantage intéressé par l'histoire de l'aliment et ce qu'on peut lui associer : où, quand, comment et par qui il a été produit; avec quoi ou avec qui il gagne à être mangé, etc.

## La valse des étiquettes

Les connaissances apportées par ce type d'études peuvent aider les entreprises à mieux cerner les cultures alimentaires des consommateurs afin d'optimiser leurs stratégies marketing en fonction des spécificités des marchés qu'elles souhaitent investir. Elles permettent notamment d'adapter les informations portées sur les emballages des produits à la réceptivité des consommateurs.

À titre d'exemple, notre équipe a récemment réalisé une autre enquête portant sur la perception des « aliments santé » comme les denrées enrichies en vitamines ou en oméga-3. Il en ressort que les consommateurs français sont, dans leur majorité, peu enclins à consommer ces produits qui, à l'inverse, séduisent les Américains. Ce constat, qui est cohérent avec celui de l'étude évoquée précédemment, permet d'expliquer pourquoi certaines des informations figurant sur les étiquettes et auxquelles les Français prêtent beaucoup d'attention (appellation d'origine contrôlée, recette traditionnelle...) ont en revanche peu de sens ou de valeur pour les Américains.

Nous cherchons plus généralement à mieux connaître ce que telle ou telle catégorie de consommateurs comprend des diverses mentions inscrites sur les produits, quant à leurs compositions, leurs origines, leurs bienfaits potentiels... Nous pouvons alors fournir des indications aux autorités françaises et européennes afin que la législation en matière d'allégations nutritionnelles (lire *Yaourts au banc d'essai*, p.5) ne soit pas inutilement contraignante et se concentre sur les informations paraissant à la fois essentielles et susceptibles d'être les plus largement comprises au-delà des différences socioculturelles.

### En complément...

*Manger. Français, Européens et Américains face à l'alimentation*, Claude Fischler et Estelle Masson (Odile Jacob, Paris, 2007)

## Manger branché

Les fabricants de produits alimentaires s'intéressent depuis quelques années au design comme outil stratégique pour valoriser leurs produits. Même si leurs investissements se concentrent encore beaucoup sur le packaging et la publicité, l'aspect du produit (design visuel), les recettes, saveurs et textures (design gustatif) et les sons émis sous la dent (design sonore) font en effet l'objet de nombreuses recherches innovantes.

Ainsi voit-on apparaître de nouveaux métiers de « créateur en imaginaire alimentaire », de nouvelles spécialités dans les écoles de design et des manifestations artistiques dans le secteur agroalimentaire. Ce mouvement, initié par des grands chefs de la restauration, tel l'Espagnol Ferran Adrià ou des pâtisseries comme Pierre Hermé, investit peu à peu les rayons des supermarchés, cherchant à séduire les consommateurs français dont un tiers déclare attendre « des aliments qui changent »<sup>(1)</sup>.

Cependant, l'aliment étant destiné à être ingéré, nous entretenons avec lui une relation particulière, régie par ce que les anthropologues nomment la « pensée magique » et qui consiste à croire que l'on devient ce que l'on mange. Par exemple, manger un animal vigoureux rendrait plus fort. Les publicitaires l'ont compris pour vanter les bienfaits de certains produits, à l'instar d'Activia de Danone (« Ce qui fait du bien à l'intérieur se voit à l'extérieur »).

Aussi, lorsqu'il est appliqué aux produits alimentaires, le design peut conférer à ceux-ci une dimension non comestible parce qu'il entrave alors leur appropriation par le mangeur. Une étude récente portant sur la perception d'un sablé « épinard-framboise », à rayures roses, vertes et jaunes et présenté sur un emballage cartonné en forme de cintre, a montré, en effet, que les consommateurs envisagent ce produit davantage comme une œuvre d'art ou un objet de décoration que comme une chose comestible. Elle indique que, lorsque le design visuel instaure une rupture avec les produits existants sur le marché, les consommateurs ont du mal à évaluer les conséquences de sa consommation.

Ces produits très innovants semblent, pour l'instant, ne séduire qu'une cible restreinte de consommateurs, plutôt jeunes, urbains, aisés et dont les motivations d'achat sont liées à des critères esthétiques. Ils restent encore consacrés à une consommation occasionnelle, plutôt festive (pour faire un cadeau original ou épater ses convives), et cantonnés aux rayons de circuits de distribution sélectifs tels que ceux de quelques fameuses enseignes parisiennes.

Céline GALLEN, Maître de conférences à l'EMN-IAE Institut d'économie et de management de l'Université de Nantes

### En complément...

- *Couleur et alimentation* (Lavoisier, Tec & Doc, 2008).
- (1) source : TNS Media Intelligence (enquête SIMM 2004)



Collection de 34 éclairs sucrés ou salés créés par la pâtisserie Fauchon pour son « week-end Éclair » organisé en septembre 2008.

### 1. LEXIQUE AMÉRICAIN DE L'ALIMENTATION

catégorie thématique	poids	vocabulaire spécifique (ici traduit en français)
composants et techniques de cuisson	45,9 %	griller, cuire, frire, bouillir, transformé, micro-ondes, barbecue, casserole, tarte, cake, chocolat, viande, épices, pomme, crème, glace, sauce, vapeur, légume, bœuf, steak, plat, riz, soupe, poisson, remuer, haricots, porc, salade, brocolis, ingrédients
rapidité, praticité	25,9 %	facile à préparer, à faire, à cuire; prendre, acheter, rapide, simple, fast-food, hamburgers, hot dogs, sandwichs, surgelé
équilibre, santé	19,3 %	équilibré, diététique, protéines, glucides, léger, sans graisses, sans cholestérol, sans calories, sans sucre, sain, varié
métissage culinaire	8,9 %	pâtes, lasagnes, pizza, spaghetti, indien, chinois, mexicain, français

### 2. LEXIQUE FRANÇAIS DE L'ALIMENTATION

catégorie thématique	poids	vocabulaire spécifique
une cuisine qui relie (aux autres, à la nature)	36,0 %	acheté frais; produit de la campagne, du jardin, du marché, du petit producteur; fermier, naturel, biologique, pas chimique
une cuisine enracinée: tradition, famille, goût	33,0 %	cuisine traditionnelle, française, familiale, maison, terroir, régional, Bretagne, Sud-Ouest, amis, recettes anciennes, goût; temps pour préparer, pour mijoter; bœuf bourguignon, blanquette, pot au feu
structure et composition du repas	19,5 %	entrée, plat, dessert, viande, poisson, salade, légume, tomate, riz, sauce, gratin, pâte, fromage
équilibre, santé	11,5 %	équilibré, varié, sain, méditerranéen, glucide, sucre, lipide, protéine, crudités, fruits, sans graisse

Les mots cités par les personnes interrogées (vocabulaire spécifique) ont été regroupés dans 4 catégories thématiques, autrement appelées « classes sémantiques ». Le poids d'une catégorie est la proportion des mots cités qui appartiennent à cette catégorie. Source : Mohamed Merdji et Gervaise Debucquet (2006). Enquête réalisée en 2002 auprès d'un échantillon représentatif de 2 000 personnes en France et aux États-Unis.

# Un bouclier pour la vie

En 1958, en pleine « course à l'espace », un physicien américain découvre tout un pan de la structure qui protège la surface de la Terre de particules mortelles et qui permet d'expliquer les aurores polaires.

★ par Benoit LANGLAIS, chargé de recherche CNRS au LPGN, Laboratoire de planétologie et géodynamique de Nantes (CNRS/Université de Nantes)

**P**remier février 1958. Les États-Unis lancent leur premier satellite, Explorer 1, à bord duquel une équipe de l'Université d'Iowa, dirigée par James A. Van Allen, a installé un détecteur de particules. Vers 2000 km d'altitude, le détecteur sature subitement.

Quelques semaines plus tard, les mesures transmises par Explorer 3 confirment la découverte : la Terre est entourée d'une région dense en particules électriquement chargées (protons et électrons), bientôt nommée « ceinture de Van Allen ».

## La magnétosphère révisée

Le champ magnétique terrestre trouve son origine au centre de la Terre. Le noyau métallique liquide est en effet le siège de mouvements turbulents qui, un peu à la manière d'une dynamo géante, induisent les courants électriques responsables du champ magnétique. Ce dernier est comparable à celui d'un barreau aimanté à peu près aligné sur l'axe de rotation.

Jusqu'en 1958, on pensait que le champ en question constituait une sorte de coquille imperméable aux particules chargées émises par le Soleil. La découverte de Van Allen modifie cette vision : la magnétosphère (voir le schéma et sa légende) ne dévie pas toutes les particules chargées qui se dirigent vers la Terre, elle en capture parfois, au moins temporairement. Les particules piégées vont et viennent durablement du voisinage d'un pôle terrestre à l'autre, en ondulant le long des lignes du champ magnétique, jusqu'à ce qu'elles interagissent avec les atomes de la haute atmosphère terrestre. Il arrive alors qu'elles provoquent des phénomènes lumineux : les aurores polaires.

L'existence d'une telle structure avait pourtant été pressentie dès les années 1900. Les physiciens norvégiens Kristian Birkeland et Fredrik Carl Størmer ont alors montré que le champ magnétique terrestre peut piéger des particules chargées, comme le fait le champ d'un barreau aimanté. Ce sont en partie ces travaux qui ont incité Van Allen à munir d'un compteur Geiger les satellites de la Nasa.

Au tournant des années 60, les modèles et les mesures sont améliorés. On découvre qu'il existe

non pas une mais deux ceintures. La première, dite interne, n'excède pas 10 000 km d'altitude. Elle est constituée de particules chargées qui proviennent de l'interaction entre des rayons cosmiques (des particules ultra énergétiques issues d'explosions d'étoiles) et les atomes de la haute atmosphère. La seconde, dite externe, est plus vaste et contient essentiellement des particules éjectées du Soleil.

La capacité de piégeage durable de la magnétosphère est vérifiée expérimentalement en 1958 et au début des années 60 : les Américains puis les Russes font exploser plusieurs bombes atomiques en haute altitude et parviennent à observer, pendant plusieurs années, les mouvements des électrons alors dispersés dans l'espace.

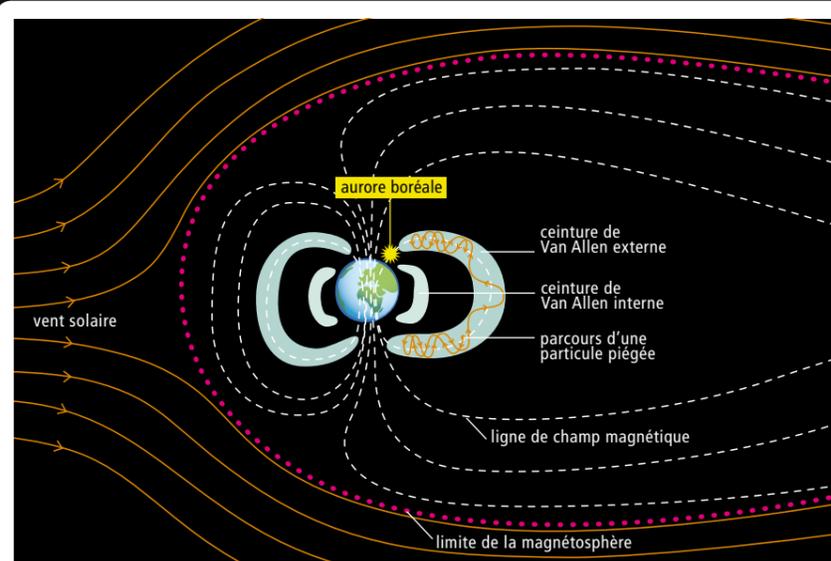
## Des ceintures de sécurité dangereuses

L'étude des ceintures de Van Allen a ainsi bénéficié de la conquête spatiale, de modèles

théoriques, d'intuitions... et de campagnes d'essais nucléaires. Elle a entraîné une meilleure connaissance de la structure et des variations de la magnétosphère; elle a également fait progresser la compréhension de la façon dont la vie a pu se développer à l'abri de forts rayonnements ionisants<sup>(1)</sup>.

Il reste néanmoins à connaître plus précisément les flux complexes de particules dont font l'objet ces ceintures, notamment afin de mieux estimer les dangers des rayonnements en leur sein. Il s'agit en effet de protéger plus efficacement les engins et les êtres vivants qui les traverseront lors des futures missions spatiales, surtout en période d'éruption solaire dont le flux important de particules « gonfle d'énergie » les ceintures. Tel est l'objectif d'une mission que la Nasa va lancer en 2011 dans le cadre de son programme « Living With A Star » (Vivre avec une étoile).

**En complément...**  
 • [www-istp.gsfc.nasa.gov/Education/FAnahuac.htm](http://www-istp.gsfc.nasa.gov/Education/FAnahuac.htm)  
 • (1) cf. *Têtes chercheuses* n°5



### Magnétosphère et ceintures de Van Allen (coupe)

Le flux de particules électriquement chargées (ici notées PEC) émises par le Soleil, nommé vent solaire, rend dissymétrique le champ magnétique terrestre. Le plus souvent, les PEC « ricochent » sur la magnétosphère, région où le champ terrestre a une influence dominante sur la dynamique des PEC, mais lors des éruptions solaires, le vent solaire s'intensifie et la magnétosphère se rétrécit; certaines PEC sont alors piégées dans la ceinture de Van Allen externe et y circulent jusqu'à interagir avec l'atmosphère. Ces éruptions augmentent soudainement la quantité d'électrons des atomes atmosphériques ainsi excités aux voisinages des cercles polaires, donnant lieu aux aurores australes (au sud) et boréales (au nord). Les PEC de la ceinture interne proviennent de l'interaction de rayons cosmiques avec l'atmosphère.

## JEUX

### ÉNIGME LOGIQUE



#### Max et les interrupteurs

Max se trouve au rez-de-chaussée d'une maison qui possède trois étages supérieurs. À chacun de ces étages, il y a une ampoule à incandescence qui est éteinte. Chaque ampoule est reliée à un interrupteur situé au rez-de-chaussée, à côté de la porte d'entrée, d'où il est impossible de voir si l'ampoule d'un étage quelconque est allumée ou non.

Comment Max peut-il savoir à quelles ampoules sont reliés respectivement les trois interrupteurs, en ne montant qu'une seule fois dans les étages et sans recourir à aucune aide ?



### NOMS CROISÉS

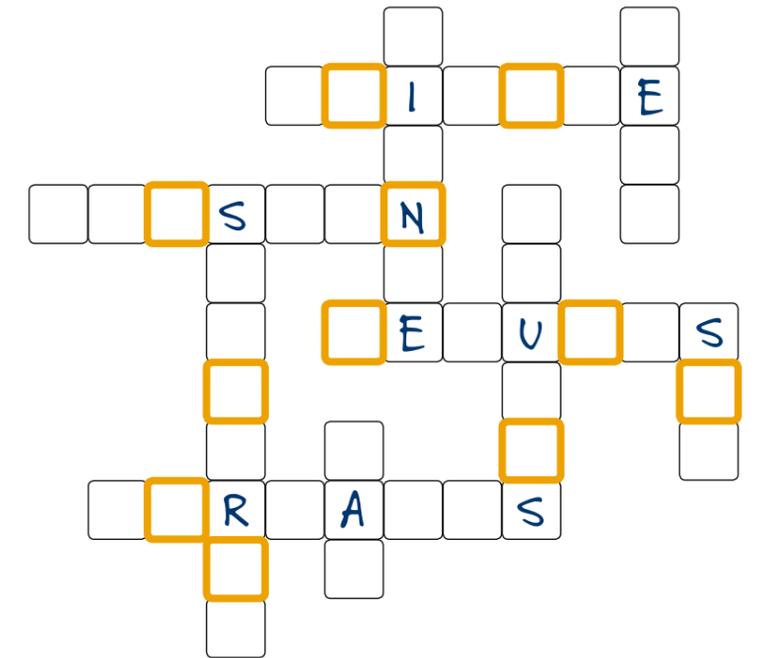


#### À boire et à manger

Trouvez les 10 noms communs qui sont associés aux indices suivants et dont vous pourrez placer les lettres dans les cases ci-contre.

1. Bleue, blanche, rouge...
2. Confiserie.
3. La vie n'en manque pas.
4. Parfois verts, parfois oubliés.
5. Souvent en épis avant d'être en flocons.
6. L'avez-vous essayé en meurette ?
7. La cornouille et la jambose en sont.
8. Contient de la caséine et du calcium.
9. On la garde parfois au château.
10. À noyer pour faire diversion.

Composez enfin un adjectif étroitement lié au dossier de ce numéro avec les 11 lettres situées dans les cases entourées d'orange.



### L'ŒIL GÉOMÈTRE (ET ZOOLOGIQUE)



#### L'ours et la photographie

Une photographe s'apprête à prendre, au zoom, un cliché d'un ours distant de 100 mètres. Avant que la chasseuse d'images ait appuyé sur le déclencheur, l'ours se met en mouvement et se déplace de 200 mètres exactement vers l'est tout au long de son parcours, puis il s'arrête. Pendant ce déplacement, la photographe n'a pas bougé et l'ours ne s'est ni rapproché ni éloigné d'elle. Quelle est la couleur du pelage de l'ours ?



# EXPOSITIONS



## 1 000 milliards de transistors

À l'occasion des 60 ans de l'invention du transistor et des 50 ans du circuit imprimé, le Conservatoire national des arts et métiers (Cnam) a fait de 2008 l'année de l'électronique.

Depuis ces découvertes, la technologie ne cesse d'évoluer et nous sommes ainsi entrés dans l'ère de la micro-électronique, d'Internet et du numérique. Que ce soit dans nos déplacements, nos communications, nos loisirs, notre travail... l'électronique est omniprésente.

Cette exposition vous propose de retracer cette formidable épopée et d'envisager ensemble le monde de demain à travers quatre histoires : « L'électronique au quotidien » ; « Une longue marche du transistor à la ère numérique » ; « L'actualité électronique, et dans 20 ans ? et au-delà ? » ; « Ce que la recherche prépare... »

**jusqu'au 4 janvier, au Musée des sciences/CCSTI, place de Hercé à LAVAL.**

Renseignements : 02 43 49 47 81, [www.ccsti-laval.org/expo3/index.php](http://www.ccsti-laval.org/expo3/index.php)

## L'ère des nanos

Depuis quelques années, l'exploration de la matière à l'échelle des molécules conduit à des évolutions scientifiques et technologiques majeures dans la connaissance et dans l'exploitation des propriétés des matériaux ou du vivant.

Cette exposition, réalisée par Terre des sciences (CCSTI d'Angers) en collaboration avec l'IMN (CNRS/Université de Nantes) et l'Inra Nantes-Angers, offre un aperçu des avancées des nanosciences et des nanotechnologies et fait état des questionnements majeurs dont ces dernières font l'objet.

**du 2 au 27 février, au Musée de la communication, château de Pignerolle, à SAINT-BARTHÉLÉMY D'ANJOU (49).**

Entrée libre. Renseignements : 02 41 93 38 38, [www.musee-communication.com](http://www.musee-communication.com)

## La vigne en Anjou-Saumur Biodiversité, paysages et terroirs

Une série d'illustrations sur la biodiversité et les paysages viticoles en Anjou, réalisée avec le Musée de la vigne et du vin et les vigneron de Saumur.

**du 12 janvier au 6 mars, à la Maison de la technopole, 8, rue Le Nôtre à ANGERS.**

Entrée libre, de 9 heures à 17 heures. Renseignements : 02 41 72 14 21, [www.terre-des-sciences.org](http://www.terre-des-sciences.org)

## Petite vitesse deviendra grande

Cette exposition retrace les différentes étapes historiques, techniques et sociales liées aux innovations ferroviaires, et tout particulièrement en matière de progrès de la vitesse. Elle rassemble de nombreuses pièces issues des collections du Musée des arts et métiers (à Paris) qui, ainsi réunies dans le cadre de cette exposition itinérante, en font un événement de portée nationale.

Conçue par la Direction nationale de la culture scientifique et technique du Conservatoire national des arts et métiers et par le centre régional du Cnam Champagne-Ardenne, cette exposition fait partie d'une opération culturelle majeure mise en place par le Cnam de Vendée et la Ville de La Roche-sur-Yon à l'occasion de l'arrivée du TGV.

**du 30 janvier au 14 mars, au Musée municipal d'art, rue Jean-Jaurès à LA ROCHE-SUR-YON.**

Du mardi au samedi, de 13 à 18 heures. Renseignements : 02 51 47 48 35.

## L'aventure industrielle en Loire-Inférieure (1830-1930)

En s'appropriant la révolution industrielle et en innovant, la Loire-Inférieure (aujourd'hui Loire-Atlantique) a créé et modernisé de nombreux secteurs : la conservation alimentaire et ses nombreux débouchés, la métallurgie, l'agriculture, la construction navale, la chimie, etc.

Cette exposition, présentée par les Archives départementales, a pour objectif de montrer l'évolution du développement industriel de cette région et les conséquences de la modernisation sur les paysages, les infrastructures de commerce, les structures et les méthodes de travail...

**jusqu'au 3 avril, aux Archives départementales (Conseil général de Loire-Atlantique), 6, rue de Bouillé à NANTES.**

Entrée libre. Renseignements : 02 51 72 98 97, <http://culture.cg44.fr/Archives>

## Les plantes naissent en Pays de la Loire

À la fois art et science, la création de nouvelles variétés est un atout du végétal ligérien depuis deux siècles. L'innovation variétale est devenue plus récemment un axe stratégique de la recherche régionale au sein du pôle de compétitivité Végépolys.

Cette exposition apporte un regard historique sur la création variétale et permet d'appréhender l'évolution des connaissances scientifiques ainsi que les conditions techniques et économiques de l'innovation.

Une exposition réalisée par Terre des sciences en partenariat avec la Région et des entreprises des Pays de la Loire.

**du 12 décembre au 19 janvier aux Archives départementales d'ANGERS, du 26 janvier au 27 février à l'Espace régional du MANS et, au printemps, à la Chambre d'agriculture régionale d'ANGERS.**

Renseignements : 02 41 72 14 21, [www.terre-des-sciences.org](http://www.terre-des-sciences.org)

## À table! L'alimentation en questions

L'Homme améliore en permanence son alimentation par la sélection des plantes et des animaux ou par l'innovation agronomique et industrielle. Les consommateurs ne cessent pourtant de s'interroger sur les aliments :

« D'où vient ce que je mange ? Est-ce que je mange bien ? Qu'est-ce que manger veut dire ? »

Construite autour d'une cuisine expérimentale, d'un laboratoire d'analyse sensorielle, d'un « self-info repas », d'une chaîne de production et d'un marché, cette exposition interactive offre à chacun des clés pour mieux appréhender notre alimentation.

**du 24 janvier au 3 mai, au Musée des sciences/CCSTI, place de Hercé à LAVAL.**

Renseignements : 02 43 49 47 81, [www.ccsti-laval.org/expo3/index.php](http://www.ccsti-laval.org/expo3/index.php)

## Libellules, entre ciel et eau

La vie des libellules se déroule à l'interface du ciel et de l'eau. Les œufs pondus par l'adulte donnent naissance à de redoutables larves aquatiques qui se métamorphosent après quelques années en délicates et éphémères libellules... de redoutables prédatrices elles aussi !

C'est un voyage surprenant à travers le cycle de vie des libellules que nous propose cette exposition créée par le Muséum de Nantes. Collections, maquettes, photographies et films permettent d'approcher l'intimité de ces insectes et de découvrir les singularités des libellules et autres demoiselles.

L'exposition est complétée par les photographies du naturaliste Christian Kérihuel qui étudie depuis 20 ans les libellules dans la Sarthe.

**du 4 février au 26 juillet, au Musée Vert, 204, avenue Jean-Jaurès, LE MANS.**

Renseignements : 02 43 47 39 94, [musee.vert@ville-lemans.fr](http://musee.vert@ville-lemans.fr)

## CONFÉRENCES & DÉBATS

### CAFÉ-SCIENCES D'ANGERS

- **L'exploration de Mars et de Titan par les sondes spatiales**, le 14 janvier
- **L'homme transparent** (imagerie médicale), le 4 février
- **La robotique : de la science-fiction à la réalité**, le 18 mars

Entrée libre. Renseignements : 02 41 72 14 21, [www.terre-des-sciences.org](http://www.terre-des-sciences.org)

### TERRE DES SCIENCES / INHP-ANGERS

- **Végétal et médiation culturelle**, les 9 et 10 février
- 3<sup>e</sup> colloque national (pour étudiants et professionnels). INHP, Agrocampus Ouest, 2, rue Le Nôtre, à Angers. Renseignements : 02 41 72 14 21, [www.terre-des-sciences.org](http://www.terre-des-sciences.org)

### MUSÉUM DE NANTES / CNAM

- **Changements climatiques et crise de la biodiversité : comprendre les enjeux**, le 6 janvier

- **Conséquences du réchauffement climatique pour l'agriculture et l'alimentation**, le 3 février
- **L'impact prévisible du réchauffement climatique sur les populations et la santé publique**, le 3 mars

Muséum, 12, rue Voltaire à Nantes, à 20 h 30. Entrée libre. Renseignements : 02 40 99 26 20, [www.museum.nantes.fr](http://www.museum.nantes.fr)

### CHU DE NANTES

- **Contraintes économiques et santé : enjeux éthiques**, le 10 janvier

Conférence et table ronde autour du système de santé en France. Amphithéâtre 8 de la faculté de médecine, 1, rue Gaston-Veil à Nantes, de 9 h à 17 h. Inscriptions et renseignements : 02 40 08 72 00.

### CAFÉ DES SCIENCES DE NANTES

- **Une nouvelle vision du vivant**, le 10 février
- **Quand le cerveau devient accro**, le 10 mars

Café Le Flesselles, 3, allée Flesselles à Nantes, à 20 h 30. Renseignements : 02 51 85 84 45, [www.univ-nantes.fr/cafe-des-sciences](http://www.univ-nantes.fr/cafe-des-sciences)

### CAFÉ DES TECHNIQUES (CNAM-NANTES)

- **Matériaux : plus légers, plus résistants... L'essor des composites**, le 22 janvier
- **Science : à quand l'égalité hommes-femmes ?**, le 26 février
- **Arronax : le nucléaire contre le cancer**, le 19 mars

Fnac, place du Commerce à Nantes, à 18 h. Entrée libre. Renseignements : 02 40 16 46 19, [c.davier@cnam-paysdelaloire.fr](mailto:c.davier@cnam-paysdelaloire.fr)

### SOCIÉTÉ D'ASTRONOMIE DE NANTES

- **L'origine de la vie : universelle ou singularité terrestre ?**, le 27 février

- **Exoplanètes détectées par Corot : premier bilan**, le 20 mars

Salle Le Bretagne, 23, rue Villebois-Mareuil, à Nantes, à 21 h.

- **Modèle standard de la cosmologie et rayonnement fossile**, le 19 janvier
- **Exploration du Système solaire : méthodes et perspectives**, le 20 janvier
- **La tectonique des plaques, une originalité de la Terre ?**, le 21 janvier
- **La pâle lueur de la matière noire**, le 22 janvier

- **Sous le ciel de l'Égypte ancienne**, le 23 janvier

Muséum, 12, rue Voltaire à Nantes, à 20 h 30. [www.san-fr.com](http://www.san-fr.com)

### SOCIÉTÉ DES NEUROSCIENCES / IFR26 (NANTES)

- **Semaine du cerveau**, le 17 mars
- Neuf conférences sur le cerveau et sur la recherche en neurologie : les réseaux de neurones, la sclérose en plaques, la maladie de Parkinson, les modèles animaux, les cellules souches... Amphithéâtre 9 des facultés de médecine et de pharmacie, 1, rue Gaston-Veil à Nantes, de 14 h à 17 h. Entrée libre. Renseignements : 02 40 08 46 56, [www.univ-nantes.fr](http://www.univ-nantes.fr)

DANS LE PROCHAIN NUMÉRO DE TÊTES CHERCHEUSES : **L'ÉCONOMIE, MÉTHODES À L'APPUI**