



## La nutriginomique: science ou fiction?

G. VERGÈRES, Station de recherche Agroscope Liebefeld-Posieux (ALP), Tioleyre 4, 1725 Posieux

@ E-mail: [guy.vergeres@alp.admin.ch](mailto:guy.vergeres@alp.admin.ch)  
Tél. (+41) 26 40 77 111.

### Résumé

La recherche dans le domaine de la nutrition humaine est marquée par l'émergence de la nutriginomique, une science qui se base sur trois décennies de développements dans les sciences de la vie (médecine, biochimie, biologie moléculaire), la microtechnique et l'informatique. Le projet de séquençage du génome humain a ouvert les portes à une approche holistique dans laquelle le matériel génétique, les protéines et les métabolites sont caractérisés d'une manière globale. Cette approche a été développée pour la pharmacologie et trouve maintenant une nouvelle application dans le domaine de la nutrition humaine en permettant une analyse compréhensive des effets de l'alimentation sur le métabolisme et sur la prévention des maladies chroniques. Dans ce contexte, ALP a commencé un projet de nutriginomique en collaboration avec l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich (ETHZ) afin de sélectionner des bactéries utilisées dans la fabrication des produits laitiers fermentés qui soient bénéfiques à la santé. La nutriginétique, un sous-domaine de la nutriginomique, va encore plus loin dans l'analyse des effets de l'alimentation en déterminant comment le génotype spécifique de chaque individu influence sa réponse physiologique aux aliments. Cette approche pourrait mener à une alimentation personnalisée dont les conséquences commerciales, sociales et éthiques restent à évaluer et à réguler. La nutriginomique va profondément transformer l'image de la nutrition et des sciences nutritionnelles et demande donc un effort de formation et d'information vis-à-vis du public et des professionnels de la santé et de la nutrition.

### La famille Martin au restaurant

La scène représentée dans la figure 1 se déroule dans un restaurant branché de la ville. Au centre, la famille Martin vient de terminer un dîner de qualité. Le moment est à la commande des boissons qui devraient terminer le repas. Sur la gauche, au fond, on reconnaît la cuisine. Sur la droite, la présence d'un laboratoire surprend, bien que celui-ci semble bien intégré au restaurant. Le garçon de café se tient à la table de la famille Martin, prêt à prendre la commande. Un personnage inattendu attire l'attention aux côtés du garçon de café: on devine qu'il s'agit d'un scientifique, un médecin peut-être? Se basant sur les profils génétiques de ses clients, qui viennent d'être déterminés au laboratoire du restaurant, le scientifique suggère pour chacun des membres de la famille Martin, une boisson spécifique: thé vert pour Madame, café à volonté pour Monsieur et sa fille. Le ton feutré de la scène suggère, que cette situation est acceptée,



Fig. 1. La nutriginomique: science ou fiction?

voire même souhaitée, par chacun des protagonistes.

Cette description semble extraite d'un roman de science-fiction. Il suffit néanmoins de déplacer le laboratoire et son personnel hors du restaurant pour rejoindre la réalité. En effet, plusieurs entreprises, la plupart américaines, proposent un conseil nutritionnel individualisé en se basant sur le profil génétique de leurs clients, déterminé à partir d'un extrait de salive reçu par la poste; l'échantillon de salive aura été préalablement prélevé sur un coton-tige par simple frottement contre la muqueuse de la joue. En d'autres termes, en échange d'un peu d'acide désoxyribonucléique (ADN) et de plusieurs centaines de francs, ces entreprises se chargent de proposer à leurs clients une alimentation personnalisée qui leur permettra de vivre une vie plus saine, durant laquelle leurs probabilités de développer des maladies chroniques seront diminuées.

A la lecture de ces propos, on serait tenté de crier au charlatanisme. Considérons cependant que la mise sur le marché de tels services se base sur une nouvelle science, la nutriginomique, qui s'appuie sur trois décennies de développements constants dans les domaines de la biologie moléculaire, des micro- et nanotechnologie, de l'informatique, de la génétique, de la médecine et de la nutrition humaine.

## De la biologie classique aux sciences «omiques»

Dans une première phase de ces développements, les scientifiques ont appris à identifier, à quantifier et à comprendre les mécanismes d'action des différents types de molécules qui règlent tout processus biologique: ADN, acide ribonucléique (ARN), protéines, métabolites. Il n'y a pas si longtemps, un doctorant en biologie commençait sa thèse sur l'analyse d'un gène ou d'une protéine et pouvait s'imaginer poursuivre et terminer sa carrière professionnelle sur la même molécule. Cependant, un organisme humain fonctionnel est composé d'environ 25 000 gènes, 100 000 molécules d'ARN, un million de protéines et plusieurs milliers de métabolites qui interagissent dans le cadre d'un réseau complexe et dynamique; il paraît donc illusoire de vouloir comprendre un tel organisme en se concentrant sur un nombre restreint de molécules.

Durant les années quatre-vingt, l'association des sciences de la vie et des technologies issues de la microtech-

nique (miniaturisation, automation, haut débit, informatisation) a conduit les chercheurs aux sciences «omiques», sciences qui ouvrent la porte à une analyse globale des molécules du vivant: le projet du consortium international HUGO (*Human Genome Organisation*), qui avait pour but de séquencer l'ADN du génome humain composé de trois milliards d'éléments, est maintenant presque terminé (technologie de la génomique); des puces de quelques centimètres permettent de comprendre comment un stimulus active le génome d'un individu en quantifiant simultanément plus de 40 000 molécules d'ARN messager, les molécules responsables de l'activation de l'information contenue dans les gènes (transcriptomique); plus récemment encore, de nouvelles technologies issues de la chimie physique (chromatographie liquide à haute performance, spectroscopie de masse, résonance magnétique nucléaire) et de la biochimie (électrophorèse bidimensionnelle) ont été appliquées à la biologie pour permettre l'identification et la quantification de la totalité des protéines (protéomique) et des métabolites (métabolomique) présents dans les échantillons biologiques.

Dans une troisième phase encore plus récente, les sciences «omiques» n'ont pas échappé aux tendances modernes de globalisation et de fusion et se sont donc associées en ajoutant l'informatique et les mathématiques à leur armada de technologies. La science qui émerge de ces récents développements, la biologie systémique, prend une approche holistique (du grec *holè* qui signifie totalité) de la biologie et de la physiologie, en analysant l'ensemble des composants des systèmes biologiques à étudier. Le pari de la biologie systémique a récemment été pris conjointement par l'École polytechnique fédérale de Zurich (EPFZ) et par les Universités de Bâle et de Zurich, avec la création d'un Institut de biologie systémique à Bâle. Le choix du site de Bâle indique que les applications des sciences «omiques» se situent d'abord dans le domaine de la médecine humaine, notamment en pharmacologie.

## Emergence de la nutriginomique

Quelle est la place de la nutrition dans ces développements? D'un point de vue scientifique, les processus déterminant l'administration, la distribution, le métabolisme et l'excrétion d'un médicament pris oralement ne sont pas con-

ceptuellement différents de ceux qui déterminent l'interaction de la nourriture avec l'être humain. Les processus liés à la nutrition sont toutefois beaucoup plus complexes: la composition chimique d'un aliment est en effet nettement plus diversifiée que celle d'un médicament. Cette nature complexe des questions liées à la nutrition fait de celle-ci une candidate évidente à l'utilisation d'une approche «omique», par nature globale et libre d'hypothèses basées sur des connaissances préexistantes. Avec une décennie de retard, mais en profitant de l'expérience acquise dans le secteur de la pharmacologie, la recherche dans les secteurs de la nutrition et des sciences alimentaires s'ouvre donc également aux sciences «omiques» et des premiers articles sur la science de la «nutriginomique» sont publiés depuis quelques années dans des journaux scientifiques de qualité.

L'Europe a une politique active de développement de la nutriginomique puisque le consortium international NUGO (*European Nutrigenomics Organisation*), composé de plus de vingt laboratoires de recherche de pointe, a été créé voilà quelques années. En Suisse, mis à part le centre de recherche de Nestlé qui a acquis des compétences significatives depuis quelques années, la science de la nutriginomique en est à ses balbutiements. En collaboration avec l'EPFZ, la Station de recherche Agroscope Liebefeld-Posieux (ALP) vient de commencer un programme de recherche utilisant les technologies «omiques». En particulier, une étude de nutrition humaine va être conduite afin de comprendre comment la fermentation du lait par les bactéries lactiques, par exemple lors de la fabrication du yogourt, modifie la réponse physiologique de l'être humain aux produits laitiers, notamment en renforçant les défenses immunitaires (fig. 2). Le but à moyen terme d'une telle approche est de développer des méthodes efficaces et ciblées de sélection pour les bactéries intervenant dans la fermentation de produits laitiers possédant des propriétés bénéfiques à la santé, et finalement d'augmenter ainsi la valeur ajoutée du lait produit en Suisse.

## Nutriginomique et nutriginétique

La nutriginomique couvre un large domaine scientifique (plus de 300 000 entrées sur Google en 2006 pour le terme «nutrigenomics»). La majorité de ces sites parlent en fait de nutriginétique, un sous-domaine de la nutriginomique.

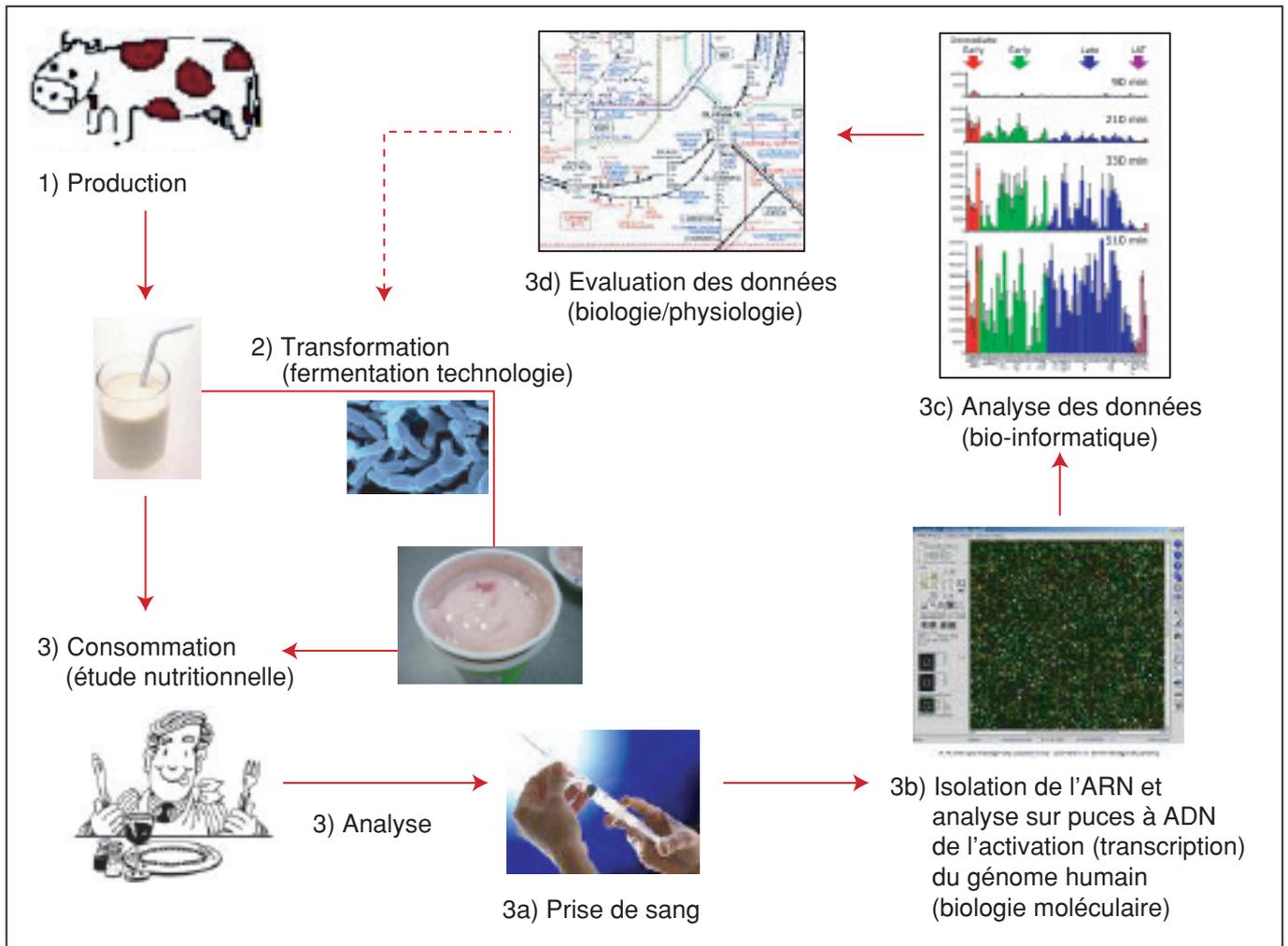


Fig. 2. Schéma du projet de nutriginomique conduit par ALP et l'EPFZ.

Qu'est-ce que la nutriginétique? Le projet HUGO de séquençage du génome humain a permis, au niveau moléculaire, de différencier complètement l'homme et les autres espèces vivantes. Un simple regard dans la rue suffit à nous rendre compte que nous, et même les vrais jumeaux, sommes tous différents. Les fondements moléculaires à l'origine de ces différences interpellent évidemment la curiosité des scientifiques. En fait, environ 0,1% du génome humain, soit trois millions de bases, est sujet à des mutations, en particulier lors de la reproduction (les mécanismes de copie de nos gènes durant la reproduction ne sont pas parfaits!). Ces mutations, les polymorphismes de nucléotide simple (SNP), sont distribuées d'une manière discrète le long du génome humain et sont l'une des clefs de nos différences. De plus, notre environnement, non seulement les polluants auxquels nous sommes exposés mais également notre nourriture (nous sommes ce que nous mangeons!), modifie nos gènes de manière significative. Ces mécanismes

sont en fait à la base de l'évolution de l'espèce humaine, puisqu'un système biologique sans erreur lors de la reproduction et imperméable à l'environnement ne pourrait tout simplement pas évoluer.

Le projet international HapMap de cartographie («Haplotype Map»), dont le but est d'identifier la totalité des SNP présents dans le génome humain, s'est donc attaqué à la question de la différenciation génétique au niveau des populations et des individus: si on réalise que chacun des trois millions de SNP peut se combiner avec d'autres, on voit que le nombre de possibilités de combinaisons est infini. En d'autres termes, chaque individu est unique d'un point de vue génétique. Sur le plan technologique, des puces en développement permettent déjà d'identifier jusqu'à 100 000 SNP. La réalisation d'une puce à ADN qui permettra d'identifier la somme des SNP d'un individu n'est donc plus une question technique mais plutôt de marketing (demande, coûts).

## Exemples classiques de nutriginétique

La nutrition individualisée se basant sur des observations génétiques ou moléculaires n'est pas nouvelle et s'applique dans deux cas bien connus depuis des décennies. La capacité à digérer le lactose du lait n'est pas l'apanage de toute l'espèce humaine, mais plutôt celui de certaines populations, en particulier caucasiennes, pour lesquelles la présence élevée de la lactase, l'enzyme responsable de la digestion du lactose, s'est révélée être un atout sélectif pour leur évolution dans le cadre d'une économie pastorale. De nos jours, de plus en plus de produits pauvres en lactose sont mis sur le marché. Ils offrent l'accès aux produits laitiers aux populations et individus qui ne peuvent digérer le lactose.

Sur le plan médical, la phénylcétonurie est un autre exemple classique d'application de la nutriginétique. Cette maladie, qui se manifeste par des troubles

neurologiques graves si elle n'est pas traitée, se déclare chez les nouveau-nés et les enfants ayant des mutations spécifiques des protéines responsables de la transformation de l'acide aminé phénylalanine en tyrosine, un autre acide aminé (un enfant sur 18 000 en Suisse). Depuis plus de vingt ans, les nouveau-nés sont testés pour la présence de ces mutations et, pour certaines formes génétiques, une diète pauvre en phénylalanine se révèle très efficace pour prévenir le développement de la maladie.

## Exemples récents de recherche en nutriginétique

De nombreux articles vantent les bénéfices du thé vert pour diminuer les risques de cancer et d'hypertension. Des études scientifiques ont même mis en évidence des molécules du thé, les catéchines, qui seraient responsables de ces propriétés bénéfiques. Une revue des études cliniques conduites à ce sujet suggère, mais ne démontre pas d'une manière statistiquement significative, que le thé vert diminue l'incidence de telles maladies. La question du potentiel préventif du thé vert reste donc ouverte. Une récente étude clinique a pris une approche de nutriginétique en faisant l'hypothèse qu'un profil génétique particulier définit l'aptitude de chaque individu à réagir aux effets bénéfiques du thé vert. En particulier, une des nombreuses protéines jouant un rôle important dans la régulation des phénomènes menant au cancer, l'*angiotensine converting enzyme* (ACE), se trouve sous plusieurs formes génétiques dans la population (polymorphismes), certaines formes étant plus efficacement inhibées par les catéchines du thé vert. A cet égard, une analyse génétique a récemment montré que, par rapport au groupe possédant des polymorphismes moins actifs de l'ACE, la consommation régulière de thé vert est corrélée à un risque trois fois moindre de développement du cancer du sein pour le groupe possédant des polymorphismes plus actifs de l'ACE.

Les risques potentiels associés à l'effet du café sur le système cardiovasculaire sont depuis longtemps un sujet de débat et de nombreuses investigations ont été conduites à ce sujet. Une étude récente montre que la consommation élevée de café se corrèle avec un risque d'infarctus du myocarde plus élevé chez les personnes possédant un profil spéci-

fique de SNP du gène codant pour le cytochrome P450, une protéine importante pour la détoxification de la caféine, et induisant une forme moins active de cette protéine.

Le dernier exemple concerne l'effet sur la santé de la consommation de la graisse présente dans les aliments. Une récente publication scientifique a été largement commentée dans les médias: après avoir suivi pendant des années plus de 48 000 femmes ayant des habitudes alimentaires différentes (graisse, fruits, légumes, etc.), les auteurs de cette publication ont conclu qu'une consommation réduite de graisse ne diminue pas de manière significative le développement des maladies cardiovasculaires et de certains cancers. Néanmoins, une étude de nutriginétique publiée auparavant suggère que des effets sur la santé peuvent être observés si l'on s'intéresse de plus près à la composition moléculaire des graisses ainsi qu'aux profils génétiques des consommateurs. Les personnes possédant un profil spécifique de polymorphisme de l'arachidonate 5-lipoxygénase, un gène codant pour une protéine centrale du métabolisme des lipides, favorisant l'activité de cette enzyme, risquent davantage de développer des maladies cardiovasculaires si leur consommation en acides gras polyinsaturés oméga-6 est trop élevée. Ces mêmes personnes verront diminuer leur risque de développer des maladies cardiovasculaires, si leur consommation en acide gras polyinsaturés oméga-3 est suffisante. Ces observations suggèrent que les oméga-3 et oméga-6 développent leurs effets bénéfiques ou négatifs d'une manière spécifique et uniquement dans certaines populations génétiques.

## Une approche critique de la nutriginétique

Ces exemples amènent un nouvel éclairage sur la pertinence de l'exemple présenté au début de cet article. Peut-être Madame Martin a-t-elle un parent proche qui a développé un cancer du sein? Peut-être que Madame Martin vient de tester son gène de l'ACE et que ce gène est celui qui corrèle avec un risque réduit pour les personnes consommant régulièrement du thé vert! Alors, pourquoi ne pas faire l'effort de consommer une tasse de thé vert tous les jours, même si Madame Martin envie le café de Monsieur? D'un autre côté, serait-il responsable de la part de Monsieur

Martin et de sa fille, même s'ils sont rassurés par leurs profils génétiques du cytochrome P450, l'enzyme responsable du métabolisme de la caféine, de consommer du café d'une manière immodérée?

Une étude de marché indique que près d'un consommateur américain sur deux serait prêt à utiliser des services de nutriginétique. Ce consommateur paierait également jusqu'à 400 dollars pour de tels services. D'un autre côté, une société de protection de consommateurs anglaise a récemment empêché l'implantation d'une entreprise de nutriginétique en Angleterre. Ces arguments montrent bien que les points de vue sur les services de nutriginétique sont polarisés et qu'une clarification de la situation s'impose.

Bien que les bases scientifiques justifiant le développement de la nutriginétique soient solides, une analyse critique montre qu'une série de points importants restent à éclaircir avant que celle-ci ne sorte du domaine de la recherche pour entrer dans celui du public.

Le potentiel de la nutriginétique, de la nutriginétique en particulier en tant que science appliquée, doit tout d'abord être confirmé et validé. La validité analytique des tests génétiques doit tout d'abord être établie afin d'éviter les conséquences désastreuses de résultats faussement négatifs ou positifs. La validité clinique de la nutriginétique devra également être démontrée. En particulier, les études cliniques ayant démontré un effet sélectif de certains types d'aliment sur des sujets humains possédant des polymorphismes spécifiques *doivent être confirmées par des études de plus grande envergure*. L'utilité clinique des stratégies de nutriginétique devra également être démontrée: à quoi bon tester génétiquement des personnes avec un polymorphisme «défavorable» si des diètes effectives ne sont pas disponibles; de même, il ne serait pas défendable de tester génétiquement des personnes si un polymorphisme «favorable» devait induire un comportement nutritionnel irresponsable de leur part. La critique la plus évidente adressée à l'égard de la nutriginétique en tant que science pouvant améliorer le bien-être du consommateur est que la nutrition et les maladies chroniques sont des phénomènes complexes incluant d'innombrables molécules et dans lesquels des redondances jouent un rôle stabilisateur et donc difficile à influencer d'une manière ponctuelle. L'exemple des cancers illustre bien cette situation, puisque de nombreux SNP contribuent souvent à la prédisposition

et au développement de ces maladies. Finalement, il importe de résoudre les questions d'éthique soulevées par la nutriginétique, puisque, au même titre que la génétique biomédicale, il faut évaluer d'une manière critique comment l'information générée par la nutriginétique doit être gérée pour protéger l'intégrité des individus ou des groupes sociaux et ethniques vis-à-vis des tiers (employeurs, assurances).

Les questions mentionnées ci-dessus doivent être régulées par les autorités compétentes afin d'assurer une application ciblée, responsable et efficace de la nutriginétique. Le débat concernant la nomination des institutions responsables de cette régulation est ouvert dans certains pays comme le Royaume-Uni et les USA et il paraît évident que le statut nouveau et interdisciplinaire de la nutriginétique, à l'interface de plusieurs sciences, dont la nutrition et la médecine, ne facilite pas les progrès dans ce domaine spécifique.

## Nutriginétique et disparités sociales

De prime abord, la nutriginétique paraît être une science au service des individus, des couches sociales et des pays économiquement favorisés. Ce jugement doit néanmoins être révisé pour plusieurs raisons. L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) estime le nombre de personnes sous-alimentées dans le monde à près d'un milliard. Les déficits en calories et en micro-nutriments, telles les vitamines, qui interviennent tôt dans la vie d'un individu, en particulier durant – voire même avant – sa conception, induisent des modifications au niveau moléculaire qui se transmettent de génération en génération. Ce phénomène contribue non seulement à la morbidité résultant de la malnutrition, mais également au maintien de cette situation. En s'attaquant à la compréhension de ces mécanismes, la nutriginétique pourrait donc apporter une contribution majeure à la lutte contre les effets de la malnutrition. De plus, la nutriginétique pourrait délivrer une meilleure compréhension des besoins nutritionnels spécifiques des différentes populations souffrant de malnutrition et ainsi guider les actions politiques à prendre à cet égard.

Dans les pays en voie de développement qui ont un taux de croissance fort, comme la Chine, l'amélioration de l'accès aux calories nutritionnelles

s'accompagne d'une augmentation de l'incidence de maladies chroniques telles que l'obésité et le diabète. Les efforts de recherche fournis dans le domaine de la nutriginétique afin de freiner la progression de ces maladies dans les pays industrialisés devraient être utilisés afin d'éviter que les pays en voie de développement ne subissent les mêmes épidémies.

Les SNP ne sont pas distribués d'une manière homogène dans la population. Leur répartition est en partie déterminée par les flux migratoires associés à l'évolution humaine et qui ont conduit au développement de populations possédant des cultures différentes. De fait, la répartition de la majorité des polymorphismes associés au développement de maladies chroniques diffère d'une population à l'autre. Dans une société où les différences socio-économiques entre individus sont souvent déterminées par l'appartenance à une population humaine (ethnie), la nutriginétique a donc le potentiel de diminuer les disparités sociales en apportant des solutions nutritionnelles pour combattre les maladies chroniques spécifiques à chaque population.

La nutriginétique, comme la pharmacogénomique, reste néanmoins une science de pointe, donc coûteuse, et il est probable que les bénéfices de la nutriginétique iront tout d'abord aux sociétés économiquement favorisées. Dans ce contexte, des experts du monde scientifique, social, économique et éthique se sont réunis en 2006 pour adresser l'apport de la génétique et de la génomique à l'évaluation spécifique des besoins en soins et traitements médicaux entre les diverses populations sociales et ethniques.

## Formation et information sur la nutriginétique

La nutriginétique est donc une science interdisciplinaire. Actuellement, les entreprises qui mettent sur le marché des services de nutriginétique pour le consommateur le font souvent sans passer par un professionnel de la santé. Le consommateur qui veut utiliser de tels services va donc tout naturellement se tourner pour un support vers son médecin de famille. Celui-ci sera doublement démuné: d'abord parce qu'un médecin généraliste n'est évidemment pas un spécialiste de la nutrition et de la génétique; ensuite parce que ce médecin est généralement habitué à diagnostiquer et à traiter des maladies chez un

patient et non pas à prévenir l'apparition de maladies chroniques chez un consommateur en bonne santé.

Au cas où le potentiel préventif de la nutriginétique se concrétiserait, la question se pose de la nature des structures qui devraient être mises en place pour distribuer ces services, ainsi que du rôle des spécialistes de la santé (médecin généraliste, généticien, nutritionniste) et des institutions.

## Conclusions

- Au vu des questions soulevées par l'émergence de cette nouvelle science, les institutions gouvernementales ont un rôle d'information et d'éducation. Dans cette optique, l'Institut de sciences alimentaires et de nutrition humaine de l'EPFZ va, dès le printemps 2007, mettre sur pied un cours de nutriginétique (Masters et études post-grades). Le but de ce cours est avant tout de sensibiliser les futurs professionnels de la santé et de la nutrition humaine au fait que la nutrition est entrée dans une ère nouvelle et que les nouvelles technologies «omiques» brisent la frontière entre des sciences originellement confinées à leurs spécificités.
- Le potentiel scientifique de la nutriginétique et les questions éthiques, sociales et commerciales liées à ce potentiel en font une science moderne et exposée au public qui va certainement interpeller la société dans les prochaines années.

## Références bibliographiques

- Pour plus d'informations sur la nutriginétique, voir:
- Corthésy-Theulaz I., den Dunnen J. T., Ferré P., Geurts J. M. W., Müller M., van Belzen N. & van Ommen B., 2005. Nutrigenomics: The impact of biomics technology on nutrition research. *Ann. Nutr. Metab.* **49**, 355-365.
- Afman L. & Müller M., 2006. Nutrigenomics: from molecular nutrition to prevention of disease. *J. Am. Diet. Assoc.* **106**, 569-576.
- [http://www.db-alp.admin.ch/de/publikationen/docs/vortrag\\_2006\\_03\\_24\\_78.pdf](http://www.db-alp.admin.ch/de/publikationen/docs/vortrag_2006_03_24_78.pdf)

## Zusammenfassung

### Nutrigenomik: Science oder Fiction?

Die Forschung im Bereich der Humanernährung ist vom Auftreten der Nutrigenomik geprägt, einer Wissenschaft, die auf einer dreissigjährigen Entwicklung in den Biowissenschaften (Medizin, Biochemie, Molekularbiologie), der Mikrotechnik und Informatik basiert. Das Projekt der Sequenzierung des menschlichen Genoms war wegweisend für einen holistischen Ansatz, bei welchem das Genmaterial, die Proteine und Metaboliten global charakterisiert werden. Dieser Ansatz wurde von der Pharmakologie entwickelt und findet nun eine neue Anwendung im Bereich der Humanernährung, da er eine umfassende Analyse der von der Ernährung verursachten Wirkungen auf den Stoffwechsel sowie auf die Vorbeugung chronischer Krankheiten ermöglicht. In diesem Zusammenhang hat ALP, in Zusammenarbeit mit der Eidgenössischen technischen Hochschule Zürich (ETHZ), mit einem Nutrigenomik-Projekt begonnen, um Bakterien zu selektionieren, mit denen sich gesundheitsfördernde Milchprodukte herstellen lassen. Die Nutrigenetik, ein Teilbereich der Nutrigenomik, geht noch weiter in der Analyse der von der Ernährung verursachten Wirkungen: dabei wird bestimmt, in welcher Weise der spezifische Genotyp eines jeden Individuums seine physiologische Antwort auf Nahrungsmittel beeinflusst. Dieser Ansatz könnte zu einer personalisierten Ernährung führen, dessen wirtschaftliche, soziale und ethische Konsequenzen zu bewerten und zu regulieren bleiben. Die Nutrigenomik wird das Bild von Ernährung und Ernährungswissenschaften tiefgreifend verändern und erfordert ein hohes Mass an Ausbildung und Information der Öffentlichkeit sowie der Gesundheits- und Ernährungsfachleute.

## Riassunto

### La nutrigenomica: scienza o fantascienza?

La ricerca nel campo dell'alimentazione umana è segnata dalla nascita della nutrigenomica, una scienza che si basa su tre decenni di progressi nelle scienze della vita (medicina, biochimica, biologia molecolare), nella microtecnica e nell'informatica. La sequenziazione del genoma umano ha aperto le porte ad un approccio olistico in cui il materiale genetico, le proteine e i metaboliti sono caratterizzati in modo globale. Questo approccio è stato sviluppato per la farmacologia e, attualmente, ha trovato una nuova applicazione nel campo dell'alimentazione umana, consentendo un'analisi integrale degli effetti dell'alimentazione sul metabolismo e sulla prevenzione delle malattie croniche. In tale contesto, ALP ha lanciato un progetto di nutrigenomica in collaborazione con il Politecnico Federale di Zurigo (ETHZ) volto a selezionare batteri utilizzati nella fabbricazione dei prodotti lattiero-caseari fermentati che siano benefici alla salute. La nutrigenetica, una sottobranchia della nutrigenomica, va ben oltre nell'analisi degli effetti dell'alimentazione, determinando il modo in cui uno specifico genotipo influenza la risposta fisiologica dell'individuo agli alimenti. Questo approccio potrebbe consentire di realizzare una dieta personalizzata, il cui impatto commerciale, sociale ed etico resta ancora da valutare e regolamentare. La nutrigenomica trasformerà profondamente il campo dell'alimentazione e delle scienze nutrizionali e richiede quindi uno sforzo nella formazione e nell'informazione per il pubblico e per i professionisti della salute e dell'alimentazione.

## Summary

### Nutrigenomics: science or fiction?

Research in the domain of human nutrition is marked by the emergence of nutrigenomics, a science based on three decades of developments in life sciences (medicine, biochemistry, molecular biology), microtechnics and informatics. The sequencing of the human genome opened the door to a holistic approach in which genetic material, proteins and metabolites are characterized in a global way. This approach was developed for pharmacology and now finds a new application in human nutrition by allowing a comprehensive understanding of the effects of food and nutrients on the metabolism and on the prevention of chronic diseases. In this context, ALP has started a nutrigenomics project in collaboration with the Swiss Institute of Technology in Zurich (ETHZ) in order to select bacteria producing dairy fermented products that are beneficial to health. Nutrigenetics, a subdomain of nutrigenomics, goes further in the analysis of the effects of nutrition by determining how the specific genotype of individuals influences their physiological response to food. This approach may lead to a personalized nutrition for which the commercial, social and ethical consequences remain to be evaluated and regulated. Nutrigenomics will deeply transform the landscape of nutrition and nutritional sciences and therefore requires a training- and an information effort towards the public and professionals of the health and nutrition sector.

**Key words:** nutrigenomics, nutrigenetics, nutrition, genome, ethics, training, dairy products