

# ARTICLES DE PRESSE 2017

ACTIA

edp open 🇬🇧 🇫🇷 Soumettre un article

 Tous les numéros E-first Appels à auteur À propos 🔍 rechercher ☰ Menu



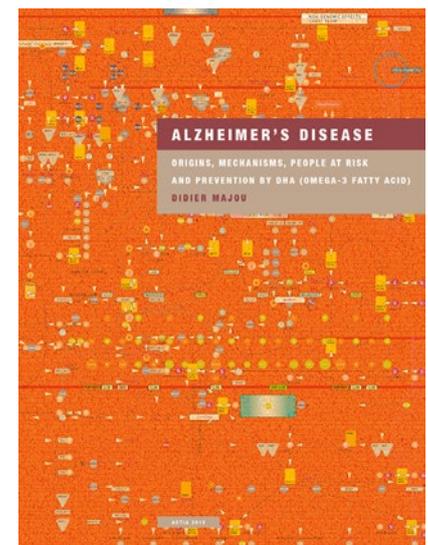
Accueil

## Alzheimer Disease : nouvel ouvrage édité par l'ACTIA

Didier Majou, Directeur de l'ACTIA, réseau français des Instituts Techniques de l'Agro-alimentaire, a publié un ouvrage consacré à la maladie d'Alzheimer : origines, mécanismes, personnes à risque et prévention par DHA (oméga-3).  
Cet ouvrage décrit les mécanismes biochimiques de cette pathologie et leurs relations avec le DHA.  
Il est téléchargeable gratuitement sur le site de l'ACTIA. : [www.actia-asso.eu](http://www.actia-asso.eu) (rubrique Guides et outils).

OCL - Oilseeds and fats, Crops and Lipids  
Rédacteur-en-chef : Philippe GUESNET - [Comité de rédaction](#)  
ISSN : 2272-6977 - eISSN : 2257-6614  
Fréquence : 6 numéros par an  
© ETIG

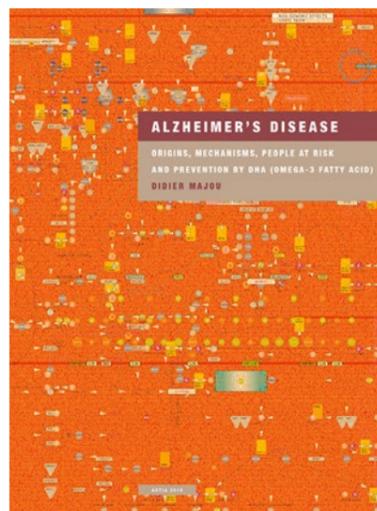


## PRÉSENTATION D'OUVRAGE

Guy LINDEN<sup>3</sup>

**MALADIE D'ALZHEIMER**: origines, mécanismes, personnes à risque et prévention par DHA (oméga-3)<sup>1</sup> par Didier MAJOU<sup>2</sup>

Notre confrère Didier MAJOU, Directeur de l'ACTIA, a rédigé une revue sur la forme sporadique de la maladie d'Alzheimer (SAD). Cette analyse a été réalisée après lecture de 630 références bibliographiques et exposés scientifiques. Les principales parties correspondent aux sous-titres de l'ouvrage, dont le contenu est présenté sous une forme condensée (120 pages), intégrée et remarquablement illustré (21 figures).



Il convient de féliciter l'auteur et l'éditeur pour la mise en page et l'iconographie. Il est rare de lire des publications scientifiques dont la présentation est aussi agréable et d'une telle qualité esthétique. Le rendu rigoureux d'un travail scientifique n'implique pas forcément une présentation austère!

Dans le chapitre introductif, l'auteur met l'accent sur la stimulation neuronale et le métabolisme énergétique et souligne d'entrée le rôle fondamental de l'acide docosahexanoïque (DHA - oméga-3) issu de l'alimentation ou synthétisé notamment par une enzyme, la  $\Delta$  6-désaturase, à partir d'un acide gras essentiel: l'acide alpha linoléique (ALA) en DHA. Cette conversion est une étape limitante. Le rôle central de ces acides n'a rien de surprenant car DHA et EPA (acide eicosapentaénoïque) représentent 31 % de la totalité des acides gras du cerveau!

Après cette partie introductive, le document se développe selon un plan logique en traitant successivement du développement et de la maintenance du capital cognitif par sa stimulation, du rôle fondamental que les transporteurs GLUT-1 (transport de glucose et du précurseur de l'acide ascorbique) jouent dans l'équilibre cinétique synaptique, ainsi que de la régulation de ces transporteurs par le DHA et l'estradiol. Les chapitres suivants traitent des sources de ces deux ligands et de leurs mécanismes moléculaires.

La partie centrale du document se rapporte au bilan métabolique chez les personnes âgées, aux relations entre le DHA, SHBG (sex hormone-binding globulin) qui transporte et distribue l'estradiol, GLUT-1, IGF-1 (insulin growth factor), aux interactions entre l'estradiol libre et le DHA libre, à la régulation contrôlée et au déséquilibre chronique conduisant à la pathologie, ainsi que du polymorphisme du gène FADS2 (gène de la  $\Delta$ 6- désaturase).

Comme illustration des mécanismes complexes en jeu dans cette maladie neurodégénérative, on peut émettre l'hypothèse suivante: le DHA activerait le facteur de transcription PPAR $\gamma$  (peroxisome proliferator-activated receptor) qui réprimerait l'expression de la SHBG dans le foie et le cerveau. Cette baisse de taux plasmatique et astrocytaire de SHBG permettrait d'accroître la concentration en estradiol libre qui stimulerait la production et la fonctionnalisation du transporteur GLUT-1 et l'entrée du glucose au travers de la barrière hémato-encéphalique. L'augmentation neuronale du taux de glucose apporte l'énergie (ATP) nécessaire au maintien des facultés cognitives et mnésiques. Ces nombreuses réactions en chaîne jouent un rôle dans la pathologie de la maladie d'Alzheimer, suite au déséquilibre entre les activités neurologiques

et le bilan métabolique lié notamment à l'alimentation et à la génétique. Ces dérégulations entraînent sans doute la dégénérescence neuronale et les déficits cognitifs afférents. Ces acquis permettent de définir très tôt, avant l'apparition des symptômes, des populations à risque et de mettre en place une politique de prévention en détectant des Biomarqueurs potentiels que sont les variants du gène FADS2, les taux plasmatiques de DHA et SHBG. Si ces analyses sont réalisées, un traitement préventif par apport de DHA / EPA, ainsi que des changements d'hygiène de vie peuvent être mis en place.

Comme de nombreuses pathologies, la maladie d'Alzheimer survient quand de nombreux facteurs de risque dépassent un seuil critique et provoquent l'inhibition de processus de régulation. Cette revue prend en compte l'ensemble des mécanismes pathogènes. En édictant le concept original du FEDOX qui relie les interactions entre la fonction, l'énergie et le stress oxydatif, l'auteur souligne le rôle primordial de l'énergie cellulaire et du potentiel Redox. La démonstration du rôle central de ce paradigme est un des apports original de ce travail.

Point d'orgue à cette synthèse! Ingénieur avec une carrière centrée dans le domaine agroalimentaire, notre confrère ne présentait aucune disposition particulière qui le prédestinait à effectuer cette étude. Son jeune fils ayant été atteint de crises d'épilepsie, notre confrère s'est investi pendant plusieurs années dans l'étude des mécanismes Biochimiques neurologiques afin de soigner définitivement son fils par l'apport de DHA / EPA, sans autre traitement épileptique (\*). L'examen de certains mécanismes moléculaires de l'épilepsie l'a conduit à prolonger ses lectures et à effectuer cette importante revue sur la forme sporadique de la maladie d'Alzheimer. À n'en point douter notre confrère a fait œuvre très utile et comme le nombre de patients atteints par les maladies neurodégénératives ne cesse -hélas! - de croître, ce travail sera - à n'en point douter également - bien accueilli dans le monde médical et scientifique. Surtout s'il poursuit ses travaux sur d'autres neuropathologies de l'enfant et du senior.

(\*)Relevons que notre confrère participe au comité scientifique d'une étude randomisée en double aveugle contre placebo intitulée: «Efficacité de la supplémentation en acides gras polyinsaturés n-3 dans le traitement des troubles attentionnels associés aux épilepsies de l'enfant. »

<sup>1</sup> Guide ACTIA, ouvrage en anglais, 2015.

<sup>2</sup> Membre de l'Académie d'Agriculture de France, Directeur général de l'ACTIA.

<sup>3</sup> Membre de l'Académie d'Agriculture de France, Professeur honoraire de Biotechnologie alimentaire de l'Université de Lorraine.

☰ SOMMAIRE

LA CROIX

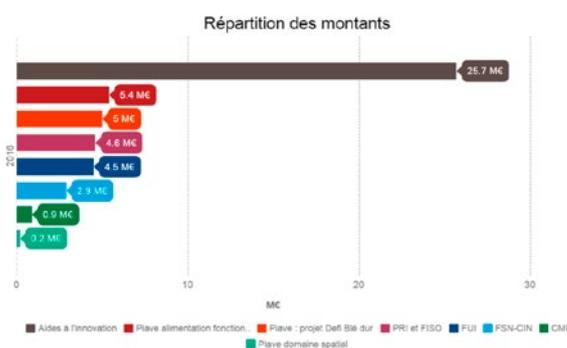
[ECONOMIE](#) [France](#) [Monde](#) [Social](#) [Entreprises](#) [Média](#) [Economie solidaire](#) [Economie & entreprises](#)
[Lecture facile](#) [Taille du texte](#) [Version PDF](#) [Abonnez-vous](#)
[Article précédent](#)
par **bpi**france

## Les actions de Bpifrance dans le secteur agro-alimentaire en 2016

Article partenaire, le 26 janvier / 2017 à 15 h 20

En 2016, Bpifrance a soutenu l'innovation dans l'agriculture et l'industrie agro-alimentaire à hauteur de 49 millions d'euros. Retrouvez ses actions avec notre infographie interactive !

### 49 MC pour soutenir l'innovation agroalimentaire



### Faits marquants

Bpifrance Le Hub a accueilli le colloque innovation de la filière alimentaire, les rencontres des Instituts Carnot Qualiment et 3BCAR, la journée d'échanges Agrifutur organisée par Renaissance numérique et enfin, les acteurs de la foodtech autour d'un atelier Totem. Lors de son événement annuel Bpifrance Inno Génération, il a organisé, en collaboration avec la ShakeUpFactory, l'atelier « La France s'invite au menu de la foodtech », suivi de la dégustation de produits innovants.

En novembre 2016, Bpifrance et le ministère de l'Agriculture, de l'Agro-alimentaire, et de la Forêt ont renouvelé leur convention annuelle visant à renforcer le soutien à l'innovation pour les industries agro-alimentaires. Grâce à ce partenariat, depuis 2007, 200 entreprises ont bénéficié d'aides, pour un montant de plus de 7 millions d'euros.

Bpifrance contribue aux travaux du Conseil stratégique de la filière alimentaire, de la solution industrielle Alimentation intelligente, du réseau Foodtech de la French Tech et du [Conseil scientifique et technique de l'Actia](#).

En 2016, il est intervenu à l'occasion de plusieurs événements de la filière agro-alimentaire : les salons professionnels MDD Expo à Paris, les Journées Aliments&Santé à La Rochelle, Food Factory à Laval ainsi que les rencontres du CERTIA à Arras, à l'occasion des 40 ans de l'ADIV à Clermont-Ferrand, de l'ADRIA à Rennes, du Cercle d'études de la Boulangerie-Pâtisserie, du Forum agro-alimentaire de l'Île-de-France, des Assises de la Bio, du Lieu du design et du Génopole à Paris. Il a participé aux jurys des concours Agropole, trophées de l'innovation du CFIA, SIMA innovation awards, Innovafood, Cleantech Open, Greentech verte et Usine Durable du magazine Process. À l'invitation de Business France, il est intervenu au SIAL à Paris, à Vinismart à Madrid et au jury innovation du salon Vitafoods à Genève.



Le 11.01.2017 PROCESS TRANSFORMATION, PRODUITS ÉLABORÉS

## Journée débat Aprocel "Procédés de saumurage et de cuisson"

Jeudi 2 février à Clermont-Ferrand, les partenaires de l'UMT ACTIA Aprocel organisent une journée de conférences-débat consacrées à la cuisson et au saumurage des viandes.

Au cours de cette journée débat, les partenaires de l'Unité mixte technologique (UMT) Actia Aprocel (Procédés de transformation des produits carnés) analyseront l'intérêt des méthodes de prédiction pour maîtriser la qualité des viandes et des produits finis.

La matinée sera ainsi consacrée à la « Qualification des matières premières et de produits ». Y seront présentés les derniers résultats sur les marqueurs Biochimiques de la prédiction de la qualité des viandes (PRE, qualité nutritionnelle, couleur, tendreté) ainsi que l'intérêt de différentes techniques physiques ou physico-chimiques de prédiction de la qualité des viandes (microcalorimétrie, méthodes spectroscopiques). L'après-midi débutera par une deuxième session sur la quantification des effets du malaxage des viandes. Enfin, la troisième session sera consacrée à la prédiction des rendements et des qualités en cours de cuisson des viandes et charcuteries et s'achèvera par un focus sur l'application du chauffage ohmique à la cuisson des viandes.

Cette journée débat sera ainsi l'occasion de présenter les principaux résultats obtenus dans le cadre de l'UMT Actia Aprocel regroupant l'Adiv, l'Inra et l'Université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand. Démarrée pour 5 ans en 2011, l'UMT Actia Aprocel ambitionnait d'apporter une meilleure connaissance des procédés de fabrication des produits carnés, en les abordant de manière globale et non pas seulement par opération unitaire.

Vous pouvez consulter le programme détaillé et télécharger le formulaire d'inscription à cette journée débat sur le site web de l'Adiv.





ACCUEIL

ACTUALITÉS

DOSSIERS

TENDANCES

ÉVÉNEMENTS

ANNUAIRE

VOUS ÊTES ICI: ACCUEIL / ÉVÉNEMENTS / CONFÉRENCES / QUELLES PERSPECTIVES POUR LA TRANSFORMATION DES PRODUITS BIO AU COLLOQUE DU RMT TRANSFOBIO ?

## Quelles perspectives pour la Transformation des Produits Bio au Colloque du RMT TransfoBio ?

Conférences 10 Jan 2017



Cyril Bertrand introduit le premier colloque de restitution du RMT TransfoBio - ©Inarebio



Le 8 décembre 2016, le RMT ACTIA TransfoBio, réseau national d'experts sur la transformation des produits Bio, réunissait une cinquantaine de personnes à Aix-en-Provence, pour partager les avancées des travaux engagés depuis 2014.

Au service des entreprises agro-alimentaires, ce Réseau mixte technologique spécifique sur la transformation Bio a pour objectif de contribuer à améliorer les techniques de fabrication et la qualité des produits transformés Biologiques. Il travaille sur trois axes d'étude :

La formulation des produits biologiques transformés pour des produits à forte « naturalité ». Les procédés appliqués aux produits biologiques transformés pour des procédés efficaces et respectueux du produit.

Les attentes des différentes typologies de consommateurs sur la « qualité » (environnementales, sanitaires, nutritionnelles, sensorielles et socio-économique) des produits Bio transformés.

Ce réseau implique des experts de différents organismes de recherche (Inra, Itab, Ifip...), d'établissements d'enseignement supérieur (Oniris, AgroParisTech...) et de centres techniques (Critt, Adrianor, Actalia, CTC-PA...). Le SynaBio contribue également largement aux travaux du RMT.

« Le RMT TransfoBio a pour vocation de renforcer nos connaissances sur les bonnes pratiques à opérer en Bio afin de les diffuser sous forme d'outils pratiques et de pistes de progrès auprès de tous professionnels de la Bio », introduisait Cyril Bertrand, directeur du Critt agro-alimentaire Paca et coordinateur du RMT.

Rodolphe Vidal, chargé de missions transformation Bio à l'Itab et également coordinateur du RMT, complétait : « Nous souhaitons également être force de proposition dans la construction de projets de recherche et pouvoir connecter les projets français aux plateformes européennes ».

### TRANSFORMATION DES ALIMENTS BIOLOGIQUES ET PERCEPTION DES CONSOMMATEURS

Selon Ivan Dufeu, de l'Oniris de Nantes, la question de la perception des consommateurs sur les procédés de transformation en Bio induit une réflexion préliminaire quant à l'information et la connaissance des consommateurs sur les attributs liés aux processus de production. Ces problèmes informationnels sont liés à deux types d'incertitudes générées pour le consommateur : Les attributs promis (invisibles) m'ont-ils été livrés ? et Les attributs qui m'ont été promis sont-ils ceux qui répondent à mon besoin ?

Ces questions sont importantes à prendre en compte dans les enquêtes de perception mais aussi par les industriels soucieux de répondre aux attentes des consommateurs, même si le marché de la Bio bénéficie dans ce cas de la possibilité de réduire une partie de l'incertitude grâce à la certification – et donc l'intervention du contrôle d'un tiers.

Une enquête réalisée par l'Oniris, dans le cadre du RMT TransfoBio, visait à appréhender les perceptions et attentes des consommateurs envers les produits Bio transformés et les procédés utilisés ainsi qu'à dégager des profils de consommateurs corrélés.

## Recherche

## Les avancées de la transformation bio

De 2014 à 2018, le RMT (réseau mixte technologique) Transfobio étudie des pistes pour aider les transformateurs bio à gagner en performance, dans le respect des attentes des consommateurs. Rapport de mi-parcours en trois questions.

La filière bio se porte bien. Au premier semestre 2016, elle affichait une croissance de 20 % par rapport à l'année précédente. « Nous constatons dans le même temps une diversification des attentes du consommateur bio qui ne se contente plus du frais mais souhaite aujourd'hui aussi des produits préparés », analyse Cyril Bertrand, directeur du Critt Agroalimentaire Paca et coordinateur du RMT (Réseau mixte technologique) Transfobio. Dans ce contexte, le réseau d'experts porté par l'Actia (Association de coordination technique pour les industries agroalimentaires) œuvre depuis 2014 et jusqu'à fin 2018 à l'amélioration des performances des transformateurs. Il étudie de façon croisée les attentes des consommateurs, la formulation et les technologies de production.

S. PERRAUT

### ➤ Obligations légales Que dit la réglementation ?

« La réglementation sur la transformation des produits bio est relativement légère et concerne principalement la traçabilité et la formulation », analyse Cyril Bertrand. Elle repose sur deux règlements cadres européens, qui formalisent les obligations et interdictions en matière de production et d'étiquetage : le RCE 834/2007 et le RCE 889/2008. Les transformateurs doivent privilégier des méthodes biologiques, mécaniques et physiques. Les textes mentionnent l'interdiction de recourir aux substances et techniques susceptibles d'induire en erreur sur la véritable nature du produit ou qui permettent de rétablir les propriétés perdues au cours de la transformation et de l'entreposage des produits. Ce qui se traduit dans la pratique par une réduction des additifs et de l'interdiction des colorants. Le seul procédé nommément interdit est le rayon-

nement ionisant. Pour le reste, les bonnes pratiques de fabrication s'imposent, avec leur lot de traçabilité et de prévention des contaminations. Des mesures de nettoyage appropriées doivent être mises en place. Le transformateur doit également assurer une séparation spatiale et temporelle entre produits bio et non bio.

« Des évolutions sont envisagées sur le plan réglementaire en 2017 ou 2018, mais ce ne seront vraisemblablement pas des chamboulements majeurs », commente Cyril Bertrand. Les négociations sont en cours au niveau européen. Elles portent sur les contraintes environnementales avec la potentielle mise en place de procédures de suivi et de contrôle. Les législateurs envisagent aussi pour les pesticides un passage à une obligation de résultat (absence dans le produit), en remplacement de l'actuelle obligation de moyens (interdiction d'utilisation). ●

### ➤ Perception des produits Qu'attend le consommateur ?

Ivan Dufeu, maître de conférences à Oniris Nantes, a initié un programme de recherche visant à mieux connaître la perception des procédés par les consommateurs de produits bio. L'enjeu est de formuler des préconisa-

tions aux transformateurs, pour le choix des procédés mais aussi des mentions sur l'emballage. « Par exemple, vaut-il mieux multiplier les mentions "sans" ou attirer l'attention sur les enrichissements ou les bienfaits naturels à travers des indications "avec" », illustre Ivan Dufeu.

### Réduire l'incertitude sur les procédés

Les consommateurs ne disposent pas d'une vision claire et objective des étapes de production. De nouvelles interrogations apparaissent quant aux technologies mises en œuvre au regard de la naturalité mais aussi des qualités nutritionnelles, environ-

nementales et sanitaires. Or sur ces points, les consommateurs n'ont pas tous les mêmes attentes. Le chercheur a pu identifier quatre groupes, qui se distinguent par des approches différentes en termes de traçabilité sur la filière, d'acceptation de consommer des OGM, de process minimal ou encore d'écologie. Mais dans tous les cas, « la confiance est un ressort très fort du produit bio. La réduction de l'incertitude sur les procédés est un enjeu essentiel pour tout producteur souhaitant se différencier par les étapes de production », analyse-t-il. Par ailleurs, la tendance est nettement au « minimal processing », les procédés les mieux acceptés étant la surgélation et la cuisson. ●



Une trentaine de produits bio étaient exposés lors de la journée d'échanges du RMT (réseau mixte technologique) Transfobio, le 8 décembre 2016.

### ➤ Equipements Comment innover et améliorer les procédés ?

« Formuler bio ne veut pas dire décliner le conventionnel », explique Paul Vandooren, chef de projet Adrianor. Pour un moelleux au chocolat par exemple, plusieurs types d'ingrédients sont utilisés. Des stabilisants et des humectants gèrent l'a<sub>w</sub>, les texturants jouent sur la fraîcheur tandis que des anti-rassissants assurent la durée de vie dans le temps. Or en bio, certaines matières sont autorisées, d'autres non. Reformuler en bio oblige les transformateurs à réfléchir différemment. « Nous avons construit un outil gratuit en ligne d'aide à la formulation », s'enorgueillit Cyril Bertrand. Il sera disponible en une version conviviale d'ici la fin du premier semestre 2017 et pourra aussi être intéressant pour les entreprises conventionnelles souhaitant développer des formulations plus sobres. Les ingrédients sont classés par substance, par fonction technologique et par filière. Ils sont en outre associés à leur version fonctionnelle bio et/ou à des substances alternatives. De quoi apporter une aide précieuse aux transformateurs, comme Bjorg Bonnetterre et Compagnie qui annonce un plan de rénovation nutritionnelle de 80 recettes d'ici 2020.

our les procédés, le RMT oriente ses investigations dans le but de délivrer à terme des préconisations en cohérence avec la démarche bio. En revenant aux fondamentaux, l'agriculture biologique repose sur les principes IFOAM (Health, Ecology, Fairness, Care). Les dimensions santé et environnement sont au cœur des préoccupations des consommateurs bio, et transposables en critères de choix technologiques.

### Santé et environnement au cœur des préoccupations

« Nous allons mesurer l'effet des différents procédés en réalisant des analyses sur différents nutriments caractéristiques, néoformés ou sensibles au traitement », explique Cyril Bertrand. Dans le même temps, les experts vont décomposer les diagrammes de fabrication de six produits puis analyser la pertinence et l'impact de chaque opération unitaire. L'objectif est de fournir des préconisations aux entreprises en fonction de leurs enjeux propres : plutôt privilégier la valeur nutritionnelle ou la performance énergétique par exemple. Les résultats sont attendus pour 2018. ●

## 3 procédés « au naturel »

### 1-Le chauffage ohmique

En agissant par effet Joule direct, cette technologie génère de la chaleur de façon homogène au sein du produit. Elle assure un découplage partiel entre stérilisation et cuisson. Dépourvu d'inertie machine, le procédé est relativement simple à piloter. En outre, l'absence de paroi chaude réduit significativement l'encrassement. Les nouvelles machines maîtrisent bien les problématiques d'électro-corrosion des électrodes, elles-mêmes en inox.

LE+ La rapidité du traitement préserve les couleurs, saveurs et composés nutritionnels.

### 2-Les hautes pressions

Une pression de plusieurs centaines de mégapascal est appliquée de façon uniforme et instantanée à un produit emballé, positionné dans une enceinte remplie d'eau. Le résultat du traitement s'apparente à une pasteurisation à froid. Les principaux points de vigilance sont liés à la texture (du fait de l'effet mécanique de la pression et de l'activité enzymatique résiduelle), à la couleur (risque de dégradation enzymatique) et la microbiologie (présence de bactéries sporulées, barorésistance de certaines espèces bactériennes). La formulation du produit joue un rôle clé dans le succès de l'opération.

LE+ Les pertes en vitamines sont moindres qu'avec un traitement thermique. Les pigments végétaux restent stables.

### 3-La fermentation lactique

Ce procédé ancestral peut également être utilisé pour améliorer la qualité nutritionnelle des aliments. C'est le cas lorsque le chou devient choucroute. Les bactéries lactiques entretiennent et améliorent la flore intestinale tout en inhibant les pathogènes. Elles présenteraient également un rôle protecteur vis-à-vis de certains cancers et un effet stimulant pour le système immunitaire.

LE+ Une source d'inspiration pour des produits innovants et sains, à l'image du kimchi, un aliment quotidien en Corée ressemblant à une choucroute à base de légumes et de crevettes.



Dans les premiers résultats de son étude, Ivan Dufeu d'Oniris a identifié quatre profils de consommateurs bio.

ENQUÊTES  
EN COUVERTURE



L'usine Eckes Granini à Mâcon (Saône-et-Loire) produit près de 144 millions de litres de jus de fruits par an. Les gammes bio font l'objet d'un contrôle qualité renforcé.

## INNOVATION

# LA R&D GOÛTE LA RECETTE BIO

Approvisionnement, prix, contrôle-qualité... Les industriels voulant produire bio s'exposent à de nombreuses contraintes. Reportage dans l'usine bourguignonne d'Eckes Granini France.

TEXTE GAËLLE FLEITOUR PHOTOS PASCAL GUITTET

**P**près de 144 millions de litres de jus de fruits sortent chaque année de l'usine du groupe allemand Eckes Granini à Mâcon (Saône-et-Loire). Avec 12 % de parts de marché, Joker, sa marque phare, est leader des jus en rayon ambiant (non frais) des grandes surfaces. Un marché dont le bio, avec 150 millions d'euros de chiffre d'affaires, représente 10 % des ventes. Parti bien après ses concurrents Pressade et Tropicana, Joker entend rattraper son retard. À Mâcon, en ce début de semaine, les opérateurs se préparent à produire l'un des trois jus bio lancés en septembre 2016 : orange, pomme et multifruits, conditionnés dans un emballage 100 % recyclable. En bio, les procédés habituels de transformation sont autorisés... tant qu'Ecocert a validé l'étiquetage, les ingrédients, les certificats bio des fournisseurs, tout comme celui de l'usine, régulièrement audité. Mais «cette production nécessite un ordonnancement très précis et une étape de nettoyage spécifique, au-delà du simple rinçage, afin d'éviter toute contamination avec le conventionnel, observe Jérôme Mornet, le responsable qualité et développement durable d'Eckes Granini France. Ainsi qu'un contrôle qualité renforcé contre les pesticides artificiels.»

ENQUÊTES  
EN COUVERTURE



Après de nombreux tests, la marque Joker a lancé la première gamme de nectars bio riches en fruits à 85 %.



Stockage des différentes références de jus de fruits.

fromages sans additifs de protection. Mais la R&D reste ardue pour qui s'aventure dans la filière bio. «Il y a deux points critiques, estime Natacha Sautereau, agroéconomiste à l'Institut technique de l'agriculture biologique (Itab). Je fais partie du projet Appro-Bio-Paca, qui vise à mettre en relation des industriels et des producteurs pour relocaliser la production. Même en Provence-Alpes-Côte d'Azur, où plus de 18 % des surfaces agricoles sont bio, cela représente de petits volumes. Autre point, qui est un atout pour l'agriculture biologique mais difficile à gérer pour un industriel dont la production est standardisée : gérer le calibrage et le conditionnement d'une grande diversité d'espèces.»

### Dix-huit mois d'efforts pour aboutir à un jus de fruits bio

Comment trouver un approvisionnement durable, à un prix acceptable, garantir le goût et réussir l'industrialisation du produit ? Chez Eckes Granini France, Claire Sallet, la directrice R&D, a mis dix-huit mois pour résoudre cette équation. «Le responsable des achats de matières premières a reçu cinq à dix propositions pour chaque parfum. Nous voulions qu'il soit bien conforme au goût qui caractérise Joker : authenticité du fruit, douceur et fraîcheur pour l'orange.» Exit les oranges du Brésil, faute de filière bio sur place. L'industriel s'est tourné vers un petit producteur mexicain. Les prix ont flambé, il a fallu rémunérer des pratiques plus extensives, une main-d'œuvre compensant l'utilisation de pesticides, des économies d'échelle moins importantes... Sans compter le coût des contrôles. «Cela prend beaucoup de temps de s'assurer que les vergers ont bien suivi la conversion au bio, observe Emmanuel Manichon, le directeur général d'Eckes Granini France. C'est relativement récent pour des marques significatives de prendre position dans le bio. Nous mettons en jeu nos réputations et devons nous montrer encore plus attentifs.»

À Mâcon, entre le mini-pasteurisateur et la hotte du laboratoire R&D, les tests étudiant les différents teneurs en fruits, allant de 50 à 100 %, se sont multipliés. Problème, le «100 % pur jus», sans eau, a été jugé trop cher pour le consommateur. Joker a donc lancé la première gamme de nectars bio riches en fruits à 85 %, sans sucre ajouté. Et reçu un bon accueil des grandes surfaces, malgré un prix de vente de 2,20 euros pour le jus d'orange, contre 1,30 euro environ en conventionnel. Prochaine étape : commercialiser, dès avril, un format inédit : des petites bouteilles de 25 ml.

«Le cadre contraint de la production biologique pousse à innover à tous les niveaux, remarque Pascal Viné, le délégué général de Coop de France. Il faut aussi répondre à de nouveaux marchés : légumes secs, sans gluten, avec du quinoa...» Les entreprises qui ne disposent pas des ressources internes s'appuient sur le Réseau mixte technologique Transfobio, coanimé par Cyril Bertrand, le patron du Critt agroalimentaire Paca. Il les incite à retravailler les ingrédients, à se différencier, comme Yooji qui a lancé des plats surgelés bio pour bébé. Ou Les 2 Vaches : après l'échec de l'industrialisation d'une crème dessert de 125 grammes, conçue selon les standards conventionnels, la marque a créé un petit pot de 95 grammes. Plus riche en crème, il est devenu l'un de ses best-sellers... ■

Depuis le lancement de la gamme, les échantillons des lots de jus cueillis et pressés par les fournisseurs sont systématiquement escamotés à Nantes, dans le laboratoire du spécialiste de l'analyse, Eurofins.

Car les recettes bio interdisent les produits chimiques de synthèse, les colorants et les OGM. Seulement une cinquantaine d'additifs alimentaires et une trentaine d'auxiliaires technologiques sont tolérés. Un créneau saisi par Delta Neu (groupe SFPD), spécialiste de l'amélioration de la qualité de l'air en milieu professionnel : avec le CNRS, il a mis au point une centrale de décontamination pour tuer les micro-organismes aéroportés. Les industriels peuvent, notamment, affiner des



« C'est relativement récent pour des marques significatives de prendre position dans le bio. Nous mettons en jeu nos réputations et devons nous montrer encore plus attentifs. »

Emmanuel Manichon, directeur général d'Eckes Granini France

# Les MARCHÉS

LE MÉDIA DE L'ALIMENTAIRE

[ACCUEIL](#)[ACTU](#) ▾[ANALYSES](#) ▾[COLLECTIVITÉS](#) ▾[DOSSIERS](#)[MÉTIERS](#) ▾[Accueil](#) » [Carnet](#) » [Actia](#)

## QUALITÉ

TransfoBio prépare une aide à la formulation Bio

Publié le Vendredi 3 février 2017 par Sylvie Carriat

Cyril Bertrand, coordinateur du réseau mixte technologique TransfoBio. Le RMT TransfoBio met au point les méthodes et savoirs permettant de fabriquer des produits alimentaires Bios ou aux profils naturels recherchés. Il va éditer un outil pratique sur Internet.



<http://bulletinepidemiologique.mag.anses.fr/sites/default/files/SSA16fianl.pdf>

## Une base de données moléculaires partagée au service de la surveillance de *Listeria monocytogenes* dans la chaîne alimentaire en France

Benjamin Felix (1) (benjamin.felix@anses.fr), Damien Michelon (1), Bertrand Lombard (1), David Albert (1), Léna Barre (1), Carole Feurer (2), Sophie Roussel (1)

(1) Université Paris-Est, Anses, Laboratoire de sécurité des aliments, Unité *Salmonella-E. coli- Listeria* (SEL), Maisons-Alfort, France

(2) Ifip, Institut du Porc, Maisons-Alfort, France

### Résumé

*Listeria monocytogenes* (*Lm*) est une bactérie ubiquitaire responsable d'une infection rare mais grave : la listériose. Transmise par la consommation d'aliments contaminés, la listériose s'avère mortelle dans 20 à 30 % des cas. Elle touche principalement les personnes immunitairement affaiblies. De ce fait, la surveillance des souches isolées de la chaîne alimentaire et de l'environnement de production est essentielle. Un dispositif efficace de surveillance sanitaire de la chaîne alimentaire nécessite la centralisation de données de qualité et la production d'informations utiles et accessibles. L'Anses, au titre de ses mandats de Laboratoire de référence national (LNR) et de l'Union européenne (LRUE) pour *Lm*, fournit un appui scientifique et technique en amont de cette collecte de données. Elle assure notamment l'harmonisation des méthodes de typage des souches isolées de la chaîne alimentaire, l'organisation de formations et d'essai inter-laboratoires d'aptitude pour les laboratoires des réseaux français et européen. En France, dans le cadre de l'unité mixte technologique (UMT) Armada, l'Anses et l'Institut du Porc (Ifip) ont travaillé depuis quatre ans au développement d'une base de données nationale pour la centralisation et le partage des données épidémiologiques et génétiques des souches détenues par les deux organismes. A terme, elle sera partagée avec quatre autres instituts techniques français ainsi que les laboratoires de l'Anses impliqués dans la surveillance de *Lm*. Cette base de données est interconnectée avec le système de base de données européen mis en place par le LRUE et l'Autorité européenne de sécurité des aliments et permet la remontée au niveau européen des données collectées au niveau national. La base de l'UMT Armada contient actuellement 1 200 souches typées par PFGE, partageant 256 profils combinés Apal/Ascl. Cet outil permet une surveillance plus fine des souches circulant en France dans les différentes filières alimentaires.

### Mots-clés

Base de données, PFGE, *Listeria monocytogenes*, surveillance moléculaire

### Abstract

#### A shared molecular monocyto

*Listeria monocytogenes* responsible for Transmitted through food, listeriosis i

affects people with a weakened immune system. Therefore, the surveillance of strains isolated from the food chain and the environment is essential. An effective food chain surveillance system requires the centralisation of high-quality data and the production of useful and accessible information. ANSES, under its mandates as National Reference Laboratory (NRL) and European Union Reference Laboratory (EURL) for *Lm*, provides scientific and technical support prior to this data collection. In particular, it harmonises typing methods for strains isolated from the food chain, and organises training and inter-laboratory proficiency tests for laboratories in the French and European networks. In France, as part of the ARMADA Joint Technological Unit (UMT), ANSES and the French Pork and Pig Institute (IFIP) have been working for four years on the development of a national database for the centralisation and sharing of epidemiological and genetic data on the strains held by the two organisations. Over time, it will be shared with four other French technical institutes and the ANSES laboratories involved in *Lm* surveillance. This database is interconnected with the European database system developed by the EURL and the European Food Safety Authority, which makes it possible to report data collected nationwide at European level. The database of the ARMADA UMT currently contains 1,200 strains typed by PFGE, sharing 256 combined Apal/Ascl profiles. This tool is enhancing the surveillance of strains circulating in the various food sectors in France.

### Keywords

Database, PFGE, *Listeria monocytogenes*, Molecular surveillance



Dans cet article, est décrit le mode de fonctionnement et les fonctionnalités d'un outil de collecte de données de typage moléculaire, utilisé pour :

- améliorer nos connaissances de la structure des populations de *Listeria monocytogenes* (*Lm*) circulant en France,
- la surveillance de cet agent pathogène au niveau national.

## Listeria et listériose, rappels

*Lm* est une bactérie de l'environnement responsable de la listériose. Cette infection se caractérise par : i) la gravité de la symptomatologie, ii) la létalité élevée de la maladie allant de 20 à 30 % des cas, et iii) l'atteinte prioritaire de sujets immunitairement déficients, des femmes enceintes et de leurs enfants (Tourdjman *et al.*, 2014). La listériose se contracte par consommation d'aliments contaminés. Les contaminations des aliments peuvent provenir de la matière première animale ou végétale, ou de l'environnement de transformation et de distribution des aliments (bactéries dites « résidentes »). *Lm* est

capable de persister dans les produits, tout au long de la chaîne alimentaire, de se multiplier aux températures de réfrigération, de résister aux procédures de nettoyage et de désinfection, et de contaminer les ateliers de transformation de produits alimentaires. Les principales filières alimentaires font l'objet d'une surveillance, en particulier la filière porc, touchée par plusieurs crises sanitaires liées à *Lm* (Giovannacci *et al.*, 1999; Hong *et al.*, 2007).

La réglementation française implique le retrait du marché des aliments contaminés par des concentrations supérieures à 100 ufc/g, ou des aliments contaminés par des teneurs inférieures mais permettant la croissance de *Listeria*, jusqu'à des valeurs supérieures à 100 ufc/g en fin de durée de vie. Le nombre élevé de cas sporadiques en France (Tourdjman *et al.* 2014) incite à approfondir les connaissances des souches circulantes et de leurs réservoirs.

L'électrophorèse sur gel en champ pulsé (PFGE) reste jusqu'à présent la méthode de référence en France et à l'étranger pour la surveillance des souches cliniques et alimentaires de *Lm* (Tourdjman *et al.*, 2014). Les



Le ministère en charge de l’agriculture vient de labelliser 15 nouvelles UMT suite à l’appel à projets 2016. Cinq d’entre elles peuvent intéresser nos filières.

#### Pour en savoir plus :

**UMT Bird**  
Isabelle Bouvarel - Itavi  
Courriel : bouvarel@itavi.asso.fr

Angelique Travel - Itavi  
Courriel : travel@itavi.asso.fr

Isabelle Duval - Inra  
Courriel : isabelle.duval@inra.fr

Michel Duclos - Inra  
Courriel : michel.duclos@inra.fr

**UMT Safemat**  
Cédric Lyathaud - LNE  
Courriel : cedric.lyathaud@lne.fr

Sandra Domenek - Inra-AgroParisTech  
Courriel : sandra.domenek@inra.fr

**UMT Asiics**  
Valérie Michel - Actalia  
Courriel : v.michel@actalia.eu

Laurent Laloux - Anses  
Courriel : laurent.laloux@anses.fr

**UMT Virocontrol 2**  
Nicolas Boudaud - Actalia  
Courriel : n.boudaud@actalia.eu

Christophe Gantzer - CNRS  
Courriel : christophe.gantzer@univ-lorraine.fr

**UMT Newcarn**  
Laurent Picgirard - ADIV  
Courriel : laurent.picgirard@adiv.fr

Pierre-Sylvain Mirade - Inra  
Courriel : pierre.sylvain.mirade@inra.fr

Constituées entre au moins un institut technique qualifié et un organisme de recherche publique ou un établissement d’enseignement supérieur, les Unités mixtes technologiques (UMT) permettent d’assurer l’interface entre la recherche et le développement et de conduire en commun sur un même lieu un programme à vocation nationale de recherche et développement. L’UMT favorise la mise en œuvre partagée de projets transversaux sur des sujets complexes reposant sur des approches « intégratives », la mise au point d’outils et de méthodes de diagnostic et d’évaluation, le pilotage des modes de gestion et des procédés de production ou de transformation, l’évaluation et la diffusion des innovations, etc. En janvier 2017, le ministère de l’Agriculture, de l’Agro-alimentaire et de la Forêt a labellisé 15 UMT pour une durée de cinq ans, soit jusqu’au 31 décembre 2021.

Parmi ces quinze UMT affiliées aux réseaux Actia ou Acta, cinq peuvent retenir notre attention :

### L’UMT Bird « Aviculture, système et territoire »

Cette UMT fait suite à l’UMT BIRD 2. Elle est pilotée par l’Itavi, elle a pour partenaires l’Unité de recherches avicoles de l’Inra, l’Itab et le Sysaaf.

Son programme d’action a pour ambition d’ancrer les productions avicoles sur leurs territoires et d’intégrer une démarche de Bio économie, grâce à une recherche collaborative associant des acteurs tiers, du monde économique et de la société.

Les objectifs poursuivis sont les suivants :

- améliorer l’efficience des filières pour une utilisation raisonnée des ressources (alimentaires, médicamenteuses, animaux) ;
- coadapter les volailles et leur environnement pour prévenir les problèmes de bien-être et de santé et rendre l’élevage plus acceptable ;
- maîtriser la qualité des produits (technologique, sensorielle et sanitaire) dans leur diversité ;
- disposer d’outils aidant le pilotage des systèmes (en parallèle des trois premiers points) : développement d’indicateurs de la robustesse des animaux, structuration de la collecte et du traitement de l’information ;
- évaluer de manière intégrative, la multiperformance des filières dans les territoires.

### L’UMT Actia SAFEMAT « Sécurité des matériaux et emballages au contact »

Pilotée par le LNE, cette UMT a pour partenaire l’UMR Inra-AgroParisTech Genial.

L’approche « ingénierie » pour la maîtrise de la sécurité des matériaux au contact est la plus prometteuse car elle permet de traiter la question de contamination / migration à la source, tout en accompagnant le processus d’innovation des industries de l’emballage et de l’agro-alimentaire. Elle permet de dépasser la mission de diagnostic pour proposer des actions préventives ou correctives au niveau de la conception des matériaux, des systèmes d’emballage, ou encore des pratiques industrielles (stockage, traçabilité...). L’expérience récente a montré que les orientations de type « ingénierie » permettent d’impacter des domaines connexes : création de nouveaux concepts de matériaux barrière, développement de matériaux Biosourcés et procédés de décontamination. Les méthodes développées pour la gestion et l’évaluation des risques de contamination par les matériaux seront transférables à des contenus variés : médicaments, liquides Biologiques, produits cosmétiques, etc.

Les actions de recherche proposées appuient les résultats déjà acquis dans le développement des approches préventives. Il s’agit notamment d’être capable de couvrir via ces approches la majorité des besoins exprimés par l’industrie (classes de matériaux, de substances, de conditions de contact, etc.).

Trois axes de recherche sont définis pour permettre de répondre aux enjeux identifiés :

- acquisition, capitalisation et création des savoirs manquant à l’approche d’ingénierie ;
- expérimentations afin de valider, éprouver et de développer les approches prévisionnelles, à la fois sur des cas simples et concrets applicables rapidement à l’industrie, mais aussi, sur des cas plus complexes voire d’anticipation ;
- transfert et dissémination des connaissances et des nouvelles pratiques auprès des différentes parties prenantes de la chaîne d’approvisionnement des matériaux d’emballage.

### L’UMT Actia ASIICS « Actions pour la surveillance, l’investigation et l’intervention dans les crises sanitaires »

Dans le cadre de cette UMT, les objectifs d’Actalia, avec ses partenaires Anses et Ifip, sont de :

- développer et rendre accessible les procédures de traitement de l’information génomique des dangers microbiens alimentaires en tenant compte de la variabilité génétique de ces dangers ;
- valoriser les informations génétiques générées pour définir les marqueurs appropriés permettant de renforcer la prévention des crises sanitaires ;
- généraliser et renforcer la surveillance des dangers microbiens via l’utilisation de bases de données partagées entre opérateurs des filières agro-alimentaires et organismes de surveillance.

Les actions conduites concernent deux pathogènes majeurs des aliments en France, *Salmonella enterica* et *Listeria monocytogenes* :

Action 1 : développement et transfert des procédures de traitement de l’information génomique,

Action 2 : mise en œuvre et utilisation des outils d’analyse WGS pour l’investigation et l’intervention dans le cadre d’analyse épidémiologique de terrain. Étude de cas globale (WGS) des dangers microbiens alimentaires et partage de bases de données intégrées.

### L’UMT Actia Virocontrol 2 « Recherche, caractérisation et maîtrise de danger associé à la présence de virus entériques dans les aliments et leur environnement »

Cette UMT est pilotée par Actalia, en partenariat avec le CNRS-Université de Lorraine.

La surveillance et la gestion du risque viral dans les aliments (traités ou non) sont une préoccupation de santé publique majeure et représentent un enjeu économique important pour les filières de production à risque (conchylicole, végétaux frais et transformés, filière porcine).

L’UMT Virocontrol est ciblée sur la problématique des virus entériques transmissibles à l’Homme par voie orale. Ces micro-organismes pathogènes représentent une préoccupation importante pour les pouvoirs publics (DGAL et DGCCRF), les industries aquacoles, agricoles et agroalimentaires, et les traiteurs d’eaux (eau potable et eaux usées). Les dernières données épidémiologiques (EFSA, 2016a), le renforcement des mesures de contrôle pour des aliments importés à partir de régions à risque (alertes sanitaires émises par le RASFF) et l’accès facilité à l’analyse virale dans les aliments depuis la diffusion de méthodes standardisées (ISO 15216, 2013) convergent tous vers la nécessité de mettre en œuvre des solutions et des mesures de maîtrise appropriées pour mieux appréhender le risque viral dans les aliments.

L’ambition de cette UMT VIROcontrol 2 s’inscrit dans la continuité de la précédente UMT et des connaissances nouvelles apportées sur les norovirus et le VHA depuis 2011 sur :

- la caractérisation du danger infectieux associé à une détection positive en RT-qPCR et;
- l’évaluation de l’efficacité virucide des procédés et des traitements technologiques usuels et innovants.

Dans ce contexte, les objectifs poursuivis sont les suivants :

- mettre au point une méthode d’estimation du danger viral dans les aliments ;
- valider des stratégies industrielles pour la décontamination virale des aliments par le développement d’outils spécifiques applicables sur le terrain ;
- évaluer l’exposition au risque viral (norovirus, VHA, VHE) dans les aliments et l’environnement.

### L’UMT Actia Newcarn « Développer les produits carnés de demain »

Unique UMT entièrement dédiée aux viandes et produits carnés, elle est pilotée par l’Adiv et compte parmi ses partenaires l’université Blaise Pascal - Institut Pascal de Clermont-Ferrand et l’UR Quapa de l’Inra.

Le programme de cette UMT répond aux objectifs suivants :

- satisfaire la demande de populations particulières (juniors, seniors), et développer de nouveaux produits avec de nouvelles textures étudier et valoriser de nouvelles technologies de transformation en vue d’innover et de développer de nouveaux marchés et de limiter les gaspillages ;
- développer de nouveaux outils de prédiction de la qualité ;
- répondre à la demande de produits durables et « clean » reposant sur la conception de nouveaux procédés sans recours aux additifs.

Il s’articule autour de trois axes :

- revisiter les nouvelles technologies pour développer de nouvelles textures ;
- fabriquer des produits sûrs, stables et durables ;
- valoriser les nouveaux outils technologiques.

Un nouvel appel à projets UMT vient d’être lancé.

La date limite de dépôt des projets est fixée au lundi 22 mai 2017.

Cet article a été rédigé à partir de :

UMT Labellisation de 15 UMT, nouvel appel à projet 2017. GIS Relance agronomique. 20 février 2017.

et Développement agricole et rural : réseaux et unités mixtes technologiques. ministère de l’Agriculture, de l’Agro-alimentaire et de la Forêt. 10 avril 2015.



## L'IFIP – Institut du Porc à l'honneur en Chine



COMMUNIQUE DE PRESSE - Février 2017

Lors de la signature au Ministère de l'Agriculture chinois, mercredi 22/02

Dans le cadre du déplacement du Premier Ministre Bernard Cazeneuve les 21 et 22 février en Chine, l'IFIP-Institut du Porc a été mis en avant pour son partenariat innovant avec le Ministère de l'Agriculture Chinois.

Cette collaboration ambitieuse, initiée depuis déjà plusieurs mois avec l'appui du Ministère français de l'Agriculture et de l'Ambassade de France à Pékin, consiste en la **création de modules pédagogiques d'e-learning sur la conduite moderne d'élevage porcin dans le respect des règles de biosécurité.**

La formation constitue un véritable enjeu dans le cadre des orientations politiques chinoises de modernisation de la filière porcine afin de produire mieux en garantissant une plus grande sécurité alimentaire et un plus grand respect de l'environnement.

Les outils innovants développés par l'IFIP à partir de supports numériques attractifs, ludiques et surtout accessibles sur smartphones répondent à cette attente. Les publics cibles, éleveurs, salariés d'élevages, formateurs, étudiants,... représentent plusieurs millions de personnes selon les autorités chinoises. Rappelons que la Chine produit et consomme deux fois plus de porcs que l'Europe.

L'IFIP conforte ainsi sa reconnaissance par les autorités et les entreprises chinoises au vu de l'excellence des résultats des élevages porcins dont il assure l'encadrement depuis plusieurs années.

Le Premier Ministre Bernard Cazeneuve a souligné, lors de son intervention à l'Université Beida de Pékin, que les outils de transfert de connaissances développés par l'IFIP sont une véritable opportunité pour promouvoir le savoir-faire singuliers des entreprises françaises et ainsi accompagner leur développement sur le territoire chinois.

**Pour l'IFIP, outre l'ouverture du marché chinois aux fournisseurs français de l'élevage, l'objectif est de développer la notoriété des savoir faire français en facilitant ainsi la place des viandes et des charcuteries sur le marché chinois.**



Le Premier Ministre Bernard Cazeneuve et Stéphane Gouault, Directeur Développement Marketing à l'IFIP.

### Contact

**Claude Montariol**

Responsable Communication  
[claudemontariol@ifip.asso.fr](mailto:claudemontariol@ifip.asso.fr)  
 01.58.39.39.56

Pièces jointes : texte et photos

Association Loi 1901 - Code APE : 7219Z - SIRET : 775 681 323 00108 - TVA : FR 13 775 681 323



L'ifip est qualifié Institut Technique Agricole et Institut Technique Agro-Industriel

**Siège social et administratif**  
 5, rue Lespagnol  
 75020 Paris  
 ☎ : +33 (0)1 58 39 39 53

**Ifip Maison-Alfort**  
 7, avenue du Général de Gaulle  
 94704 Maison-Alfort Cedex  
 ☎ : +33 (0)1 43 68 57 85

**Ifip Rennes - Le Rheu**  
 La Motte de Vicomte B.P. 35105  
 35651 Le Rheu Cedex  
 ☎ : +33 (0)2 99 60 98 20

**Ifip Toulouse**  
 34, Boulevard de la Gare  
 31500 Toulouse  
 ☎ : +33 (0)5 62 16 61 70

# Méthodes et recherches sur les microorganismes d'intérêt laitier

Sarah CHUZEVILLE, Actalia Produits Laitiers

**Les microorganismes d'intérêt laitier regroupent aussi bien les bactéries (organismes procaryotes) que les levures et moisissures (organismes eucaryotes). On retrouve ces microorganismes naturellement dans les laits crus et l'environnement. L'utilisation et la domestication de ces microorganismes dans un intérêt industriel laitier nécessite la mise en œuvre de recherche afin de développer des méthodes permettant une meilleure compréhension de ces êtres vivants, de leur identité, et leur caractérisation physiologique et moléculaire. Les recherches actuelles tendent également à continuer de développer des méthodes pour l'étude des écosystèmes microbiens laitiers dans leur globalité et les interactions s'y produisant.**

## ABSTRACT

Microorganisms of dairy interest include bacteria (prokaryotic organism) as well as yeasts and molds (eukaryotic organisms). These microorganisms are found naturally in raw milk and in environment. The use and domestication of these microorganisms in a dairy industrial interest require the implementation of research in order to develop methods allowing a better understanding of their identity and their physiological and molecular characteristics. Current research also aims to continue to develop methods for the study of dairy microbial ecosystems as a whole and the study of the interactions occurring in these ecosystems.

L'originalité fromagère française repose sur le savoir-faire dans la mise en œuvre des microorganismes d'intérêt laitier que sont les bactéries mais également les levures et les moisissures. Ce sont ces microorganismes, entre autres, qui confèrent la variété organoleptique des fromages français. Les microorganismes utilisés en qualité de ferments jouent alors un rôle prépondérant dans les bio-industries laitières. Ils sont utilisés pour différentes applications :

(i) Comme outils de transformation de la matière première (lait) dans l'industrie laitière pour la production de fromages, yaourts, crèmes, etc.

(ii) Comme probiotiques dans certains produits alimentaires. L'identification et les caractérisations biochimiques, moléculaires et physiologiques de ces microorganismes d'intérêt laitier sont alors indispensables pour une utilisation performante et sécuritaire en industrie laitière. Des méthodes et projets de recherche sont développés pour lever les verrous scientifiques et techniques encore existants dans les méthodes actuellement utilisées. D'autres travaux ont pour orientation l'obtention de connaissances approfondies en ce qui concerne la compréhension, par les communautés scientifiques et professionnelles, de la composition et de la dynamique des microorganismes au sein des écosystèmes laitiers.

## IDENTIFICATION DE SOUCHES D'INTERET LAITIER

Auparavant, l'identification des souches d'intérêt laitier passait majoritairement par l'étude morphologique (ex : bacilles / coques ; Gram + / Gram - pour les bactéries) des microorganismes et l'analyse de leurs capacités métaboliques (tests biochimiques incluant leur capacité de fermentation des sucres). Ces tests manquant parfois de fiabilité et étant longs

et laborieux à mettre en œuvre, le développement des outils moléculaires d'identification des microorganismes a permis, d'une part, de raccourcir les délais des analyses et, d'autre part, de s'assurer de la robustesse des identifications microbiennes. Le séquençage à haut débit, devenant de plus en plus abordable depuis quelques années, permet d'accéder à un nombre de séquences de génomes microbiens croissant. Le développement de ces méthodes de séquençage a alors révolutionné la recherche fondamentale et appliquée en ce qui concerne la connaissance des microorganismes d'intérêt.

Certaines séquences génétiques, comme celles codant pour le gène de l'ADN ribosomique 16S chez les bactéries ou celles codant pour les espaceurs internes transcrits (ITS) chez les espèces eucaryotes (levures et moisissures), sont conservées chez toutes les espèces microbiennes. Ces séquences présentent néanmoins une variabilité interne en fonction des espèces microbiennes. Il est ainsi possible d'attribuer à un microorganisme non identifié un nom d'espèce par comparaison de sa séquence 16S/ITS aux séquences de souches de référence connues. Ceci nécessite alors que les bases de données de référence soient assez fournies et c'est pourquoi des efforts considérables sont encore mis en œuvre pour continuer à les enrichir. Notamment, le projet Food-Microbiomes (projet financé par l'Agence Nationale de la Recherche et coordonné par l'INRA, ANR-08-ALIA-0007) visait à séquencer le génome de souches d'intérêt laitier encore peu connu. Les génomes de 117 souches d'intérêt laitier ont ainsi été séquencés dans le cadre de ce projet (Almeida et al., 2014).

Il arrive que cette technique d'attribution d'identité ne soit pas suffisante notamment quand deux espèces sont très proches au niveau phylogénétique (ex. *Bifidobacterium*) ou quand deux sous-espèces doivent être discriminées (ex. *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* et *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*). Dans ce cadre-là, l'analyse du génome complet de souches appartenant aux espèces ou sous-espèces à distinguer peut permettre d'identifier des séquences nucléotidiques qui sont spécifiques à chacune. Des amorces nucléotidiques peuvent alors être dessinées et permettre la réalisation de PCR (Polymerisation Chain Reaction) dites « spécifiques ». Des PCR dites « multiplex » sont également disponibles et qui permettent de distinguer simultanément plusieurs espèces proches. ACTALIA Produits laitiers s'est approprié ces outils afin de permettre l'identification avec exactitude de flores d'intérêt. Ces outils sont disponibles entre autres pour les lactobacilles, les streptocoques, les leuconostocs, les bifidobactéries, les pédiocoques et les entérocoques.

## DIVERSITE DES SOUCHES D'INTERET LAITIER

Si les informations génétiques (couplées aux propriétés morphologiques et biochimiques) permettent d'attribuer une identité aux souches bactériennes, il est important d'évaluer la diversité des souches au sein d'une même espèce notamment dans les campagnes de sélection et de mise au point de ferments. Au sein d'une même espèce, les comportements physiologiques (notamment en termes de pouvoir acidifiant, de résistance aux phages, etc.) peuvent être très variés. De manière pratique, le typage moléculaire des souches permet aussi de garantir la non-clonalité des souches utilisées dans l'industrie laitière et ainsi éviter de travailler sur les mêmes clones microbiens. L'étude de la biodiversité inter-espèce permet ainsi de distinguer des souches ayant, a priori, le même profil biochimique. Les méthodes utilisées afin d'étudier la diversité clonale sont variées mais reposent toujours sur le polymorphisme du génome de souches appartenant à une même espèce. Ce polymorphisme est souvent lié à des pressions de sélection dans un environnement donné ou des échanges génétiques avec d'autres souches/espèces. Certaines méthodes sont plus efficaces pour une espèce donnée que pour une autre.

La PFGE (Pulse Field Gel Electrophoresis) permet la caractérisation des isolats en fonction de la présence de séquences spécifiques pouvant être clivées par des enzymes de restriction. La présence de ces séquences est variable d'une souche bactérienne à une autre. Le clivage engendre l'apparition de fragments d'ADN de taille variable en fonction des souches étudiées et qui sont visualisables après séparation par électrophorèse.

La méthode de typage moléculaire par RAPD (Randomly Amplified Polymorphic DNA) consiste, quant à elle, à réaliser une réaction PCR à partir de l'ADN extrait de la souche bactérienne étudiée en utilisant une amorce courte et de séquence arbitraire. L'amorce va s'hybrider chaque fois que se trouvera dans l'ADN une séquence qui lui est complémentaire (ou comportant un nombre limité de mésappariements). L'amplification aura lieu si deux sites d'hybridation sont proches l'un de l'autre et en direction opposée. Si un de ces deux sites est absent au sein d'une autre souche bactérienne, il n'y aura pas d'amplification et un polymorphisme de présence/absence sera observé. Un nombre varié de fragments d'ADN de taille variable seront alors amplifiés par PCR en fonction des souches étudiées. Cette méthode est applicable pour un grand nombre d'espèces bactériennes d'intérêt laitier.

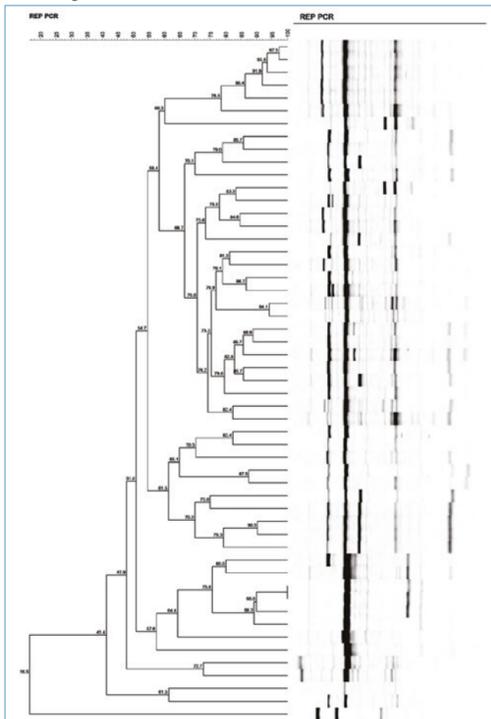
L'étude de la diversité par REP-PCR (Repetitive Extragenic Palindromic Polymerase Chain Reaction) d'un grand nombre d'espèces bactériennes est également possible. Cette technique est basée sur le polymorphisme allélique de parties du génome et la comparaison de ces séquences. Les amorces utilisées pour la réalisation de REP-PCR sont dessinées afin de s'apparier à des séquences répétées réparties dans tout le génome et qui sont, le plus souvent, variables en termes d'absence/présence/localisation d'une souche bactérienne à une autre. Un nombre variable de fragments d'ADN de taille variable seront alors amplifiés par PCR en fonction des souches étudiées (Figure 1, ci-contre).

La MLST (Multi Locus Sequence Type) se base sur la mise en évidence de complexes clonaux, par l'amplification par PCR de 7 gènes de ménage avec des amorces spécifiques (gènes essentiels du métabolisme des souches et présents chez toutes les souches d'une même espèce), le séquençage des amplifiats

obtenus après PCR et la comparaison bioinformatique des séquences. Les gènes étudiés par MLST divergent d'une espèce bactérienne à une autre. Cette technique d'étude de diversité est très fiable (étape de séquençage) mais les amorces à utiliser pour la réalisation des PCR doivent être dessinées pour chacune des espèces étudiées par MLST. Entre autres, des schémas de MLST sont disponibles pour *Enterococcus faecium* (Homan et al., 2002), *Propionibacterium freudenreichii* (Dalmasso et al., 2011) et *Lactobacillus casei* (Bao et al., 2016). Actalia Produits Laitiers a récemment participé à la mise en place d'un nouveau schéma de MLST pour l'étude de *Streptococcus thermophilus* (Delorme et al., 2016).

Les différences entre les profils génétiques des souches obtenus après électrophorèse ou séquençage peuvent ensuite être interprétées pour construire des dendrogrammes permettant de visualiser l'éloignement phylogénétique de souches appartenant à une même espèce.

Il est à noter que les analyses de diversité peuvent également s'avérer très utiles pour déterminer la diversité de souches bactériennes appartenant à certaines espèces d'intérêt dans les produits finis, que celles-ci soient apportées lors de l'introduction de ferments ou par l'environnement (ex. lait cru, environnement de fromagerie).



**FIGURE 1. EXEMPLE D'UN DENDROGRAMME ASSOCIÉ À UNE ANALYSE DE DIVERSITÉ PAR REP-PCR. LE DENDROGRAMME (À GAUCHE) PERMET DE VISUALISER L'ÉLOIGNEMENT PHYLOGÉNÉTIQUE DE 53 SOUCHES ÉTUDIÉES PAR RAPPORT AUX RÉSULTATS DE REP-PCR APRÈS SÉPARATION PAR ÉLECTROPHORÈSE (À DROITE).**

## ACTIVITE PHYSIOLOGIQUE DES MICROORGANISMES D'INTERET LAITIER

L'évaluation de la biodiversité génétique microbienne permet de réduire le panel de souches à étudier pour la détermination d'un critère particulier, notamment dans le cadre du processus de sélection de ferments. Les critères de sélection des ferments sont très variables et sont dépendants de la technologie fromagère mise en œuvre et des qualités organoleptiques attendues. Notamment, l'évaluation de la capacité acidifiante est un critère très important pour la sélection des bactéries lactiques. La variété des produits et des saveurs des fromages français nécessite également la sélection de souches sur d'autres critères particuliers. La capacité de croissance dans les conditions requises (composition en sel, température, etc.), l'activité aspartasique, la production de métabolites secondaires et la capacité à produire du CO2 sont alors souvent évaluées. Actalia Produits Laitiers a également récemment mis au point une méthode appliquée d'évaluation de la capacité autolytique des souches d'intérêt laitier.

Pour la sélection de souches, l'innocuité doit être évaluée. Sur le plan réglementaire, l'utilisation de souches est basée sur l'appartenance à des listes positives pour lesquelles les bactéries sont considérées comme étant sans danger. C'est notamment le cas pour le statut QPS (Qualified Presumption of Safety) au niveau de l'Union Européenne. Un consensus mondial de souches microbiennes utilisées communément dans les fermentations alimentaires a été publié par la Fédération Internationale de Laiterie et l'EFFCA (Bourdichon et al., 2012).

L'innocuité se base aussi sur la recherche de l'absence de gènes d'antibiorésistance et de virulence et l'incapacité à produire des amines biogènes (Bover-Cid and Holzapfel, 1999).

Par ailleurs, les critères de sélection comprennent également l'évaluation de la résistance des souches aux bactériophages (Mc Grath et al., 2007) et de la potentialité des souches à inhiber des flores pathogènes et/ou d'altération. Les travaux concernant la résistance des ferments aux bactériophages ont le plus souvent inclus *Streptococcus thermophilus* et *Lactococcus lactis*. Dans le cadre de l'ANR Lysoplus (ANR-14-CE20-0007), Actalia, avec le support du Centre National Interprofessionnel de l'Economie Laitière (CNIEL), s'est engagé en tant que partenaire pour développer les connaissances concernant les phages attaquant les souches d'intérêt de *Leuconostoc* spp. Actalia s'est également engagé comme partenaire dans le cadre du RMT ACTIA FlorePro (coordination par l'ADIV, <http://www.actia-asso.eu/fiche/rmt-28-florepro.html>) afin de développer des connaissances, à l'interface de la recherche fondamentale et la recherche appliquée, sur la mise en œuvre des procédés de bio-préservation pour une meilleure qualité des aliments. Ceci passe par l'acquisition de connaissances sur les divers modes d'action des microorganismes, tout comme sur les interactions entre les différentes flores constituant les écosystèmes microbiens des produits, en lien avec le procédé, la matrice et son environnement.

## ETUDE DES ECOSYSTEMES MICROBIENS DES PRODUITS LAITIERS

Jusqu'à ce jour, la majorité des travaux sur les écosystèmes microbiens des laits et des fromages a été réalisé grâce à des analyses bactériologiques, dites pasteuriennes. Le développement des méthodes de métagénomique (issues des techniques de séquençage NGS) en recherche fondamentale permet d'ouvrir la voie à des études poussées et appliquées concernant les interactions entre microorganismes se produisant au sein de

matrices complexes. Dans ce contexte, le groupe de travail « *Ecosystème microbiens* » du RMT ACTA Fromages de Terroir tend à utiliser ces méthodes dans le cadre de projets innovants pour l'étude des écosystèmes des fromages au lait cru.

Le projet REDSEL (financement FranceAgriMer) porté par Actalia et avec le partenariat de l'INRA (UMR782, GMPA) a eu pour objectif d'étudier l'impact de la réduction du NaCl et de sa substitution par du KCl sur la composition et la dynamique microbienne dans des fromages à pâte molle et à pâte pressée non cuite. Ce projet avait également comme objectif d'étudier cet impact sur le développement de flores d'altération et leurs interactions avec les flores d'intérêt laitier. Le projet PEI ERASMO (partenariat CERAQ, ENILV, AFTALP et ACTALIA), a actuellement pour vocation de mieux comprendre l'influence des flores nonensemencées (lait cru, saumure, ambiances des ateliers de transformation fromagère, etc) et des modalités d'ensemencement et de transformation sur la composition et la dynamique des écosystèmes des fromages Abundance, Reblochon et Tomme de Savoie. En permettant la description simultanée de l'ensemble des espèces microbiennes présentes dans un écosystème, l'identification de leur fonction respective et leur activité métabolique, les méthodes de métagénomiques ouvrent ainsi de nouvelles perspectives, pour une analyse performante et rapide des interactions entre les microorganismes (bactéries, levures et moisissures) en cours de fabrication ou de l'impact des procédés technologiques sur les écosystèmes.

## RÉFÉRENCES

- Almeida, M., Hébert, A., Abraham, A.-L., Rasmussen, S., Monnet, C., Pons, N., Delbès, C., Loux, V., Batto, J.-M., Leonard, P., et al. (2014). Construction of a dairy microbial genome catalog opens new perspectives for the metagenomic analysis of dairy fermented products. *BMC Genomics* 15.
- Bao, Q., Song, Y., Xu, H., Yu, J., Zhang, W., Menghe, B., Zhang, H., and Sun, Z. (2016). Multilocus sequence typing of *Lactobacillus casei* isolates from naturally fermented foods in China and Mongolia. *J. Dairy Sci.* 99, 5202–5213.
- Bourdichon, F., Casaregola, S., Farrokh, C., Frisvad, J.C., Gerds, M.L., Hammes, W.P., Harnett, J., Huys, G., Laulund, S., Ouwehand, A., et al. (2012). Food fermentations: microorganisms with technological beneficial use. *Int. J. Food Microbiol.* 154, 87–97.
- Bover-Cid, S., and Holzapfel, W.H. (1999). Improved screening procedure for biogenic amine production by lactic acid bacteria. *Int. J. Food Microbiol.* 53, 33–41.
- Dalmasso, M., Nicolas, P., Falentin, H., Valence, F., Tanskanen, J., Jatila, H., Salusjärvi, T., and Thierry, A. (2011). Multilocus sequence typing of *Propionibacterium freudenreichii*. *Int. J. Food Microbiol.* 145, 113–120.
- Delorme, C., Legravet, N., Jamet, E., Hoarau, C., Alexandre, B., El-Sharoud, W.M., Darwish, M.S., and Renault, P. (2016). Study of *Streptococcus thermophilus* population on a world-wide and historical collection by a new MLST scheme. *Int. J. Food Microbiol.* 242, 70–81.
- Homan, W.L., Tribe, D., Poznanski, S., Li, M., Hogg, G., Spalburg, E., Van Embden, J.D.A., and Willems, R.J.L. (2002). Multilocus sequence typing scheme for *Enterococcus faecium*. *J. Clin. Microbiol.* 40, 1963–1971.
- Mc Grath, S., Fitzgerald, G.F., and van Sinderen, D. (2007). Bacteriophages in dairy products: pros and cons. *Biotechnol. J.* 2, 450–455.

# Actalia et la sécurité microbiologique des aliments

Valérie MICHEL et Bernard PICOCHÉ, Actalia

Dans cet article, ACTALIA présente des expertises originales en sécurité microbiologique des aliments. Ces expertises, développées dans le cadre de collaborations avec des laboratoires publics réferents dans le cadre d'UMT coordonnées par l'ACTIA, sont ensuite transférées au monde professionnel. Les dangers biologiques abordés dans cet article concernent *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, *E.coli STEC*, *Bacillus cereus* pour les bactéries mais aussi les virus entériques et les parasites protozoaires. Les travaux décrits concernent la mise au point de méthodes de laboratoire mais aussi des études de prévalence, d'appréciation quantitative de l'exposition ou des risques (AQE et AQR) et enfin la qualification de l'efficacité microbicide des procédés et du nettoyage- désinfection dans le cadre d'une nouvelle plateforme confinée P3 unique en Europe.

## ABSTRACT

In this article, ACTALIA presents its original expertises in microbiological food safety. These expertises, developed within the framework of collaborations with reference public laboratories and the framework of UMT (technological unit) coordinated by ACTIA, are then transferred to the professional field. The biological hazards discussed in this article concern : *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, *E. coli STEC*, *Bacillus cereus* (for bacteria) but also enteric viruses and protozoan parasites. The work described is related to the development of laboratory methods as well as prevalence studies, quantitative assessment of exposure or risks (AQE and AQR) and finally the qualification of the microbicidal effectiveness of processes and cleaning-disinfection as part of a new and unique P3 confined platform in Europe.

## I – ACTALIA : PREMIER CENTRE TECHNIQUE FRANÇAIS

ACTALIA, fruit de la fusion, en Mai 2013, d'ACTILAIT (institut technique agro-industriel de la filière laitière) et d'ADRIA NORMANDIE (institut technique agro-industriel transversal), propose une expertise large et singulière en sécurité des aliments. Cet article présente les orientations thématiques majeures en sécurité microbiologique des aliments ; d'autres expertises en sécurité sanitaire, notamment sur les dangers liés aux résidus de biocides et aux allergènes en lien avec les bonnes pratiques de nettoyage et désinfection, ne sont pas abordées dans cet article.

Le métier d'ACTALIA est de développer des compétences scientifiques et techniques pointues avec des laboratoires académiques amont (ANSES, CNRS, INRA, Universités.....) dans le cadre de partenariats de recherche (projets de recherche nationaux et européens, UMT\* financés par la DGER du Ministère de l'Agriculture.....) afin de les transférer au monde professionnel agro-alimentaire.

\*UMT : Unité Mixte Technologique : Partenariat de 5 ans entre un laboratoire académique et un centre technique. Les UMT sont coordonnées par l'ACTIA (Association de Coordination Technique pour l'Industrie Agro-alimentaire) et sont au nombre de 16 au plan national ([www.actia.fr](http://www.actia.fr))

Dans le domaine de la sécurité des aliments, ACTALIA est présente dans 3 UMT :

ARMADA :

Application de la recherche à la maîtrise des dangers dans les aliments (*E.coli* producteurs de shiga-toxines, *Bacillus cereus*, épidémiologie de *Salmonella enteritidis* et *Listeria monocytogenes*). (Laboratoire d'accueil : LSA, ANSES de Maisons-Alfort)

## PROTORISK :

Maîtrise du danger lié aux parasites protozoaires dans les aliments. (Laboratoire d'accueil : EA 3800 de l'Université de Champagne-Ardenne)

## VIROcontrol :

Maîtrise du danger lié aux virus entériques dans les aliments. (Laboratoire d'accueil : LCPME : UMR 7564, CNRS - Université de Lorraine)

Les expertises de ces 3 UMT seront développées plus en détail dans la suite de cet article.

Outre ces 3 UMT, ACTALIA propose des expertises originales pour répondre à l'évolution des besoins professionnels en sécurité sanitaire des aliments. Cet article, non exhaustif, présente :

- Les outils au service de l'analyse quantitative de l'exposition ou des risques, basée sur l'utilisation de microbiologie prévisionnelle.
- La plateforme technologique confinée P3 permettant de qualifier l'efficacité microbicide des technologies de transformation des aliments et des procédures de Nettoyage et Désinfection.

## Pourquoi la sécurité microbiologique des aliments reste-t-elle d'actualité ?

La sécurité sanitaire est un pré-requis pour l'agro-alimentaire. Même si le niveau de maîtrise de la sécurité microbiologique en France est l'un des plus performants au niveau européen et international, il convient de rester vigilant pour plusieurs raisons, par exemple :

- La mondialisation des échanges des matières premières peut réintroduire des pathologies dont la prévalence était faible sur le territoire français (ex : alertes sanitaires récurrentes au virus de l'Hépatite A (VHA) dans les fruits rouges importés d'Asie)
- La performance des outils de diagnostic de laboratoire va croissante et le développement de nouvelles méthodes permet la détection et la quantification de pathogènes non détectables par le passé (ex : parasites protozoaires dans les végétaux)

Aussi, ACTALIA, dans le cadre de sa stratégie de développement, s'attache aux dangers biologiques connus (*Listeria monocytogenes* ou *Salmonella* par exemple) et a souhaité développer une expertise sur des dangers nouveaux ou émergents (*E.coli* STEC, virus et parasites par exemple) dans le cadre des UMT.

## II – LES UMT ACTALIA EN SECURITE MICROBIOLOGIQUE DES ALIMENTS

### II.1 – UMT ACTIA VIRControl

#### Contexte

Depuis une dizaine d'années les norovirus humains appartenant aux génogroupes GI / GII et le Virus de l'Hépatite A (VHA), respectivement responsables de gastro-entérites aigües et d'hépatites

infectieuses, présentent le plus fort impact épidémiologique d'origine alimentaire. En 2014, la proportion d'épidémies causées en Europe par ces virus entériques a augmenté par rapport à l'année précédente, passant de 18,1% à 20,4% (EFSA, 2016). Ces virus entériques occupent même la 1<sup>re</sup> place en Europe (20,4%) et aux Etats-Unis (33%) des agents pathogènes répertoriés dans les Toxi-Infections Alimentaires Collectives (TIAC) en 2014 (EFSA, 2016 ; CDC, 2016). Plus récemment, un 3<sup>ème</sup> virus entérique est suivi avec vigilance dans les pays industrialisés. Il s'agit du Virus de l'Hépatite E (VHE) car le nombre de cas d'hépatite E diagnostiqués est croissant depuis 2002 (Anses, 2010).

Il est désormais bien établi que les TIAC liées à la consommation de coquillages vivants (huîtres, moules, coques, palourdes surtout) ou de végétaux frais ou surgelés (fruits rouges, salades, herbes aromatiques surtout) sont majoritairement d'origine virale (e.g. norovirus et VHA) (EFSA, 2016 ; CDC, 2016 ; Vaillant *et al.*, 2012 ; Severi *et al.*, 2015). Pour le VHE, les principaux aliments incriminés dans les TIAC sont surtout les préparations et les produits crus ou peu cuits d'origine porcine (e.g. figatelles, jambons crus et/ou secs, etc.) (Anses, 2010 ; Ruggeri *et al.*, 2013 ; Pavió *et al.*, 2015).

C'est ainsi que le risque viral dans les aliments ou l'eau n'est plus considéré comme un risque émergent mais plutôt comme un risque avéré au regard des données de surveillance épidémiologique et des alertes sanitaires diffusées par l'Institut national de Veille Sanitaire (InVS), le réseau européen « Rapid Alert System for Food and Feed » (RASFF) ou la revue Eurosurveillance.

La surveillance et la gestion du risque viral dans les aliments (traités ou non) sont une préoccupation de santé publique majeure et représentent un enjeu économique important pour les filières de production à risque (conchylicole, végétaux frais et transformés, filière porcine).

#### Démarche

Cette UMT s'est déroulée de 2011 à 2016 en partenariat avec le LCPME (UMR 7564, CNRS - Université de Lorraine) basé à Nancy et vient d'être prolongée pour une durée de 5 ans (2017-2021). Elle a permis d'obtenir des nombreux résultats dans 3 axes définis :

- *Axe 1 : Simplification et amélioration des performances des méthodes d'extraction des virus entériques*

En vue d'établir des normes standardisées et de proposer des critères virologique robustes, le CEN (Comité Européen de Normalisation) a diffusé en 2013 des procédures harmonisées d'extraction et de détection du génome des norovirus (GI et GII) et du virus de l'hépatite A (VHA) par RT-qPCR dans les aliments à risque (végétaux, mollusques bivalves.....).

Il s'agit de la norme ISO/TS 15216 (1-2) (2013) dont la version définitive sera publiée en 2017. Le premier travail réalisé dans cette UMT a consisté à rendre l'analyse moins coûteuse afin de la rendre plus accessible aux professionnels en utilisant la méthode dite de lyse directe et publiée par Perrin *et al.* (2015).

Le second travail réalisé dans cette UMT a consisté à réaliser des études de prévalence de ces virus entériques sur des produits vulnérables en lien avec des interprofessions (produits végétaux) afin de fournir des données de monitoring à la FCD (Fédération du Commerce et de la Distribution) qui a intégré en 2015 les norovirus et le VHA dans ses critères d'hygiène et de procédés pour les marques de distributeurs, les marques premiers prix et les matières premières dans leur conditionnement initial.

- *Axe 2 : Caractérisation du danger infectieux associé à une détection pointue en RT-qPCR*

La présence de génome viral dans les aliments est très délicate à interpréter en termes de danger viral car aucune information sur

le caractère infectieux des virus détectés n'est donnée dans les approches prospectives (e.g. plans de surveillance ou de contrôle). Les données de la littérature démontrent que le génome viral persiste plus longtemps que le caractère infectieux (e.g. capside et génome intégrés) dans l'environnement et lorsque le virus est soumis à des traitements de désinfection (Gassilloud *et al.* 2003).

Comme les norovirus humains et les souches environnementales du VHA ne sont pas cultivables en routine *in vitro*, il n'est pas possible de déterminer leur caractère infectieux. Par conséquent, la recherche routinière du génome de ces virus dans les approches prospectives conduit à une surestimation du danger viral dans les aliments en entraînant le retrait (ou le rappel) potentiellement injustifié des lots du marché par application du principe de précaution. Ce phénomène s'est déjà largement répandu en Europe depuis la diffusion de l'ISO/TS 15216 en 2013 et des critères microbiologiques diffusés par la FCD en 2015.

Les résultats obtenus ont permis l'identification des clés moléculaires impliquées dans les mécanismes d'infectivité virale qui permettront de développer des méthodologies pertinentes, pour in fine, permettre la discrimination des virus infectieux et non infectieux dans les aliments à risque. Ce travail sera poursuivi et finalisé dans le cadre de la prochaine UMT VIROcontrol (2017-2021).

- *Axe 3 : Evaluation et détermination de l'efficacité virale des traitements technologiques*

L'application des traitements ou des procédés de décontamination des aliments a pour intérêt d'inactiver les particules virales infectieuses en altérant la capside et/ou le génome du virus pour empêcher le cycle viral de se mettre en place et rendre ainsi le virus non infectieux. Comme les norovirus humains et les souches environnementales du VHA ne sont pas cultivables en routine en laboratoire, il est indispensable de disposer de modèles viraux cultivables représentatifs de ces virus entériques pathogènes. Les travaux réalisés ont permis de qualifier à l'échelle laboratoire différents procédés usuels (traitement thermique) et innovants (ozone, hautes pressions hydrostatiques) vis-à-vis du danger viral en utilisant des virus modèles appropriés que sont les bactériophages entériques.

La poursuite de cette UMT VIROcontrol (2017/2021) concernera la mise au point d'outils de validation des stratégies industrielles pour la décontamination virale des matières premières vulnérables. Différents procédés ou traitements seront étudiés pour évaluer leurs niveaux d'efficacité dans des conditions représentatives des contraintes industrielles.

Les travaux réalisés et en cours font l'objet de nombreuses publications scientifiques (revues internationales à comité de lecture) et techniques (journées d'informations, réunions interprofessionnelles).

#### II.2 – UMT ACTIA PROTORISK

##### Contexte

Selon le dernier rapport de l'EFSA-ECDC (EFSA journal 2016), 5251 épidémies d'origine alimentaire ont été rapportées en 2014 en Europe. Parmi les agents étiologiques impliqués, les parasites se classent en 8<sup>ème</sup> position avec 33 épidémies d'origine alimentaire et hydrique rapportées (0,63% - 342 cas humains). Cependant, cette position est sans doute sous-estimée, étant donné que pour un très grand nombre d'épidémies alimentaires, l'agent n'est pas identifié (29,2%). De plus, les modifications des habitudes alimentaires (préférence pour des aliments frais/peu transformés, mondialisation du commerce alimentaire), du climat et des pratiques agricoles, et l'augmentation du nombre de personnes à risque (seniors,

immunodéprimés), sont des facteurs qui contribuent à l'émergence des maladies parasitaires d'origine alimentaire ces dernières années (Broglia and Kapel, 2011). Dans ce contexte, un rapport de l'OMS et de la FAO, publié en 2014, classe *Toxoplasma gondii* en première position des parasites protozoaires à considérer dans le domaine alimentaire, suivi de *Cryptosporidium spp* et *Giardia duodenalis* (FAO/WHO, 2014).

Les formes environnementales (oocystes, kystes) de ces protozoaires, excrétées en très grande quantité par les hôtes infectés, sont très robustes, ce qui favorise leur survie pendant de longues périodes dans des environnements favorables (30 jours à 4,5 ans selon le parasite et conditions : Kniel *et al.* 2002 ; Lélou *et al.* 2012). Les eaux et les sols peuvent alors être contaminés par infiltration et lessivage (Palos Ladeiro *et al.* 2013), rendant vulnérables les végétaux et les mollusques au moment de leur production primaire. Aucune réglementation n'impose à l'heure actuelle, la recherche de *Cryptosporidium spp*, *Giardia duodenalis* et *Toxoplasma gondii* dans les matrices alimentaires, la raison principale étant l'absence de méthodes d'analyses standardisées. Cependant, ces protozoaires entrent parfaitement dans le cadre réglementaire de l'article 14 du règlement CE n° 178/2002 (section 4), qui est à la base du Paquet Hygiène en vigueur depuis 2006 au niveau européen.

De plus, une norme pour la détection/quantification des kystes de *Giardia duodenalis* et des oocystes de *Cryptosporidium spp* dans les végétaux à feuilles vertes et fruits rouges à baies, a récemment été publiée (NF EN ISO 18744). Par ailleurs, l'ANSES demande aux professionnels concernés d'intégrer ces dangers dans leur GBPH (Guide de Bonnes Pratiques Hygiéniques)

#### Démarche

Cette UMT se déroule de 2015 à 2020 en partenariat avec l'EA 3800 de l'Université de Champagne-Ardenne située à Reims. Elle est structurée autour de 3 axes :

- *Axe 1 : Développement méthodologique*

Cet axe central a pour objectif de proposer des méthodes moléculaires d'analyses rapides, performantes et économiquement intéressantes.

Les matrices ciblées sont les végétaux et les mollusques en raison de leur exposition à la contamination environnementale au moment de leur production primaire et les développements portent sur l'extraction des matrices et les méthodes moléculaires de détection, quantification et caractérisation (génotypage et viabilité).

- *Axe 2 : Evaluation et caractérisation de l'exposition au danger protozoaire*

Des études de prévalence dans les matières premières (végétaux et coquillages) sont menées en parallèle de travaux visant à caractériser les facteurs de risque de contamination, dans le but d'établir des protocoles de gestion/maîtrise du risque protozoaire.

- *Axe 3 : Qualification des procédés industriels*

Cet axe a pour objectif de déterminer les performances de procédés usuels ou innovants utilisés en industries alimentaires en termes de réduction de charge en parasites protozoaires et d'inactivation (réduction de la viabilité). Les procédés étudiés sont les hautes pressions, la chloration, l'ozone, la surgélation pour en citer quelques uns.

Les travaux réalisés et en cours font l'objet de publications scientifiques (revues internationales à comité de lecture) et techniques (journées d'informations, revues interprofessionnelles).

#### II.2 – UMT ACTIA ARMADA

##### Contexte et objectifs

La caractérisation de 74 souches d'*E. coli* STEC O26 H11 de l'UMT Armada s'est construite dans un contexte de mise en place des règlements du « Paquet Hygiène » dans le but d'apporter un soutien technique et scientifique aux différents acteurs de la filière

alimentaire (professionnels, service de contrôle). Pour cela, les organismes assurant l'expertise auprès des acteurs publics (Anses) et privés (ITAI) doivent disposer d'outils et de méthodes comparables et travailler en complémentarité.

Ainsi au sein de cette UMT, l'Anses, via le Laboratoire de Sécurité des Aliments de Maisons-Alfort et, l'ACTIA au travers de deux centres techniques partenaires (ACTALIA (Unité Produits Laitiers) et l'Ifip) ont initié des actions de développement, de transfert de connaissance et d'expertise selon deux objectifs :

- améliorer et transférer les outils de détection-caractérisation des dangers microbiologiques des aliments en tenant compte des contraintes associées à la diversité des matrices alimentaires et à la variabilité des agents concernés, ainsi qu'à leur faisabilité technico-économique pour des utilisations en routine ;
- adapter et transférer les méthodologies permettant d'apprécier la fiabilité sanitaire des processus de fabrication des aliments, afin d'anticiper les étapes à risque et améliorer les procédés en conséquence.

Ces deux objectifs principaux de l'UMT ARMADA ont été déclinés autour des trois sujets (nommés «actions») considérés comme prioritaires :

- Développement et transfert de méthodes d'évaluation de la pathogénicité «réelle» des souches de STEC isolées de produits (*E. coli* O157:H7, O26, O103 ...) au travers de l'étude du principal facteur de virulence : polymorphisme et mobilité génétique des gènes stx,
- Actions de développement, de transfert de connaissance et d'expertise sur le danger lié aux toxines bactériennes et plus particulièrement aux toxines de *Bacillus cereus*,
- Optimisation de la surveillance nationale de *Salmonella* et de *Listeria monocytogenes* par la mise en commun des données de typage caractérisant les souches isolées de la chaîne alimentaire et collectées aujourd'hui parallèlement par l'Anses (bases nationales multi-filières) et les centres techniques via les professionnels (bases spécifiques de filière).

#### Principaux résultats obtenus

*Axe 1: Evaluation de la pathogénicité «réelle» des souches de STEC isolées de produits au travers de l'étude du principal facteur de virulence: polymorphisme et mobilité génétiques des gènes stx*

Les *Escherichia coli* producteurs de shiga-toxines (STEC) restent au cœur des problématiques actuelles des filières agro-alimentaires et en particulier, de la filière des produits laitiers fabriqués à partir de lait cru et de la filière viande. Si les facteurs de pathogénicité de ce sous-groupe d'*E.coli* sont nombreux et pour certains encore mal connus, la shiga-toxine en est l'un des éléments majeurs, responsable de la destruction des cellules intestinales. Les gènes codant les toxines Stx sont portés par des éléments génétiques mobiles, les bactériophages, qui, du fait de leur capacité à se transmettre au sein des *E. coli*, peuvent-être à l'origine de l'émergence de nouveaux clones de STEC pathogènes. La mobilité des phages porteurs de gènes *stx* peut également conduire à un diagnostic erroné si une souche STEC perd son phage lors de l'étape d'isolement.

L'un des objectifs majeurs de ce projet était d'améliorer la connaissance du polymorphisme des gènes *stx* (i.e. relation avec la virulence) et des mécanismes conduisant à leur mobilité (i.e. dissémination des gènes *stx* dans les aliments et les environnements de production, impact des procédés, impact sur le diagnostic), en vue d'améliorer l'évaluation des risques associés.

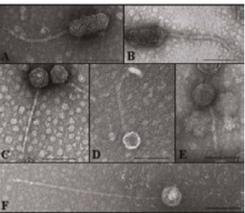
La caractérisation de 74 souches d'*E. coli* STEC O26 H11 de différentes origines a montré que les souches d'origine laitière possédaient quelques particularités, dont celle de porter majoritairement le sous-type Stx1a (pour 88% des souches) et de

se distinguer du panel de souches humaines par l'absence de phage Stx2a intégré dans wrbA ou yecE, profil retrouvé chez les souches humaines testées.

Par contre, lors de tests d'induction à la mytomycine C, aucune différence de niveaux d'induction n'a pu être mise en évidence selon l'origine des souches et selon le site d'insertion du phage Stx.

Néanmoins, le niveau d'induction des phages Stx1 est plus faible que celui du phage Stx2, confortant l'idée sur les souches possédant un phage Stx1 sont moins virulentes que celles possédant un phage Stx2. L'induction des phages Stx peut être engendrée *in vitro* lors d'un stress salin ou oxydatif mais semble très limitée in vivo au cours de la transformation de fromages à Pate Pressée Non Cuite, technologie pourtant permissive pour la croissance de ces bactéries. Par ailleurs, la recherche de phages Stx libres dans les environnements d'ateliers laitiers n'a pas permis d'y mettre en évidence de quantité significative. Enfin, les expériences d'infection de souches AEEC par des phages Stx montrent que si le contact bactérie AECC/phase conduit à la lyse de près de 54% des souches testées, la lysogénie (intégration du phage dans le chromosome) est un phénomène très limité pour les souches de terrain (en comparaison de souches de référence *E. coli* K12).

Les résultats obtenus au cours de cette action ont sans contexte permis d'améliorer le niveau de connaissances portant sur les phages codant pour la shiga-toxine Stx, le focus étant mis sur les STEC du sérotype O26 H11. Ils ont été valorisés via 4 publications scientifiques. D'un point de vue opérationnel, ces travaux ont été régulièrement présentés aux professionnels laitiers, pour les informer des caractéristiques des souches laitières. Le portage préférentiel du sous-type Stx1, moins inductible que le phage Stx2, l'absence apparente de dissémination des phages Stx dans les produits ou les ateliers sont des éléments rassurants. Ils n'ocultent pas le besoin de maîtrise de ce pathogène, maîtrise qui peut être aidée par les méthodologies analytiques mises en place au cours de l'UMT, à l'exemple de la méthode de quantification des phages libres.



**FIGURE 1**  
OBSERVATION AU MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE À TRANSMISSION (MET) DE PARTICULES DE PHAGES STX ISSUES DE STEC O26:H11. (BARRÉ = 100 NM)

#### Axe II : Toxines bactériennes de *Bacillus cereus*

Les travaux concernant les toxines bactériennes ont été focalisés sur celles de *Bacillus cereus* (Bc) afin de répondre à un questionnaire émergent notamment de la filière laitière. Bc est, depuis 2011, la 2<sup>ème</sup> cause de toxi-infections alimentaires collectives (TIAC) d'origine bactérienne en France. Ce micro-organisme est à l'origine de deux types de pathologie :

i) une intoxication caractérisée par des symptômes diarrhéiques due à l'ingestion de cellules ou de spores produisant des entérotoxines dans l'intestin grêle ;

ii) une intoxication caractérisée par des symptômes émetiques due à une toxine préformée dans les aliments, le céréulide.

Dans ce contexte, il a été proposé de mettre en place et d'évaluer des méthodes de caractérisation des souches de Bc et de détermination quantitative du céréulide dans le but d'améliorer :

- i) les connaissances scientifique et technologique,

ii) de transférer aux acteurs de la sécurité sanitaire des outils efficaces pour le suivi et le contrôle, iii) d'améliorer l'étiologie des TIAC de type gastro-intestinal d'origine bactérienne difficilement différenciables d'un point de vue clinique (*Staphylococcus aureus* / *Clostridium perfringens* / Bc) et d'évaluer leur prévalence.

L'étude de souches isolées de TIAC survenues en France de 2007 à 2014 a permis de compléter et mettre en place un schéma de caractérisation approfondi des souches de Bc isolées de TIAC, comprenant une caractérisation phénotypique et génotypique et un typage moléculaire des souches. Ce schéma a été appliqué à la caractérisation des souches isolées à l'hôpital (patients et environnement) et de produits laitiers. Ce schéma pourra être également appliqué dans le cadre d'études de souches issues de diverses matrices alimentaires lors d'autocontrôles. Par ailleurs, cette étude, la plus approfondie sur des souches de Bc isolées de toxi-infections alimentaires à ce jour, corrobore et complète les données précédemment publiées. Néanmoins, il a été souligné que d'autres facteurs de virulence pourraient être impliqués dans la pathogénicité et que le niveau de production de ces facteurs pourrait jouer un rôle majeur dans la détermination du potentiel pathogène des souches. Aussi une étude exploratoire de l'expression transcriptomique des ARNm par RNAseq pouvant permettre de caractériser les souches pathogènes de Bc, en particulier celles impliquées dans le syndrome diarrhéique, a été menée. Il en ressort que les souches non pathogènes étudiées ne clusteraient pas avec les souches pathogènes et 36 marqueurs ont été identifiés, par leur présence ou leur surexpression, comme pouvant être de bons candidats pour différencier les souches pathogènes. Leurs fonctionnalités vont donc être testées dans un projet à venir. L'étude des souches d'origine clinique de *B. cereus* a permis de montrer que ce pathogène, considéré comme opportuniste, ne doit pas être négligé en hôpital et qu'un traitement plus approprié permettrait de diminuer le risque d'infections graves et la mortalité.

Les méthodes de détection et quantification du céréulide ont été développées pour deux types de matrice, matrices amlaycées et produits laitiers. Elles ont été validées et sont désormais appliquées lors de la caractérisation d'épisodes toxiques de type émetiques impliquant Bc. Il est désormais prévu d'étendre le périmètre de validation à d'autres matrices ou, via le couplage à d'autres méthodes analytiques, à l'analyse des iso-céréulides.

#### Axe III : Réseau d'épidémiologie-surveillance de *Salmonella enterica* et *Listeria monocytogenes*

Cette action portait sur ces deux pathogènes majeurs d'intérêt en santé publique, dont la détection est soumise à la réglementation CE n°2073/2005. Il est issu de la volonté partagée entre l'Anses et les centres techniques (et plus particulièrement de l'Ifip) de faciliter la surveillance de ces deux dangers et de l'optimiser via deux axes de travail :

- 1/ la création de bases de données nationales (mise en commun des données de typage caractérisant les souches isolées de la chaîne alimentaire et collectées aujourd'hui parallèlement par l'Anses (bases nationales multi-filières) et les centres techniques via les professionnels (bases spécifiques de filière));
- 2/ le transfert aux centres techniques des méthodes moléculaires de caractérisation alternative à la technique d'électrophorèse en champs pulsés (EPGFE), technique de référence au niveau international en épidémiologie pour *Salmonella* et *Listeria monocytogenes*.

Les travaux menés ont permis des avancées que l'on peut qualifier de majeures dans la structuration de la surveillance de *Salmonella enterica* et *Listeria monocytogenes*, entre autorité de surveillance

alimentaire (Anses) et les ITAI. Ils ont ainsi permis :  
1/ de fortement améliorer les performances de type PFGE des laboratoires partenaires et participant, (5 essais inter-laboratoires organisés et ouverts à d'autres laboratoires ITAI ou Anses que ceux partenaires de l'UMT).

2/ l'obtention de deux BDD partagées fonctionnelles, connectées aux bases EFSA pour une surveillance intégrée de *L. monocytogenes* et *Salmonella*.

A titre d'exemple, en septembre 2016, la base de données sur *Listeria monocytogenes* de l'UMT ARMADA rassemble près de 1600 profils moléculaires (PFGE) combinés générés avec les enzymes de restriction AscI et ApaI. Le typage par MLST a été réalisé pour 167 souches dans 167 pulsotypes combinés différents et mis à la disposition des utilisateurs. Les souches se répartissent par origine alimentaire : produits carnés (524 souches dont 241 isolées de produits à base de porc), produits laitiers (189 souches), produits de la pêche (179 souches), produits composés (213 souches), végétaux (59 souches), prélèvements animaux et environnementaux non-alimentaires (45 souches).

A la même époque, la base des données SalmNet de l'UMT-ARMADA compilait 190 profils PFGE Xbal correspondant à 21 sérovars parmi les plus fréquemment isolés de la chaîne alimentaire.

Parmi les sérovars présents dans cette base de données, figurent :

- les 6 sérovars de *Salmonella* considérés comme étant d'importance pour la santé publique en vertu des règlements de l'Union Européenne (les sérovars réglementés) : Typhimurium, Infantis, Virchow, Hadar, Enteritidis et Kentucky ;

- le variant monophasique de Typhimurium: S:4, [5], 12: i: - ;

- différents sérovars parmi les 5 les plus fréquemment isolés en France (Sentenberg, Mbandaka, Kedougou, Derby et Dublin) et d'autres fournis par les centres techniques partenaires.

A noter qu'une charte d'utilisation de ces bases de données régit les conditions d'alimentation de la base de données par l'utilisateur et les conditions de mise à disposition des données de la base par l'Anses. La propriété et la confidentialité des données y sont également précisées.

3/ le développement d'outils de typage MLVA plus discriminant pour les sérovars d'intérêt de *Salmonella* dans les filières lait et porc. Basé sur un protocole standardisé au niveau européen, un protocole de typage par MLVA pour *S. Typhimurium* et son variant monophasique a été mis en place. Deux autres protocoles MLVA ont ensuite été développées pour les sérovars *S. Dublin* et *S. Derby*.

L'ensemble de ces travaux ont largement été valorisés au niveau national et international, aussi bien dans la presse nationale spécialisée que dans des congrès scientifiques.

A la suite de cette UMT, un nouveau projet d'UMT (2017-2021) a été déposé. Il vise à :

- développer et rendre accessibles les procédures de traitement de l'information génomique globale (WGS) des dangers microbiens alimentaires afin d'en renforcer la surveillance et la prévention via l'utilisation de bases de données partagées entre opérateurs des filières agro-alimentaires et organismes de surveillance

- Valoriser les informations génétiques générées pour définir les marqueurs appropriés permettant de renforcer l'investigation et l'intervention lors des crises sanitaires.

Ces actions seront menées sur deux pathogènes majeurs des aliments en France, *Salmonella enterica* et *Listeria monocytogenes*.

### III des OUTILS UNIQUES POUR LA MAITRISE DE LA SECURITE MICROBIOLOGIQUE DES ALIMENTS

#### III.1 – De la microbiologie prévisionnelle à l'Analyse Quantitative des Risques (AQR)

La microbiologie prévisionnelle consiste, comme son nom l'indique, à utiliser des modèles mathématiques pour prévoir le comportement des microorganismes en fonction des caractéristiques environnementales dans lesquelles il se trouve. Ces caractéristiques sont par exemple, la température, le pH, l'aw de l'aliment, la présence de conservateurs... Différents logiciels de microbiologie prévisionnelle ont été développés (Tenenhaus et Ellouze, 2015), couvrant diverses situations d'application. Ces logiciels sont des outils d'aide à la décision qui doivent avoir été validés, la validation étant généralement basée sur des articles scientifiques. Ils peuvent être utilisés comme outils d'aide à la décision dans l'appréciation de l'efficacité des mesures de maîtrise (impact d'un traitement thermique, conditions de conservation servant à déterminer une DLC....). Parmi ces logiciels, citons Sym'Previus ([www.symprevius.eu](http://www.symprevius.eu)), outil d'expertise français, développé à l'initiative des Ministères chargés de l'Agriculture et de la Recherche. C'est un système d'aide à l'expertise dans le domaine de la sécurité et de la salubrité des aliments, fondé sur des données obtenues sur matrices alimentaires et utilisant un outil de calcul probabiliste.

La microbiologie prévisionnelle est également utilisée dans les démarches d'Appréciation Quantitative du Risque (AQR). Ces démarches servent de fondements à la sécurité des aliments au niveau mondial (Accord SPS, codex Alimentarius, règlement CE n°178/2002) pour le choix des critères microbiologiques ou chimiques pour garantir la sécurité des aliments. A travers ses différentes étapes (identification du danger, caractérisation du danger, évaluation de l'exposition et caractérisation du risque), l'AQR est une démarche scientifique pour la définition de ces critères.

En modélisant l'ensemble du devenir d'un danger au cours du procédé de transformation alimentaire, il est possible de simuler sa prévalence et le niveau atteint dans un aliment à divers étapes de la fabrication ou, in fine, au moment de sa consommation. Cette démarche constitue l'Appréciation Quantitative de l'Exposition (AQE), une des étapes de l'Analyse Quantitative du Risque (AQR), le passage de l'exposition au risque nécessitant de disposer d'informations de consommation et de dose-réponse. Si des modèles AQR ou AQE ont été développés et sont disponibles dans la littérature pour quelques couples «pathogènes/aliments» (à l'exemple de *Listeria monocytogenes* dans le saumon fumé [Pouillot et al, 2007] ou en fromage à pâte molle [Tenenhaus et al., 2013]), la complexité de ces démarches les rendent bien souvent difficilement accessibles aux entreprises. En France, la filière laitière, à travers le soutien et l'investissement de son interprofession (Cniel) a initié depuis plus d'une dizaine d'années, la formalisation et le déploiement de cette démarche pour la rendre disponible aux entreprises laitières. Après une dizaine d'années, ce travail de transfert est opérationnel : il se traduit notamment par la mise à disposition pour les entreprises d'une interface web sécurisée d'utilisation du modèle AQE spécifique à leurs situations de production. Les informations obtenues permettent de simuler l'impact de mesures de maîtrise (ex niveau de contamination de la matière première, modifications de paramètres de fabrication et de conservation, plan d'échantillonnage...) sur la contamination des produits à diverses étapes de fabrication ou en fin de conservation. Ce type de démarche est en cours de déploiement dans d'autres filières agro-alimentaires (conserves, porc), des outils visant à faciliter cette approche étant travaillés au sein du RMT ACTIA QUALIMA (<http://www.actia-asso.eu/fiche/rmt-75-qualima.html>).

#### III.2 – Une plateforme technologique confinée P3 unique en Europe

ACTALIA est, au plan national, un centre référent en sécurité

microbiologique des aliments. Cette reconnaissance a été acquise de par la réalisation de nombreux projets de recherche publique avec des laboratoires académiques référents (Anses, CNRS, INRA, Universités...) tant sur les produits laitiers que sur les produits frais élaborés réfrigérés (plats cuisinés, produits de la mer transformés, produits végétaux transformés...) souvent dénommés Ready To Eat (RTE).

Les programmes de recherche académiques permettent le développement de compétences pointues (mise au point de méthodes d'analyses par exemple) qui permettent ensuite de réaliser plusieurs types d'investigations :

- Des études de prévalence qui font un état des lieux de la présence du danger biologique concerné sur les matières premières et/ou les produits finis et qui peuvent permettre d'identifier des leviers de maîtrise en amont de la transformation (bonnes pratiques de production culturelle, bonnes pratiques de récolte...)

- Des études de qualification et/ou d'optimisation de procédés de transformation traditionnels ou innovants afin de proposer des leviers de maîtrise technologique de la qualité sanitaire pour les transformateurs.

Ces investigations nécessitent des essais technologiques réalisés via l'inoculation des aliments avec le danger biologique étudié ; ceci, sous-entend donc l'utilisation d'un atelier dédié et confiné.

Pour les produits laitiers, les essais technologiques sont menés en lien avec la fromagerie expérimentale confinée de l'INRA d'Aurillac. Pour les autres filières, notamment les produits élaborés réfrigérés, il n'existait pas d'atelier technologique approprié. Ce constat est à l'origine de la création de la plateforme technologique confinée P3 à Saint-Lô qui a ouvert ses portes fin 2015 avec un soutien financier conséquent de l'Europe (Fonds FEDER), de l'Etat et des collectivités territoriales (Conseil Régional de Basse-Normandie, Département de la Manche et Agglomération de Saint-Lô). Le montant global du nouveau centre R&D ACTALIA sur Saint-Lô est supérieur à 7 millions d'euros.

#### III.2.1 – Pourquoi un confinement de niveau P3

Même si la majorité des micro-organismes pathogènes véhiculés par les aliments sont de classe 2 (voir tableau ci-après), à l'exception notable des *E.coli* STEC qui sont classés 3\*, il apparaissait incontournable de réfléchir sur une installation totalement sécurisée pour éviter la dissémination potentielle de ces contaminants biologiques dans l'environnement et pour protéger les opérateurs durant les expérimentations.

Groupe	Risque	Définition	Exemples
1	Nul	Pas de maladie chez l'homme	bactéries lactiques, levures
2	Faible	Peut provoquer une maladie chez l'homme Propagation en collectivité peu probable	<i>Salmonella</i> <i>Listeria monocytogenes</i> <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Bacillus cereus</i> Norovirus/ VHA Parasites protozoaires (Giardia...)
3	Modéré	Peut provoquer une maladie grave chez l'homme Propagation possible en collectivité Il existe un traitement efficace	<i>E-coli</i> STEC* <i>Salmonella typhi</i> * VHE* <i>Brucella</i>
4	Fort	Provoque une maladie grave chez l'homme Risque élevé de propagation en collectivité Pas de traitement efficace	Virus variole Virus Ebola

\* : pas de transport par l'air

#### III.2.2 – Caractéristiques de la plateforme confinée P3

Ce confinement est très bien connu dans le domaine des analyses de laboratoire mais constitue une innovation dans le cadre d'une plateforme technologique. La vocation de cette plateforme confinée de 230 m<sup>2</sup> est d'inoculer des matières premières et/ou des aliments transformés avec des micro-organismes pathogènes ou responsables d'altérations organoleptiques, de mettre en œuvre des technologies de transformation afin de quantifier leur efficacité. Cette manipulation se fait donc en milieu ouvert sans confinement primaire et requiert différentes protections.

##### • Au niveau du bâtiment

- Accès limité par badge personnalisé aux opérateurs formés à la biosécurité

- SAS personnel avec utilisation d'EPI (Equipements de Protection Individuelle) spécifiques. Ces EPI peuvent aller d'un équipement standard (combinaison intégrale, gants, bottes) jusqu'à un équipement plus important intégrant en particulier une protection oculaire et respiratoire (système de filtration de l'air insufflé dans une cagoule spécifique). Le choix de l'EPI se fait en fonction de l'analyse de risque réalisée compte tenu de la manipulation prévue.

- Cascade de dépression (-15 Pa) entre les différentes salles avec un maximum de dépression de - 60 Pa (voir plan ci-après). Cette dépression permet d'éviter toute dissémination potentielle de l'agent pathogène en dehors de la plateforme confinée.

-Renouvellement en air neuf dans chacune des salles de la plateforme (laboratoires et salles technologiques). Celui-ci varie de 10 à 30 volumes air neuf/h du volume de la salle. Ainsi, une salle de 140 m<sup>3</sup> verra son volume d'air renouvelé au maximum 30 fois/h, ce qui correspond à un apport d'air neuf de 4 200m<sup>3</sup>/h.

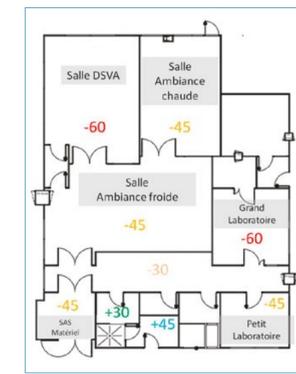


FIGURE 2 : PLAN DE LA PLATEFORME CONFINÉE P3 AVEC LES DÉPRESSIONS EN PASCALS APPLIQUÉES PAR SALLE

CLASSEMENT DES AGENTS BIOLOGIQUES SELON ARRÊTÉ DU 18/07/1994

- Chaque salle est équipée d'une grille de soufflage et d'une grille d'extraction d'air équipée d'une cascade de filtres :  
o Pré-filtration (tamisage) avec des filtres granulométriques G  
o Filtration fine électrostatique avec des filtres F  
o Filtration absolue avec des filtres HEPA H 14

La filtration de l'air entrant permet un maintien de la qualité particulière de ces salles blanches alors que la filtration de l'air sortant assure la décontamination de l'air avant son rejet dans l'atmosphère extérieure.

- Chaque salle est équipée de matériaux parfaitement nettoyables et utilisés lors de la conception des salles blanches (résine spécifique, jonctions sol-mur arrondies)

- Chaque effluent liquide (eau de process, eau de nettoyage...) ou solide (matière première contaminée résiduelle, déchets...) doit être stérilisé avant élimination à l'extérieur de la plateforme, pour ce, 2 autoclaves sont disponibles :

o Autoclave ACTIJOULE sur lequel arrive l'ensemble des effluents liquides canalisés au sol par des siphons (stérilisation à 136°C/2 minutes)

o Autoclave double entrée GETINGE (130°C/20 minutes : variable selon la charge et la nature du solide) avec ouverture dans une zone L2 pour élimination des déchets stérilisés.

##### • Plan et équipements de la plateforme confinée

2 laboratoires L3 et 3 salles technologiques

- Un laboratoire de bactériologie de 13m<sup>2</sup>

- Un laboratoire de virologie de 25m<sup>2</sup>

##### 3 salles technologiques

- 1 salle dédiée aux opérations unitaires dites chaudes (pasteurisation, stérilisation, cuisson, fumage, séchage...) : 45 m<sup>2</sup> (157 m<sup>3</sup>) à température ambiante

- 1 salle dédiée aux opérations unitaires réalisées en ambiance réfrigérée : 55 m<sup>2</sup> (192 m<sup>3</sup>) avec une température de + 10°C

- 1 salle dédiée aux opérations de nettoyage et désinfection : 40 m<sup>2</sup> (140 m<sup>3</sup>) avec régulation de la température (7 à 30°C) et de l'humidité relative (45 à 90%). Cette salle est dotée d'une Centrale de Traitement d'Air (CTA) spécifique qui peut être arrêtée pour des essais nécessitant une ambiance statique (décontamination des surfaces par voie aérienne : DSVa par exemple). Cette salle permet de tester l'efficacité des opérations de nettoyage et de désinfection sur surfaces ouvertes (tapis, paroi...), sur surfaces fermées (installation NEP) et dans l'air.

Ces 3 salles technologiques sont équipées des fluides nécessaires au bon fonctionnement des pilotes (air comprimé, eau, vapeur, gaz spéciaux...)

Des passe plats (0,1 à 0,2 m<sup>3</sup>) sécurisés, permettent des jonctions avec les laboratoires P2 (préparation des souches à inoculer dans les aliments et analyse des échantillons contaminés)

Remarque :

- L'ensemble des paramètres de fonctionnement de la plateforme confinée est relié à une GTC (Gestion Technique Centralisée).  
- une salle technologique conventionnelle adjacente de 420m<sup>2</sup> peut être utilisée pour préparer les aliments avant passage en zone confinée pour inoculation

##### • Des équipements polyvalents reproduisant une large gamme de technologies

- Four de restauration collective

- Cellule de séchage, étuvage et fumage (à chaud et à froid) avec production de fumée par combustion de sciure ou fumée liquide  
- Un autoclave permettant la stérilisation et la pasteurisation par

aspersion d'eau chaude

- Une cellule de refroidissement rapide et de surgélation mécanique (-30/-40°C)

- Des systèmes d'enregistrement de température à cœur (Ellab) ou embarqué (Datapack)

- Une machine pour mise sous vide et réinjection d'atmosphère protectrice avec mélangeur (O2/CO2/N2)

- Une laveuse de salade avec un générateur d'ozone pour production d'eau ozonée

- Un cutter multifonctions double enveloppe de 5 litres

- Un système de traitement de l'air par ozone

- Une NEP avec plusieurs cuves (350L/250L/150L...), plusieurs pompes (centrifuge, volumétrique...) et un échangeur tubulaire vapeur, injection vapeur, l'ensemble étant instrumenté avec débitmètres, capteurs de température et de pression.

- Plusieurs systèmes de DSVa pour nébulisation de biocides (acide péraétique, peroxyde d'hydrogène par exemple)

- Un canon à mousse pour la détergence

Cette liste n'est pas exhaustive et est susceptible d'évoluer selon les études à réaliser. Afin de pouvoir rentrer et sortir, de façon exceptionnelle, du matériel d'essai, un SAS de décontamination de 9 m<sup>2</sup> (25 m<sup>3</sup>) est prévu entre la plateforme P3 et la zone L2. Cette décontamination se fait au peroxyde d'hydrogène avec utilisation d'indicateurs biologiques d'efficacité (cupules de 10<sup>6</sup> et 10<sup>8</sup> spores de *Geobacillus stearothermophilus* ou autre indicateur biologique selon besoin).

#### III.2.3 – Nature des essais réalisables dans cette plateforme confinée



SALLE DSVa AVEC LE SYSTÈME DE NEP

Les micro-organismes pouvant être étudiés sont à la fois des micro-organismes de classe 2 (*Listeria monocytogenes*, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, norovirus, virus de l'hépatite A, parasites de type *Giardia*, *Toxoplasma* et *Cryptosporidium*...) et de classe 3 (*E. coli* STEC, Virus de l'Hépatite E...) ainsi que des agents de salubrité (levures, moisissures, pseudomonas, entérobactéries, phages lactiques par exemple).

Ces 3 salles dotées d'équipements spécifiques ouvrent une large gamme d'expérimentations :

- Qualification des procédures de nettoyage et désinfection (salle dédiée) :

o En laboratoire selon différentes normes : NFT 72.281, NF EN 13697, NF EN 1650

o En salle dédiée :

- Norme NFT 72 281 (DSVA) en utilisant d'autres conditions environnementales (T°C/HR) et d'autres cibles microbiologiques  
- Qualification pour permettre le retour des opérateurs après DSVa

(mesure résidus)

- Optimisation des paramètres d'une NEP sur des micro-organismes introduits sur coupon inox à l'intérieur de la NEP

- Efficacité du rinçage et impact de la conception hygiénique sur l'élimination de résidus de biocides (ammoniums quaternaires par exemple)

- Efficacité de nouveaux biocides (ozone, ...) pour la décontamination de l'air

- Reconstitution de biofilms et efficacité d'une procédure de nettoyage et désinfection

##### - Qualification d'opérations unitaires (2 autres salles dédiées)

o Efficacité des traitements technologiques sur *Listeria monocytogenes* (fumage, refroidissement rapide, ...)

o Efficacité de la surgélation mécanique et cryogénique sur les parasites protozoaires présents sur les végétaux crus

o Efficacité de l'eau chlorée et de l'eau ozonée sur la destruction des norovirus sur les végétaux crus découpés

o Influence du barème de pasteurisation sur les spores de *Bacillus cereus* dans des plats cuisinés sous-vide.

o ...

Les expertises originales et les équipements innovants décrits dans cet article sont ouverts aux professionnels (prestations sur-mesure, contractuelles et confidentielles) et à la recherche publique (partenariats de recherche dans le cadre de projets régionaux, nationaux et européens donnant lieu à diffusion des résultats), ACTALIA étant agréé par le CIR (Crédit Impôt Recherche) en tant que CRT et ITAI.

##### RÉFÉRENCES CITÉES

Brogli, A., and Kapel, C. (2011). Changing dietary habits in a changing world: emerging drivers for the transmission of foodborne parasitic zoonoses. *Vet. Parasitol.* 182, 2–13.

Centers for Disease Control and Prevention (CDC) (2016). <http://www.cdc.gov/norovirus/trends-outbreaks.html>.

EFSA (2016a). The European Union Summary Report on Trends and Sources of Zoonoses, Zoonotic Agents and Food-borne Outbreaks in 2014. *EFSA Journal*, 13(12): 4329, 191p.

FAO/WHO [Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization] (2014). Multicriteria based ranking for risk management of food borne parasites. *Microbiological Risk Assessment Series No. 23* (Rome).

Gassilloud, B., Schwartzbrod, L., Gantzer, C. (2003). Presence of viral genome in mineral water : a sufficient condition to assume infectious risk ? *App. Env. Microbiol.* 69(7): 3965-3969.

Knierl, K.E., Lindsay, D.S., Sumner, S.S., Hackney, C.R., Pierson, M.D., and Dubey, J.P. (2002). Examination of attachment and survival of *Toxoplasma gondii* oocysts on raspberries and blueberries. *J. Parasitol.* 88, 790–793.

Lélu, M., Villena, I., Dardé, M.-L., Aubert, D., Geers, R., Dupuis, E., Marnef, F., Pouille, M.-L., Gotteland, C., Dumètre, A., et al. (2012). Quantitative estimation of the viability of *Toxoplasma gondii* oocysts in soil. *Appl. Environ. Microbiol.* 78, 5127–5132.

Palos Ladeiro, M., Bigot, A., Aubert, D., Hohweyer, J., Favennec, L., Villena, I., and Geffard, A. (2013). Protozoa interaction with aquatic invertebrate: interest for watercourses biomonitoring. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 20, 778–789.

- Perrin A., Loutrel J., Boudaud N., Bertrand I. and Gantzer C. (2015) Rapid, simple and efficient method for detection of viral genomes on raspberries. *Journal of Virological Methods*, 224, 95-10.

Pouillot R, Micconnet N, Afchain AL, Delignette-Muller ML, Beaufort A, Rosso L, Denis JB, Cornu M. 2007. Quantitative risk assessment of *Listeria monocytogenes* in French cold-smoked salmon: I. Quantitative exposure assessment. *Risk Anal.* (3):683-700.

Tenenhaus-Aziza F, Daudin J-J, Maffre A, Sanaa M. 2013. Risk-Based Approach for Microbiological Food Safety Management in the Dairy Industry: The Case of *Listeria monocytogenes* in Soft Cheese Made from Pasteurized Milk. *Risk Analysis*. DOI: 10.1111/risa.12074

Tenenhaus-Aziza F, Ellouze M. 2015. Software for predictive microbiology and risk assessment: a description and comparison of tools presented at the ICPMF8 Software Fair. *Food Microbiology*, 45, 290-299.

# Choix du couple emballage produit et rôle du transfert de sensation

Virginie HERBRETEAU<sup>(a)</sup> et Muriel JACQUOT<sup>(b)</sup>

<sup>(a)</sup> ACTALIA Sensoriel - RMT Actia Sensorialis v.herbreteau@actalia.eu <sup>(b)</sup>InnoCIM, ENSAIA - Université de Lorraine - RMT Actia ProPack Food

Lors de l'acte d'achat, l'emballage doit séduire le client, le convaincre que le produit qu'il contient saura répondre à ses besoins. La construction de la représentation du produit se base sur un phénomène naturel et universel appelé le transfert de sensations. Ce phénomène consiste en la traduction des informations visuelles (couleurs, forme, état de surface, ...) en d'autres informations sensorielles (texturales, olfactives, gustatives...) ou en valeurs. Par conséquent, plus les caractéristiques physiques de l'emballage seront en adéquation avec les propriétés sensorielles du produit emballé, plus la représentation que s'en fait le consommateur sera proche de la réalité et plus il y trouvera de la satisfaction lors de sa dégustation. Les RMT Actia Sensorialis et Propack Food ont mutualisé leurs compétences pour étudier les phénomènes de transfert de sensations entre l'emballage et le produit emballé. Les résultats obtenus ont mis en évidence un impact de l'emballage sur l'appréciation du produit emballé. Une congruence entre les attentes véhiculées par la forme de l'emballage et les caractéristiques du produit a permis d'augmenter significativement la satisfaction du consommateur et les intentions d'achat du produit. A l'inverse, un emballage qui ne correspond pas au produit entraîne un renforcement négatif notamment sur l'appréciation du goût du produit. **Mots clés : emballage, produit, transfert de sensation, congruence, sensoriel**

## ABSTRACT

During the act of purchase, the packaging has to attract the customer, convince him that the product which it contains will know how to meet his/her needs. The construction of the representation of the product by the consumer is based on a natural and universal phenomenon called the *sensation transference*. This phenomenon consists in the translation of the visual information (colors, shape, state of the surface) in other sensory information (textural, olfactory, gustative) or in values. Consequently, the more the physical characteristics of the packaging will be in adequacy with the sensory properties of the packed product, the more the representation built by the consumer will be close to reality and the more satisfying will be the consumption.

The Actia Sensorialis and Propack Food networks (RMT) members pooled their skills to study the phenomena of sensation transference between the packaging and the packed product. The conclusions of the project highlighted an impact of the packaging on the appreciation of the packed product. A congruence between expectations conveyed by the shape of the packaging and the characteristics of the product allowed to significantly increase the consumer's satisfaction and his intention to purchasing the product. On the contrary, a packaging which does not correspond to the product, lead to strengthening a negative appreciation in particular on the taste.

**Keywords :** packaging, product, sensation transfert, congruence, sensory

## INTRODUCTION

### Contexte

Les qualités organoleptiques d'un produit alimentaire sont les éléments clés qui apportent plaisir et satisfaction au consommateur. Cependant, lors de l'acte d'achat, c'est à l'emballage de séduire le client, de le convaincre que le produit qu'il contient saura répondre à ses besoins. En effet, près de 7 décisions d'achat sur 10 sont prises directement sur le point de vente mettant l'emballage en première ligne. Face au produit, toutes les informations portées par le packaging deviennent accessibles. En quelques secondes, le client confronte des informations intangibles, comme le souvenir d'une publicité, à des informations tangibles, comme la couleur, la forme, la marque, la dénomination, afin de construire

une représentation plus ou moins juste du produit. C'est ensuite sur cette représentation, souvent imparfaite, que se fonde l'acte d'achat.

La construction de la représentation du produit se base donc sur un phénomène naturel et universel appelé le *transfert de sensations*. Ce phénomène a été étudié pour la première fois en marketing par le Pr. Cheskin<sup>(1)</sup> dans les années 50. Il consiste en la traduction des informations visuelles (couleurs, forme, état de surface...) en d'autres informations sensorielles (texturales, olfactives, gustatives...) ou en valeurs. Par conséquent, plus les caractéristiques physiques de l'emballage seront en adéquation avec les propriétés sensorielles du produit emballé, plus la représentation que s'en fait le consommateur sera proche de la réalité et plus il y trouvera de la satisfaction lors de sa dégustation.

Il apparaît donc comme fondamental de mieux comprendre comment l'information portée par l'emballage peut venir perturber l'évaluation du produit emballé. Cependant, une difficulté pour travailler sur ces associations produit / emballage vient du fait que, bien souvent, les développements du produit et de son emballage se font de manière parallèle et que le couple « produit emballage » n'est constitué qu'à l'issue de ces développements.

Un enjeu important est donc d'identifier des moyens qui permettent de travailler sur les transferts de sensations entre produit et emballage en utilisant ces deux éléments dissociés : - soit sur la base de l'emballage en analysant les promesses qu'il véhicule et les propriétés attendues pour le produit - soit sur la base du produit en cherchant à identifier au travers des évocations et de la symbolique du produit, quels seront les vecteurs d'informations les plus appropriés à adopter au niveau de l'emballage.

Mieux comprendre ces transferts de sensations, développer des moyens pour les mesurer et les optimiser en choisissant le couple emballage/produit qui offre la meilleure congruence des informations véhiculées par les différents sens impliqués sont donc des enjeux considérables. C'est pour répondre à cette problématique que les réseaux mixtes technologiques Actia Sensorialis et Propack Food ont mis en place le projet Transept.

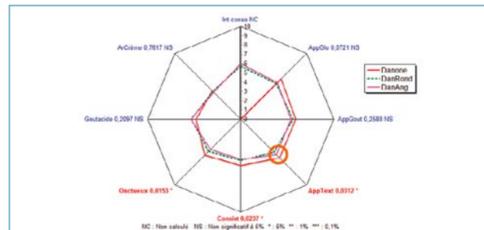
## L'EFFET D'INCONGRUENCE OU RENFORCEMENT NÉGATIF

L'effet d'incongruence est moins évident dans le cadre de cette étude. Nous avons néanmoins constaté dans le cas du yaourt Danone un renforcement négatif de l'appréciation de la texture lors de l'association à l'emballage rond et à l'emballage anguleux. La perception de la texture se trouve modifiée et semble encore moins épaisse et onctueuse quand le yaourt Danone est présenté dans l'emballage anguleux : ceci traduit le renforcement négatif. Les mesures dissociées montrent en effet que :

- Les caractéristiques du yaourt Danone « nu » reposent sur : une texture moins épaisse, moins onctueuse, un goût moins acide et un arôme de crème moins développé.

- L'emballage anguleux génère une attente d'un yaourt moins onctueux, de consistance moins épaisse, avec un arôme de crème moins développé et plus acide.

La correspondance des caractéristiques véhiculées par l'emballage anguleux et perçues au niveau du produit Danone aurait pu conduire à un renforcement positif, or l'inverse est observé dans ce cas pour l'appréciation de la texture. On observe également ce renforcement négatif dans le cas de Taillefine, pour lequel l'association à un emballage anguleux induit une diminution de l'appréciation du goût.



**FIGURE 3 : REPRÉSENTATION DES NOTES MOYENNES POUR LE PRODUIT DANONE « NU » ET PRÉSENTÉ DANS LES EMBALLAGES ROND ET ANGULEUX**  
O = RENFORCEMENT NÉGATIF DE L'APPRÉCIATION.

## IMPACT DU PROTOCOLE D'ASSOCIATION EMBALLAGE PRODUIT : DIRECT OU INDIRECT

Les résultats présentés ci-dessus sont issus du protocole direct d'association du yaourt avec son emballage. Ils sont très proches de ceux obtenus par l'association indirecte : produit accompagné de la photographie de l'emballage. La comparaison des caractéristiques mesurées sur les produits montre que, selon le mode d'association la perception n'est pas modifiée, à l'exception du goût de crème des yaourts qui est plus intense en moyenne quand il est consommé dans l'emballage. D'autres effets du mode d'association ont été observés au niveau des intentions de consommation, ou de la consistance mais se manifestent différemment d'un produit à l'autre.



**FIGURE 4 : REPRÉSENTATION DES NOTES MOYENNES POUR LE PRODUIT YOPA DANS UN EMBALLAGE (ROND OU ANGULEUX) ET ASSOCIÉ À LA PHOTOGRAPHIE DES EMBALLAGES**  
O = RENFORCEMENT DES INTENTIONS DE CONSOMMATION DANS L'EMBALLAGE

Dans le cas du yaourt Yopa, l'intention de consommation est significativement plus importante lorsque le yaourt est dégusté directement dans l'emballage. Pour toutes les caractéristiques sensorielles et appréciation mesurées, la perception n'est pas modifiée selon le type d'association.

Dans le cas du yaourt Taillefine, la consistance est perçue plus liquide quand le yaourt est consommé dans l'emballage. Les autres caractéristiques ne sont pas modifiées. Pour la référence Danone, on n'observe pas de différence selon le type d'association emballage produit.

## CONCLUSION

Le phénomène de transfert de sensations entre la forme d'un emballage et son contenu est confirmé dans cette étude. Nous avons montré que l'évaluation d'un produit en aveugle ou avec son emballage conduit une perception et une appréciation différente du produit, mais aussi que ces réponses sont modulées selon la forme de l'emballage associé. Dans le cas d'étude mené sur les yaourts avec deux formes d'emballage : rond ou anguleux, l'association des yaourts à un emballage rond conduit à des intentions de consommation plus favorables et une meilleure appréciation du goût, que l'association à un emballage anguleux.

Lorsque l'emballage suggère des attentes en accord avec les propriétés sensorielles du produit, un effet synergique positif est obtenu qui se traduit principalement par une augmentation du plaisir client. A l'inverse, un emballage incongruent peut conduire à une sous-évaluation du produit. Le choix du bon emballage peut donc être raisonné par rapport aux attentes véhiculées par le produit.

Les résultats de cette étude montrent cependant que l'interprétation anticipée d'une potentielle synergie sur la base des études dissociées du produit et de l'emballage, peut être erronée. En effet, on attendait une synergie dans l'association du yaourt Danone et de l'emballage anguleux, or l'association conduit à un renforcement négatif de l'appréciation de la texture. Une hypothèse sur cet effet inattendu repose sur le faible niveau d'adhésion des consommateurs à l'emballage anguleux proposé initialement. Il est probable que les consommateurs aient eu plus de difficultés à projeter leur consommation de yaourt dans cet emballage, qui d'emblée était moins adapté que l'emballage rond. De ce fait une des conditions indispensables à l'étude des associations emballage produit reposerait sur de fortes intentions de consommation vis-à-vis de l'emballage proposé. Ces derniers résultats confirment la nécessité de poursuivre les investigations sur la question du transfert de sensations, en élargissant à d'autres produits et d'autres variables liées à l'emballage.

Ils incitent également à privilégier autant que possible une évaluation de l'association emballage produit. Sur ce plan les résultats observés dans notre étude, basés sur une association indirecte de l'emballage (sous forme de photographie) et du produit, sont encourageants. Ils montrent que ce type d'association indirecte reflète bien les conclusions observées lors d'une association directe, dès lors que les visuels employés sont réalistes.

## REFERENCES

- (1) Cheskin, L. ; Ward, L.B. 1948. «Indirect Approach to Market Reactions,» Harvard Business Review.
- (2) ACTIA : Association de coordination technique pour l'industrie agro alimentaire.
- (3) RMT Sensorialis : Réseau Mixte Technologique Sensorialis coordonné par l'ACTIA et animé par Actalia, impliquant 6 autres partenaires, Agrotec, Aérial, Institut Français de la vigne et du vin.

## ORGANISATION DU PROJET TRANSEPT

### Les partenaires :

Le projet a réuni des partenaires issus de deux réseaux mixtes technologiques coordonnés par l'ACTIA<sup>(2)</sup>, le RMT Propack food, représenté par l'ENSAIA, Université de Lorraine, et le RMT Actia Sensorialis<sup>(3)</sup>, représenté par Actalia, Aérial, Agrotec et l'Enilia Ensmic. Ce projet a bénéficié du soutien financier de l'Actia.

### Les produits et emballages :

L'étude de la littérature a montré que le phénomène de transfert de sensations a été étudié à plusieurs reprises sur des produits laitiers. Des produits de type yaourt ont donc été choisis pour approfondir les expérimentations déjà conduites par d'autres équipes. Une pré-sélection des yaourts a été réalisée par les laboratoires d'analyse sensorielle partenaires de l'étude. Trois yaourts ont été retenus : Yopa nature, Danone nature, Taillefine nature. Deux emballages de même matière, mais de forme différente, arrondie ou anguleuse, ont été choisis (figure 1).



**FIGURE 1 : YAOURTS (CI-DESSOUS) ET EMBALLAGES (CI-DESSUS) RETENUS POUR L'ÉTUDE : A : VERRINE RONDE, B : VERRINE ANGULEUSE**

### Le protocole expérimental :

Le protocole repose sur 3 étapes. La première correspond à l'évaluation des caractéristiques sensorielles des produits « nus », la seconde correspond à l'évaluation de la perception des emballages et des attentes sensorielles qu'ils génèrent, la dernière correspond à l'évaluation des associations produits/emballages qui porte sur toutes les combinaisons produit/emballage. L'association produit/emballage a été étudiée selon deux protocoles : un protocole d'association directe où le yaourt est consommé dans l'emballage étudié ; un protocole d'association indirecte où le produit est consommé dans un contenant neutre et les sujets observent en parallèle la photographie de l'emballage associé.

Les mesures d'acceptabilité sont effectuées sur des échelles continues (échelle bornée de « je n'aime pas du tout » à « j'aime vraiment beaucoup »), ainsi que les mesures d'intensité des caractéristiques sensorielles (échelle bornée de « très liquide » à « très épais »).

### Les sujets interrogés :

- Trois groupes de 103 à 106 sujets issus des panels RMT Actia Sensorialis, consommateurs de yaourt nature au moins 2 fois par mois et appréciant les yaourts nature sans sucre. Les groupes sont constitués selon une répartition par âge : 30% (18-34 ans) ; 40% (35- 54 ans) ; 30% (55 ans et +), et une répartition équilibrée par sexe : 50% Femmes (+/- 10%) ; 50% Hommes (+/- 10%).
- Le premier groupe a réalisé l'évaluation des yaourts et emballages dissociés,
- Le second groupe a réalisé l'évaluation des yaourts dans l'emballage
- Le troisième groupe a évalué les yaourts associés à une photographie de l'emballage.

## COMMENT MESURER L'EFFET DE CONGRUENCE OU INCONGRUENCE DE L'EMBALLAGE ET DU PRODUIT ?

### Le mode opératoire :

Les produits et les emballages doivent dans un premier temps être évalués de manière dissociée afin d'analyser la perception du produit « nu », sur la base de ses seules caractéristiques organoleptiques d'une part et des attentes véhiculées par les emballages seuls d'autre part. Dans un second temps les produits et emballages sont associés de façon croisée (toutes les combinaisons produit/emballage sont étudiées) de manière à voir dans quelle mesure une association donnée impacte la perception finale du produit.

### Que mesure-t-on pour évaluer l'effet de congruence ou incongruence ?

Dans un effet de congruence, on s'attend à ce qu'une convergence des caractéristiques du produit « nu » et des attentes véhiculées par l'emballage contribue à un renforcement positif de la satisfaction. On attend l'effet inverse dans un cas d'incongruence. L'évaluation repose donc sur une mesure de l'acceptabilité, mais aussi sur des mesures d'intensité de certaines caractéristiques sensorielles clés (par exemple dans le cas du yaourt, l'onctuosité, la consistance épaisse, l'arôme de crème et le goût acide). Ces mesures d'intensité nous permettent de voir si le fait d'associer un produit à un emballage donné contribue à modifier la perception des caractéristiques sensorielles du produit.

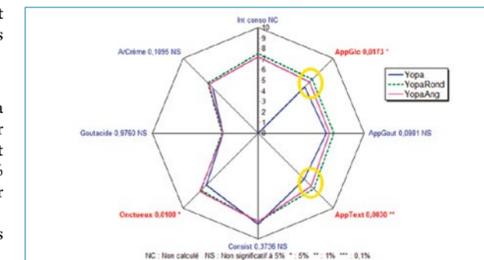
## L'EFFET DE CONGRUENCE OU RENFORCEMENT POSITIF : CAS DU PRODUIT YOPA

Les mesures effectuées sur le produit « nu », montrent que le yaourt Yopa est caractérisé par une texture plus épaisse, plus onctueuse avec un goût acide moins développé et un arôme de crème plus présent que Danone et Taillefine.

Les attentes véhiculées par les deux types d'emballage montrent que l'emballage rond est plus adapté pour une association à un yaourt et que les consommateurs s'attendent, avec l'emballage rond, à un yaourt plus épais, plus onctueux avec un arôme de crème plus développé et moins acide.

L'association du yaourt Yopa à l'emballage rond conduit à une augmentation de l'appréciation globale (par rapport au même yaourt goûté dans un pot neutre). Elle conduit aussi à une augmentation de l'appréciation de la texture et une texture perçue plus onctueuse, mais ces derniers effets sont aussi observés quand le yaourt est présenté dans l'emballage anguleux.

On observe donc dans ce cas un effet de congruence entre les caractéristiques du yaourt et l'emballage rond. Cet effet de congruence amène une augmentation de l'appréciation globale du produit.



**FIGURE 2 : REPRÉSENTATION DES NOTES MOYENNES POUR LE PRODUIT YOPA « NU » ET PRÉSENTÉ DANS LES EMBALLAGES ROND ET ANGULEUX**  
O = RENFORCEMENT POSITIF DE L'APPRÉCIATION.

DOSSIER

Les transferts bactériens en IAA : quels enjeux pour la sécurité sanitaire des aliments ?

Catherine DENIS(1), Laurent GUILLIER(2), Stéphane ANDRE(3), Fanny TENENHAUS-AZIZA(4) et Graziella MIDELET-BOURDIN(5)
(1)ACTALIA, pôle Sécurité des aliments, Saint Lô, (2)Anses, laboratoire de sécurité des aliments, Maisons Alfort\*, (3)CTCPA, Unité EMaIRIT'S, Avignon\*†, (4)Centre National Interprofessionnel de l'Economie Laitière, Paris\*, (5)Anses, laboratoire de sécurité des aliments, Boulogne sur Mer† ; † membre du RMT Actia Chlean, \* membre du RMT Actia Qualima

La présence de souches dans l'environnement de fabrication en IAA est une source de contamination des aliments par des bactéries pathogènes, et peut être la cause de toxo-infections alimentaires. La contamination des surfaces en IAA par des micro-organismes est due à leur dissémination, via les matières premières, l'air et l'activité du personnel. Les microorganismes présents sur les surfaces peuvent ensuite contaminer les aliments. Ces phénomènes de transferts bactériens sont complexes et dépendent de multiples facteurs. Il peut s'avérer important de prendre en compte ces contaminations secondaires dans les démarches d'Appréciation Quantitative du Risque Microbiologique. Pouvoir modéliser ces transferts bactériens et la contamination des surfaces et des aliments constitue un véritable challenge et nécessite des approches pluridisciplinaires. Mots clés : contamination, transfert bactérien, biofilm, aliment, surfaces, environnement

ABSTRACT The presence of microbial strains in the food production environment is a source of foodstuffs contamination that can lead to food-borne outbreaks. The contamination of surfaces is due to the dissemination of microorganisms from raw materials, air and personal work. The microorganisms present on these surfaces can then contaminate food. These bacterial transfer phenomena depend on various factors and need to be taken into account in the context of quantitative microbiological risk assessment. To model these bacterial transfers is a real challenge because of the diversity and complexity of the mechanisms involved and needs multidisciplinary approaches.

I. LES TRANSFERTS BACTÉRIENS EN IAA, UNE SOURCE DE CONTAMINATION DES SURFACES ET DES ALIMENTS : UNE PRÉOCCUPATION COMMUNE AUX DEUX RMT ACTIA CHLEAN ET QUALIMA

La présence de souches dans les ateliers a été souvent rapportée dans la littérature et il a été démontré que ces souches pouvaient contaminer les aliments pendant leur fabrication. Les équipements industriels servant à la production des aliments sont notamment une source non négligeable de microorganismes pathogènes. Selon Haeghebaert et al. (2001), la contamination des équipements pourrait avoir été responsable de près de 40% des TIAC survenues en France entre 1996 et 1998. Des chiffres plus récents font état de 25% des intoxications alimentaires liées à une contamination au cours du procédé de transformation. Par exemple, la contamination des aliments due à l'environnement des ateliers a été évoquée lors d'épidémies de listérioses (Reij et Den Aantrekker, 2004). Dans diverses épidémies de listérioses, la persistance de Listeria monocytogenes dans les entreprises après nettoyage et désinfection a été clairement mise en cause. Ceci a été le cas, au Canada en 2008, pour des produits de charcuterie contaminés par un biofilm établi au sein de deux tranches à viande (Currie, et al., 2015) et pour des fromages, contaminés lors de leur manipulation à la coupe (Gaulin et al., 2012), au Danemark en 2014, pour de la viande de sandwichs « rullepølse » contaminée par un équipement de découpe et plus récemment, lors de l'épidémie due à L. monocytogenes dans des melons cantaloup aux Etats Unis. Ce problème ne se limite pas à L. monocytogenes, le problème de contamination des produits par l'environnement concerne d'autres bactéries pathogènes (Bridier et al., 2015) comme Salmonella (Carrasco et al., 2012) ou Cronobacter qui sont une source de préoccupation dans l'industrie des

produits alimentaires secs, ou Bacillus cereus (Kumari et Sakar, 2016) dans l'industrie laitière. Face à ce problème récurrent, il est aujourd'hui essentiel de caractériser les écosystèmes microbiens qui colonisent les surfaces d'ateliers alimentaires et de mieux appréhender leur impact sur la qualité microbiologique des aliments. Cette problématique est commune à deux Réseaux Mixtes Technologiques affiliés à l'ACTIA et labellisés par le ministère de l'agriculture (2014 à 2018).

Le RMT Actia CHLEAN « Conception Hygiénique des Lignes et Equipements et Amélioration de la Nettoyabilité » vise à accumuler des connaissances sur les risques sanitaires associés à la conception hygiénique des équipements et aux procédures de nettoyage et désinfection afin de mieux maîtriser des contaminations résiduelles qu'elles soient chimiques ou biologiques, et de contribuer ainsi à la sécurité et à la qualité des aliments. Ce RMT réunit des experts de plusieurs domaines scientifiques complémentaires (microbiologie, mécanique des fluides, physico-chimie des surfaces, mécanique et matériaux). Le RMT CHLEAN possède l'expertise pour étudier l'écologie microbienne des lignes de fabrication, modéliser les transferts des surfaces vers l'aliment et envisager des mesures préventives pour maîtriser ces risques de contamination. Contact : chermon@ctcpa.org ; www.actia-asso.eu

Le RMT Actia QUALIMA « Qualité microbiologique des aliments » vise à proposer une méthodologie harmonisée permettant d'optimiser et valider les mesures de maîtrise des dangers microbiologiques en industrie agro-alimentaire. Ce réseau regroupe un ensemble de compétences en microbiologie alimentaire, biostatistique, modélisation, en génie des procédés alimentaires, en physico-chimie des aliments et en génie frigorifique. La qualité microbiologique d'un aliment est une résultante de nombreuses opérations qui interviennent le long du processus de fabrication, de conservation et d'utilisation par le consommateur. La méthodologie d'Appréciation Quantitative des Risques Microbiologiques (AQRM) permet de modéliser le devenir des micro-organismes pathogènes à chaque étape clé de la chaîne alimentaire, en tenant compte des conditions environnementales physico-chimiques mais aussi des transferts bactériens. Dans ce contexte, le RMT vise à harmoniser les approches de modélisation existantes et à construire des outils rendant la méthodologie accessible à tous. Contacts : v.stahl@aerial-crt.com et c.denis@actalia.eu ; www.actia-asso.eu

SÉCURITÉ SANITAIRE DES ALIMENTS DOSSIER

II. CONTAMINATION DES SURFACES & CONTAMINATION DES ALIMENTS EN IAA

La contamination des surfaces en IAA est due à la dissémination des micro-organismes provenant des matières premières, de l'air et de l'activité du personnel. Ces microorganismes ont la capacité à adhérer aux surfaces et à former des biofilms si les conditions environnementales y sont favorables (humidité, présence de matières organiques etc...). La formation de biofilm est un phénomène progressif qui peut aboutir à une colonisation des surfaces (figure 1). La présence de biofilms affecte largement l'hygiène des surfaces des équipements en IAA (Carpentier et Cerf, 1993 ; Leriche et Carpentier, 1995; Lindsay et al., 2002 ; Midelet et al., 2006 ; Norwood et Gilmour, 2000).

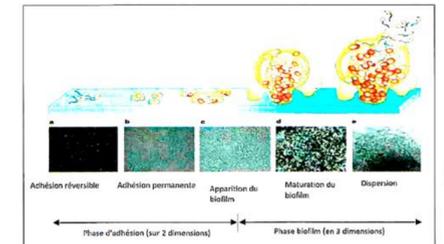


Figure 1 : les phases de développement d'un biofilm (crédit image D. Davis)

Les bactéries dites persistantes sont également appelées souches résidentes ou souches permanentes. Une souche est considérée comme persistante lorsqu'elle est retrouvée dans plusieurs prélèvements durant un intervalle de temps donné malgré le respect des procédures de nettoyage et de désinfection (N&D) (Carpentier et Cerf, 2011). Dans la littérature, plusieurs hypothèses coexistent actuellement pour tenter d'expliquer la persistance bactérienne (Overney, 2016). La persistance serait due à des capacités génétiques particulières permettant à ces souches de mieux résister aux pressions de sélection qui s'y exercent (températures et pH, opérations de N&D, etc) et/ou aux conditions qui peuvent être défavorables pour leur croissance (Carpentier et Cerf, 2011). Une autre hypothèse est que la persistance serait liée à des niches de rétention (zones inaccessibles et difficiles à nettoyer). Dans ces zones de rétention, s'accumulent également des résidus de matière organique et de l'eau, permettant aux bactéries de s'y établir et de s'y multiplier. De plus, ces micro-organismes sont ainsi protégés des actions mécaniques et chimiques des opérations d'hygiène. Ces niches protectrices sont donc des zones idéales pour la croissance microbienne et l'adaptation des cellules aux stress de l'environnement de l'atelier agro-alimentaire. Les travaux soutenant cette hypothèse mettent en avant le fait que la conception hygiénique des ateliers de production et des équipements est un élément incontournable dans la lutte contre la persistance bactérienne (Overney, 2016).

Les mécanismes et les processus physiologiques mis en place par les microorganismes lors de la formation et du développement de biofilms sont très complexes vu la diversité des interactions dans ces écosystèmes (Briandet et al., 2012). En effet, les biofilms sont la plupart du temps composés d'une importante diversité microbienne. De nombreuses espèces pathogènes, comme par exemple Listeria monocytogenes et Staphylococcus sp, peuvent former seules des biofilms. En réalité, elles intègrent le plus souvent un biofilm déjà

existant ou en cours de formation, ce qui aboutit à la mise en place de structures extrêmement complexes où cohabitent différentes espèces bactériennes. Ceci a été notamment démontré pour L. monocytogenes, que ce soit en filière lait [fromages, crème glacée (Gunduz et Tuncel, 2006)], en filière carnée ou en filière pêche, pour Cronobacter sakazakii en filière lait [lait en poudre], ou encore pour Bacillus cereus toujours en filière lait (Mettler et Carpentier, 1999). Des travaux sur les biofilms mixtes dans les IAA ont montré que des bactéries persistantes non pathogènes pouvaient affecter l'implantation de bactéries pathogènes telles que L. monocytogenes (Carpentier et Chassaing, 2004). Les microorganismes présents au sein de biofilms peuvent contaminer les aliments par des phénomènes de détachement et de dissémination. L'essor des méthodes de typage moléculaire a notamment permis de mettre en évidence le rôle vecteur de l'environnement de production dans la contamination des aliments (Boerlin et al., 1997; Hoffman et al., 2003; Midelet-Bourdoin et al., 2007). A titre d'exemple, des génotypes de L. monocytogenes absents des matières premières ont pu être retrouvés de façon répétée dans les produits finis et sur les surfaces ouvertes des ateliers (Autio et al., 2003).

III. LES TRANSFERTS BACTÉRIENS EN IAA

Dans les IAA, les transferts bactériens constituent une des voies de dissémination des microorganismes dans l'environnement. Ils peuvent être, par exemple, à l'origine de la contamination des surfaces par des matières premières contaminées, qui sont souvent la porte d'entrée d'un microorganisme pathogène dans l'environnement de fabrication et également à l'origine de la contamination d'aliments en contact avec des surfaces souillées.

Dans le cas des contaminations de surfaces (équipements mais aussi aliments), les transferts bactériens sont dus à des phénomènes de décrochage puis d'adhésion d'une surface à une autre. De nombreux facteurs sont susceptibles d'influencer l'adhésion et le relargage des microorganismes : le microorganisme lui-même et la communauté microbienne l'entourant, la structure du biofilm, la nature du matériau (nature, usure, rugosité,...), les conditions environnementales (humidité), l'action « mécanique » liée au contact de l'aliment.... Des études ont porté sur la caractérisation qualitative et quantitative de ces transferts microbiens du substratum à l'aliment et inversement, ainsi que sur les interactions mises en jeu (Keskinen et al., 2008; Oliveira et al., 2011; Poinenidou et al., 2009; Rodriguez et al., 2007; Perez Rodriguez et al., 2008 ; Truelstrup Hansen et Vogel, 2011). Les facteurs susceptibles de modifier les forces d'adhésion peuvent influencer des détachement des micro-organismes et donc les transferts microbiens d'une surface inerte vers un aliment (Midelet et Carpentier 2004 ; Midelet et al., 2006). Ainsi, il a été possible d'établir une relation entre le nombre de micro-organismes transférés et le degré d'adhésion des bactéries sur la surface (Eginton et al., 1998; Gilbert et al., 1998).

Si les phénomènes de transferts bactériens sont courants en entreprise, l'impact de ces transferts sur la qualité microbiologique des aliments est aussi lié à la capacité des bactéries transférées à adhérer et à survivre voire se développer sur les surfaces ou dans l'aliment. De nombreux facteurs interviennent à ce niveau et il est essentiel de mener des travaux qui prennent en compte la réalité des conditions industrielles (nature des écosystèmes complexes, conditions environnementales, nature du biofilm le cas échéant, etc.). A titre d'exemple, les transferts bactériens dans la filière produit de la mer ont été étudiés pour L. monocytogenes en association avec des espèces bactériennes isolées d'ateliers de fabrication (Serrata, Pseudomonas, Carnobacterium). Ces travaux ont porté sur la capacité

DOSSIER

de croissance dans le saumon de cellules de L. monocytogenes, transférées d'un biofilm établi sur une surface PVC vers du saumon fumé, et sur la survie de L. monocytogenes transférée de matrice saumon sur des coupons PVC (Midelet-Bourdoin et al., 2014, 2016).

Modélisation des transferts bactériens Dans le cadre de l'analyse des risques microbiologiques, l'Appréciation Quantitative de l'Exposition du consommateur (AQE) à un danger microbiologique est une des étapes essentielles. L'AQE a pour but de modéliser le devenir de la bactérie pathogène le long du processus de fabrication, de conservation et d'utilisation par le consommateur. Cette méthodologie a recours à des modèles de microbiologie prévisionnelle en vue de prévoir le comportement du microorganisme en fonction de son environnement. Cette démarche peut être résumée par l'équation H0-ER+ΣI≤FSO (ICMSF, 2002) où H0 représente la contamination initiale, ER, l'inactivation du microorganisme (lié au processus par exemple) et ΣI, l'apport de contamination pendant la fabrication ou la croissance du microorganisme (par exemple lors de la conservation du produit fini). La contamination initiale de la matière première mise en œuvre et les contaminations, dites secondaires, pouvant survenir lors de la transformation sont des éléments clés de cette équation si l'on veut estimer l'exposition finale du consommateur.

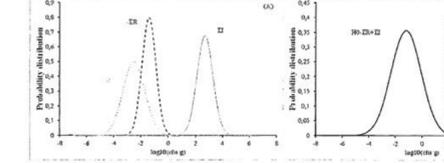


Figure 2. Exemple d'utilisation de la formule de l'ICMSF. (A) Distribution de la contamination (H0) de l'inactivation (ER) et de la croissance / recontamination (ΣI) pour un danger bactérien. (B) Distribution résultante au moment de l'exposition et calcul de la probabilité de dépasser un objectif de sécurité sanitaire ("FSO" pour "Food Safety Objective")

La prise en compte des transferts de microorganismes dans les modèles d'appréciation quantitative des risques microbiologiques existe pour quelques procédés pour lesquels les phénomènes de transfert sont prédominants (Chapman et al., 2016, Pouillot et al., 2015, Tenenhaus-Aziza et al., 2014). L'une des principales conséquences de tels phénomènes est l'augmentation de la prévalence de produits contaminés en cours de production, ce qui ne peut être négligé dans l'estimation de l'exposition et/ou du risque. Cependant, si actuellement, il est possible de recueillir des éléments sur la prévalence et la concentration initiale d'une bactérie pathogène dans la matière première, il est plus difficile d'évaluer l'impact des contaminations secondaires.

Une revue bibliographique recense les différents types de transfert bactériens possibles en industrie agroalimentaire, les modèles associés et dispositifs expérimentaux permettant de mesurer ces transferts (Perez Rodriguez, 2008) ; l'évaluation d'un taux de transfert entre deux surfaces est l'approche la plus couramment utilisée pour modéliser les transferts bactériens. Il existe différents dispositifs expérimentaux pour quantifier expérimentalement un taux de transfert. La difficulté principale est le choix de la méthode de recouvrement des bactéries (écouvillonnage, boîtes contact, etc.) et la capacité du dispositif à capter la variabilité du taux, qui peut parfois être très grande et peu reproductible. Les taux de transfert

de plusieurs micro-organismes sont aujourd'hui disponibles, par exemple pour Listeria monocytogenes (Hoelzer et al., 2012) ou les norovirus (Shieh et al., 2014). Lorsque les taux de transfert sont estimés, des modèles plus élaborés, dits compartimentaux, permettent de simuler l'évolution des charges bactériennes dans plusieurs compartiments simultanément et de manière dynamique (den Aantrekker et al., 2003). Ils permettent d'observer l'évolution de la charge bactérienne des surfaces et produits impliqués dans le processus au cours du temps. Par exemple, un modèle simulant la contamination croisée qui s'opère lors des soins des fromages à croûte lavée tout au long de l'affinage a été proposé. Il compare l'impact des soins manuels et des soins mécaniques (Aziza et al., 2006 ; Tenenhaus-Aziza, 2007). Ces modèles compartimentaux, plus ou moins complexes, sont proposés en vue d'être intégrés ensuite dans des modèles d'Appréciation Quantitative du Risque. En filière laitière, il existe un modèle complet d'AQR de listériose lié à la consommation de fromage à pâte molle au lait pasteurisé tenant compte de l'ensemble du procédé de fabrication et des sources potentielles de contamination. De la pasteurisation à la consommation, il simule la dispersion et l'amplification d'une primo-contamination de l'environnement de l'usine par Listeria monocytogenes, dans le temps, l'espace et entre les produits, en tenant compte de l'impact des mesures de maîtrise telles que les opérations d'hygiène et les plans de contrôles (Tenenhaus-Aziza et al., 2014). De même, les transferts de contamination prennent une place particulièrement importante dans la contamination microbiologique des carcasses à l'abattoir. La modélisation du transfert de Salmonella dans la filière porcine (Hill et al., 2010) ou des Escherichia coli pathogènes dans les abattoirs de bovins (Anses, 2014) est un préalable indispensable à l'évaluation des mesures de maîtrise prises par les professionnels.

SÉCURITÉ SANITAIRE DES ALIMENTS DOSSIER

products and human listeriosis cases. Appl. Environ. Microbiol., 63, 1338-1343. Bridier A., Sanchez-Vizuete P., Guilbaud M., Piard J.C., Naitali M., Briandet R. 2015. Biofilm-associated persistence of food-borne efficacy of a chlorine dioxide-containing sanitizer against single species and binary biofilms of a dairy-associated Bacillus cereus and a Pseudomonas fluorescens isolate. J Appl Microbiol. 92, 352-361. Briandet R., Fechner L., Naitali M., Drenno C. 2012. Biofilms, quand les microbes s'organisent, Ed Quae, 175 p. Carpentier B., Cerf O. 2011. Review - Persistence of Listeria monocytogenes in food industry equipment and premises. Int. J. Food Microbiol. 145, 1-8. Carpentier B. and Chassaing D. 2004 Interactions in biofilms between Listeria monocytogenes and resident microorganisms from food industry premises, Int. J. Food Microbiol. 97, 111-122. Carpentier B. and Cerf O. 1993 Biofilms and their consequences, with particular reference to hygiene in the food industry. J. Appl. Bacteriol. 75 (6), 499-511. Carrasco E., Morales-Rueda A., and Garcia-Gimeno R.M. 2012. Cross-contamination and recontamination by Salmonella in foods: A review. Food Research International 45 (2):545-556. Chapman B., Otten A., Fazil A., Ernst N., Smith B.A. 2016 A review of quantitative microbial risk assessment and consumer process models for Campylobacter in broiler chickens. Microbial Risk Analysis 2-3 3-15. Currie et al. 2015 Multi-Province Listeriosis Outbreak Linked to Contaminated Deli Meat Consumed Primarily in Institutional Settings, Canada, 2008. Foodborne pathogens and disease 12(8):645-52. den Aantrekker E.D., Boom R.M., Zwietering M.H., van Schothorst M. 2003. Quantifying recontamination through factory environments-a review. Int. J. Food Microbiol. 80, 117-130. Eginton P.J. et al. 1998 Changes in the strength of attachment of micro-organisms to surfaces following treatment with disinfectants and cleansing agents. Lett. Appl. Microbiol. 27, 101-105. Gaulin C., Ramsay D., Bekal S. 2012 Widespread listeriosis outbreak attributable to pasteurized cheese, which led to extensive cross-contamination affecting cheese retailers, Quebec, Canada, 2008. J. Food Prot. 75 (1):71-8 Gilbert P., et al. 1998 The use of polyoxamer hydrogels for the assessment of biofilm susceptibility towards biocide treatments. J. Appl. Microbiol. 85, 985-990. Gunduz G.T. and Tuncel G. 2006 Biofilm formation in an ice cream plant. Antonie Van Leeuwenhoek 89, 329-336. Haeghebaert S., Le Querrec F., Vaillant V., Delarocque Astagneau E., Bouvet P. 2001 Les toxo-infections alimentaires collectives en France en 1998. BEH 15, 1-12. Hill A., Simons R., Rammal V., Tennant J., Denman S., Cheney T., Swanenburg M. 2010 Quantitative Microbiological Risk Assessment on Salmonella in Slaughter and Breeder pigs: Final Report. EFSA Publications, Supporting 7 (4). Hoelzer K., Pouillot R., Gallagher D., Silverman M.B., Kause J., Dennis S. 2012. Estimation of Listeria monocytogenes transfer coefficients and efficacy of bacterial removal through cleaning and sanitation. Int. J. Food Microbiol. 157, 267-277. Hoffman A.D. et al. 2003 Listeria monocytogenes contamination patterns for the smoked fish processing environment and for raw fish. J. Food Prot. 66, 52-60. ICMSF (International Commission on the Microbiological Specifications of Foods) 2002 Microorganisms in Foods. 7. Microbiological testing in food safety management. Kluwer/ Plenum, New York. Keskinen L.A., Todd E.C.D., Ryser E.T. 2008 Transfer of surface-dried Listeria monocytogenes from stainless steel knife blades to roast Turkey breasts. J. Food Prot. 71, 176-181. Kumari S., Sarkar P.K. 2016. Bacillus cereus hazard and control in industrial dairy processing environment. Food Control 69, 20-29.

Leriche V. and Carpentier B. 1995 Viable but non culturable Salmonella Typhimurium within single and binary species biofilms in response to chlorine treatment. J Food Prot. 58, 1186-1191. Lindsay D., Brozel V.S., Mostert J.F., von Holy A. 2002 Differential efficacy of a chlorine dioxide-containing sanitizer against single species and binary biofilms of a dairy-associated Bacillus cereus and a Pseudomonas fluorescens isolate. J Appl Microbiol. 92, 352-361. Mettler E. and Carpentier B. 1999 Hygienic quality of floor in relation to surface texture. Institution of Chemical Engineers. 77, 90-96. Midelet-Bourdoin G., Leleu G., Malle P. 2007 Evaluation of the international reference methods NF EN ISO 11290-1 and 11290-2 and an in-house method for the isolation of Listeria monocytogenes from retail seafood products in France. J. Food Prot. 70, 891-900. Midelet G., Kobilinsky A., Carpentier B. 2006 Construction and analysis of fractional multifactorial designs to study attachment strength and transfer of Listeria monocytogenes from pure or mixed biofilms after contact with a solid model food. Appl. Environ. Microbiol. 72, 2313-2321. Midelet-Bourdoin G., Leleu G., Couvreur C., La Carbona S., Denis C. 2014 Bacterial transfers from food to surface Listeria monocytogenes and spoilage bacteria. Poster FoodMicro 1-4 septembre 2014, Nantes. Midelet-Bourdoin G., Leleu G., Couvreur C., La Carbona S., Denis C. 2016 Transferts bactériens de bactéries pathogènes vers l'aliment. Poster Congrès SFM, 22-23 mars 2016, Paris. Oliveira M. et al. 2011 Transfer of Listeria innocua from contaminated compost and irrigation water to lettuce leaves. Food Microbiol. 28, 590-596. Overney A. 2016 Persistence de Listeria monocytogenes dans les ateliers agro-alimentaires : influence de facteurs environnementaux et étude des mécanismes d'adaptation aux stress. Thèse de doctorat. Université Paris-Est - Ecole doctorale ABIIES. Pérez-Rodriguez F., Valero A., Carrasco E., Garcia RM., Zurera G., 2008 Understanding and modelling bacterial transfer to foods: a review. Trends in food science & Technology 19, 134-144. Poinenidou S. et al. 2009 Listeria monocytogenes attachment to and detachment from stainless steel surfaces in a simulated dairy processing environment. Appl. Environ. Microbiol. 75, 7182-7188. Pouillot R., Gallagher D., Tang J., Hoelzer K., Kause J., Dennis S.B. 2015. Listeria monocytogenes in retail delicatessens: an interagency risk assessment - Model and baseline results. J. Food Protection 78, 134-145. Reij, M.W. and Den Aantrekker, E.D. 2004 Recontamination as a source of pathogens in processed foods. Int. J. Food Microbiol. 91, 1-11. Rodriguez A., Autio W.R., McLandsborough L.A. 2007 Effect of biofilm dryness on the transfer of Listeria monocytogenes biofilms grown on stainless steel to bologna and hard salami. J. Food Prot. 70, 2480-2484. Shieh Y.C., Tortorello M.L., Fleischman G.J., Li D., Schaffner D.W. 2014 Tracking and modeling norovirus transmission during mechanical slicing of globe tomatoes. Int. J. Food Microbiol. 180, 13-18. Tenenhaus-Aziza F. 2007 Maîtrise des dangers microbiologiques en industrie laitière basée sur un modèle d'appréciation quantitative des risques : Application à Listeria monocytogenes dans les fromages à pâte molle au lait pasteurisés. Statistiques [stat]. Agroparistech Français https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01160346/document Tenenhaus-Aziza F., Daudin J., Maffre A., Sanaa M. 2014 Risk-Based Approach for Microbiological Food Safety Management in the Dairy Industry: The Case of Listeria monocytogenes in Soft Cheese Made from Pasteurized Milk. Risk Analysis 34(1), 56-74. Truelstrup Hansen L. and Vogel B.F. 2011 Desiccation of adhering and biofilm Listeria monocytogenes on stainless steel: Survival and transfer to salmon products. Int. J. Food Microbiol. 146, 88-93.

products and human listeriosis cases. Appl. Environ. Microbiol., 63, 1338-1343. Bridier A., Sanchez-Vizuete P., Guilbaud M., Piard J.C., Naitali M., Briandet R. 2015. Biofilm-associated persistence of food-borne efficacy of a chlorine dioxide-containing sanitizer against single species and binary biofilms of a dairy-associated Bacillus cereus and a Pseudomonas fluorescens isolate. J Appl Microbiol. 92, 352-361. Briandet R., Fechner L., Naitali M., Drenno C. 2012. Biofilms, quand les microbes s'organisent, Ed Quae, 175 p. Carpentier B., Cerf O. 2011. Review - Persistence of Listeria monocytogenes in food industry equipment and premises. Int. J. Food Microbiol. 145, 1-8. Carpentier B. and Chassaing D. 2004 Interactions in biofilms between Listeria monocytogenes and resident microorganisms from food industry premises, Int. J. Food Microbiol. 97, 111-122. Carpentier B. and Cerf O. 1993 Biofilms and their consequences, with particular reference to hygiene in the food industry. J. Appl. Bacteriol. 75 (6), 499-511. Carrasco E., Morales-Rueda A., and Garcia-Gimeno R.M. 2012. Cross-contamination and recontamination by Salmonella in foods: A review. Food Research International 45 (2):545-556. Chapman B., Otten A., Fazil A., Ernst N., Smith B.A. 2016 A review of quantitative microbial risk assessment and consumer process models for Campylobacter in broiler chickens. Microbial Risk Analysis 2-3 3-15. Currie et al. 2015 Multi-Province Listeriosis Outbreak Linked to Contaminated Deli Meat Consumed Primarily in Institutional Settings, Canada, 2008. Foodborne pathogens and disease 12(8):645-52. den Aantrekker E.D., Boom R.M., Zwietering M.H., van Schothorst M. 2003. Quantifying recontamination through factory environments-a review. Int. J. Food Microbiol. 80, 117-130. Eginton P.J. et al. 1998 Changes in the strength of attachment of micro-organisms to surfaces following treatment with disinfectants and cleansing agents. Lett. Appl. Microbiol. 27, 101-105. Gaulin C., Ramsay D., Bekal S. 2012 Widespread listeriosis outbreak attributable to pasteurized cheese, which led to extensive cross-contamination affecting cheese retailers, Quebec, Canada, 2008. J. Food Prot. 75 (1):71-8 Gilbert P., et al. 1998 The use of polyoxamer hydrogels for the assessment of biofilm susceptibility towards biocide treatments. J. Appl. Microbiol. 85, 985-990. Gunduz G.T. and Tuncel G. 2006 Biofilm formation in an ice cream plant. Antonie Van Leeuwenhoek 89, 329-336. Haeghebaert S., Le Querrec F., Vaillant V., Delarocque Astagneau E., Bouvet P. 2001 Les toxo-infections alimentaires collectives en France en 1998. BEH 15, 1-12. Hill A., Simons R., Rammal V., Tennant J., Denman S., Cheney T., Swanenburg M. 2010 Quantitative Microbiological Risk Assessment on Salmonella in Slaughter and Breeder pigs: Final Report. EFSA Publications, Supporting 7 (4). Hoelzer K., Pouillot R., Gallagher D., Silverman M.B., Kause J., Dennis S. 2012. Estimation of Listeria monocytogenes transfer coefficients and efficacy of bacterial removal through cleaning and sanitation. Int. J. Food Microbiol. 157, 267-277. Hoffman A.D. et al. 2003 Listeria monocytogenes contamination patterns for the smoked fish processing environment and for raw fish. J. Food Prot. 66, 52-60. ICMSF (International Commission on the Microbiological Specifications of Foods) 2002 Microorganisms in Foods. 7. Microbiological testing in food safety management. Kluwer/ Plenum, New York. Keskinen L.A., Todd E.C.D., Ryser E.T. 2008 Transfer of surface-dried Listeria monocytogenes from stainless steel knife blades to roast Turkey breasts. J. Food Prot. 71, 176-181. Kumari S., Sarkar P.K. 2016. Bacillus cereus hazard and control in industrial dairy processing environment. Food Control 69, 20-29.

DOSSIER

Valider ses mesures de maîtrise en industrie agroalimentaire grâce à la modélisation et l'appréciation quantitative des risques

Fanny TENENHAUS-AZIZA (1), Laurent GUILLIER(2), Valérie MICHEL(3), Catherine DENIS(4), Valérie STAHL(5) (1)\* CNIEL (Centre National Interprofessionnel de l'Economie Laitière), Paris, (2)\* Anses, Laboratoire de sécurité des aliments, Maisons Alfort, (3)\*ACTALIA, Produits Laitiers, (4)\*\*\*ACTALIA, Sécurité des aliments, Saint Lô, (5)\*\*Aérial, Ilkirch, \*membre, \*\*organisme porteur et \*\*\*co-animation du RMT Actia Qualima

Les mesures de maîtrise, qui s'inscrivent dans le cadre du plan HACCP et plus largement dans le cadre du plan de maîtrise sanitaire, sont au cœur des préoccupations des professionnels du secteur agroalimentaire. Les systèmes de gestion de la sécurité des aliments basés sur les dangers ont évolué vers des systèmes basés sur le risque, qui confrontent l'efficacité du système à un niveau de santé publique. La microbiologie prévisionnelle et l'appréciation quantitative des risques microbiologiques sont deux outils émergents, qui permettent de valider les mesures de maîtrise avec une approche basée sur le risque. Leur utilisation est croissante et il est important que les professionnels et autorités sanitaires disposent d'un langage et d'une méthodologie commune. Mots-clés : sécurité sanitaire des aliments, mesures de maîtrise, validation, appréciation quantitative des risques, microbiologie prévisionnelle, plan de maîtrise sanitaire

ABSTRACT The food safety control measures, which are part of the HACCP plan, are of major concern for the stakeholders of the agri-food sector. Hazard-based food safety management systems have evolved into risk-based systems, that allow to compare the effectiveness of a food safety system with a level of public health. Predictive microbiology and quantitative risk assessment are two emerging tools that allow validation of control measures using a risk-based approach. Their use has grown over the last 10 years and it is necessary that food business operators and food safety authorities have a common language and methodology. Keywords: food safety, food quality, control measures, validation, quantitative risk assessment, predictive microbiology

INTRODUCTION

Les crises alimentaires des dernières décennies sont liées entre autres à l'évolution des habitudes de consommation et des modes de production et à l'augmentation des échanges commerciaux. Elles ont conduit les consommateurs à être plus sensibles à la sécurité des aliments (Hugas et al., 2007). Dans ce contexte, les gestionnaires du risque ont développé un système de sécurité des aliments efficace. En janvier 2000, la Commission européenne a ainsi adopté le « Livre blanc sur la sécurité alimentaire » (Commission européenne, 2000). Ce Livre Blanc est le préambule aux textes qui constituent aujourd'hui le « Paquet hygiène » et en définit les grands principes. Parmi ces grands principes, certains ont modifié significativement l'approche de la sécurité sanitaire : la maîtrise de la sécurité doit s'appliquer « de la fourche à la fourchette » ; chaque acteur est responsable à son niveau, de la sécurité des aliments et de l'application de mesures de maîtrise validées ; les produits dangereux ne doivent pas être mis sur le marché et il est nécessaire d'intervenir quand un produit non conforme a été mis sur le marché ; la traçabilité à chaque étape de la chaîne de production alimentaire doit être assurée ; la législation est basée sur l'analyse des risques. La mise en application du Paquet hygiène en 2006, et en particulier du règlement 178/2002 (« Food Law ») reprend ces principes. Les mesures de maîtrise, qui s'inscrivent dans le cadre du plan HACCP (Communication de la commission européenne, 2016) et plus largement dans le cadre du plan de maîtrise sanitaire (tel que défini dans l'arrêté du 8 juin 2006 relatif à l'agrément sanitaire), sont au cœur des préoccupations des professionnels du secteur agroalimentaire. En effet, ces derniers ont l'obligation de prendre toutes les mesures nécessaires pour garantir la sécurité sanitaire de leurs produits. Pour

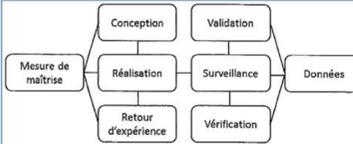


Figure 1. Mesures de maîtrise et besoin de données

OUTILS POUR VALIDER LES MESURES DE MAÎTRISE

L'étape de validation peut s'appuyer sur la collecte et l'évaluation de données scientifiques, techniques et d'observations, dans le but de déterminer si les mesures envisagées permettent ou non de maîtriser le danger. Différentes approches peuvent être utilisées : documentation scientifique ou technique, études antérieures de validation ou antécédents connus quant à l'efficacité des mesures de maîtrise, essais scientifiques expérimentaux valides confirmant l'adéquation des mesures de maîtrise, collecte de données dans des conditions opérationnelles normales de production alimentaire, modélisation mathématique, études. Il est important que les professionnels et autorités disposent d'un langage et d'une méthodologie commune, en particulier pour les approches émergentes telles que la modélisation mathématique.

SÉCURITÉ SANITAIRE DES ALIMENTS DOSSIER

ÉMERGENCE DE L'APPROCHE DE MODÉLISATION BASÉE SUR LE RISQUE POUR LA SÉCURITÉ SANITAIRE DES ALIMENTS

En termes de modélisation des risques microbiologiques, la microbiologie prévisionnelle et l'appréciation quantitative des risques microbiologiques sont deux approches émergentes. Même si ces outils restent encore d'utilisation marginale par les entreprises, on constate que leur utilisation est de plus en plus systématique, au moins par les agences sanitaires, les grandes entreprises agroalimentaires et les Instituts Techniques Agro-Industriels (ITAI).

Cette émergence est rendue possible pour différentes raisons :

- L'évolution vers une approche de la qualité sanitaire des aliments basée sur le risque et non plus sur le danger : Les avis scientifiques des agences de sécurité sanitaire des aliments sont généralement fondés sur une Appréciation des Risques. Cette approche trouve son origine dans l'accord sur l'application des mesures sanitaires et phytosanitaires (« Accords SPS ») de l'Organisation Mondiale pour le Commerce (OMC, 1995) qui stipule, qu'en cas d'un refus d'importation d'un produit alimentaire, un Etat doit pouvoir montrer, à partir d'une évaluation du risque, scientifique et transparente, que le produit ne permet pas de respecter le « degré approprié de protection » (figure 2, encadré). Dans ce contexte, les systèmes de gestion de la sécurité des aliments basés sur les dangers (réglementation prescriptive, obligation de moyens, contrôles des produits finis) ont évolué vers des systèmes basés sur le risque, qui confrontent l'efficacité du système à un niveau de santé publique. Certains référentiels, comme par exemples, la règle des 60 jours d'affinage pour les fromages au lait cru aux Etats-Unis, la nécessité de réduire de 7 log ufc/g la concentration en salmonelles dans les volailles, la nécessité de chauffer 2 minutes à 70°C pour maîtriser le danger Listeria monocytogenes, peuvent donc être remis en question pour répondre à un objectif plus spécifique de santé publique. Au niveau européen, la mise en application de la réglementation européenne « Foodlaw » et du Paquet hygiène en 2006 place l'analyse des risques au centre du système de sécurité sanitaire. Aux Etats-Unis, la Food and Drug Administration (FDA) a récemment introduit dans la Loi sur la Modernisation et la Sécurité des Aliments (FSMA) la Loi sur l'Analyse des Risques et des Contrôles Préventifs Basés sur les Risques (HARCR).

- Rationalisation des coûts expérimentaux : On observe une utilisation de plus en plus fréquente de la microbiologie prévisionnelle pour la validation de la durée de vie microbiologique des aliments. Cette approche permet d'appréhender des très faibles niveaux de contamination, pour lesquels il aurait été difficile de passer par une approche expérimentale classique de type challenge-tests. Elle permet également de simuler plusieurs niveaux de contamination initiale et plusieurs scénarios de conservation du produit, pouvant inclure par exemple des ruptures de la chaîne du froid. De même les modèles AQR permettent de simuler différentes options de gestion ou conditions de fabrication, sans pour autant devoir réaliser les expérimentations correspondantes.

- Vulgarisation croissante de l'approche AQR et disponibilité d'un nombre de plus en plus important d'outils : Aujourd'hui il existe des logiciels de simulations disponibles en ligne, qui proposent différents outils (Tenenhaus-Aziza et Ellouze, 2015) : microbiologie prévisionnelle (Sym'Previs, ComBase), appréciation quantitative des risques (FDA-iRisk, MicroHibro) et échantillonnage (Baseline). A l'international, des workshops et webinars sont régulièrement organisés en marge des grandes conférences sur la sécurité sanitaire des aliments (IAFP, FoodMicro, etc). Fin 2016, l'Université de Wageningen a mis en ligne un cours portant, entre autres, sur l'appréciation des risques chimiques et microbiologiques dans les aliments.

- Progrès de l'appréciation quantitative des risques microbiologiques (AQR) : Cette approche vise à estimer, par modélisation et par simulation numérique, le risque d'effet néfaste (maladie, décès) pour le consommateur suite à l'exposition à un danger microbien présent dans l'aliment. Elle prend en compte l'ensemble de la vie du produit, « de la fourche à la fourchette ». Lorsqu'elle est quantitative, elle permet de quantifier l'impact d'un procédé de fabrication, d'une mesure de maîtrise ou encore d'une contamination de la matière première, sur le risque pour le consommateur. Le risque est souvent exprimé sous forme de probabilité. Cette discipline a également fait l'objet de nombreux développements conceptuels et méthodologiques lors des 20 dernières années. La nature biologique des agents considérés a nécessité le développement d'une méthode adaptée, la microbiologie prévisionnelle, qui permet de simuler au cours du temps le comportement des bactéries dans l'aliment, en fonction des paramètres physicochimiques tels que le pH, la température, l'activité de l'eau, les acides organiques. L'annexe 2 du règlement CE 2073/2005 recommande aux opérateurs la mise en œuvre d'études basées sur la

DOSSIER

LES NOUVELLES MÉTRIQUES POUR ÉTABLIR UN LIEN CONCRET ENTRE AQR ET MESURES DE MAÎTRISE

Les nouvelles métriques introduites par la Commission du Codex alimentaire dans le courant des années 2000 permettent de faire le lien entre les modèles AQR et les mesures de maîtrise (Figure 2 et encadré). Le Degré Approprié de Protection de la Santé (ou Appropriate Level Of Protection - ALOP) proposé dans les accords SPS en 1994, est repris par l'ICMSF, qui développe le concept de « Food Safety Objectives » (FSO), dans lequel l'ALOP est converti en un niveau de danger dans un aliment (ICMSF, 2002). En effet, l'ALOP qui s'exprime par l'intermédiaire d'une « probabilité de maladie » ou encore d'un « nombre de cas par an » est difficilement maniable par les gouvernements (notamment en termes de communication) et par les industriels. Le concept de FSO est alors défini par la Commission du Codex alimentarius comme suit : « la fréquence maximale et/ou la concentration maximale d'un danger dans un aliment au moment de sa consommation, qui contribue à l'obtention du degré approprié de protection de la santé ». De ce concept découlent, entre autres, les concepts d'objectif de performance, de critère de performance, de critère de produit et de critère de procédé, indicateurs définis par l'entreprise à des niveaux antérieurs de la chaîne de fabrication du produit. Ces indicateurs permettent de mesurer la capacité d'une mesure de maîtrise ou d'une combinaison de mesures de maîtrise à garantir le respect d'un FSO et donc d'un ALOP (Figure 2 et encadré) et peuvent faire l'objet de points critiques pour la maîtrise (CCP), et leur limite critique le cas échéant, dans le cadre du plan HACCP.

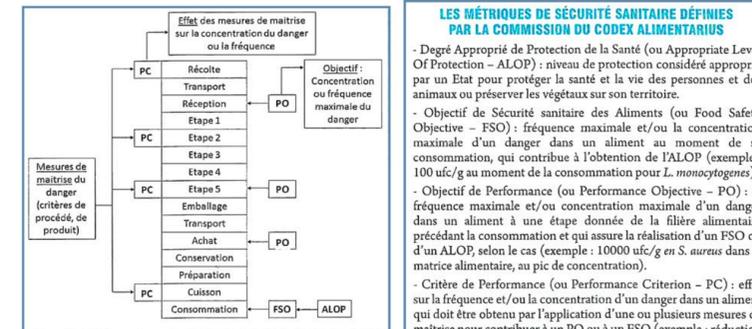


Figure 2 : Métriques de gestion du risque dans la chaîne de production alimentaire

EXEMPLES DE VALIDATION DE MESURES DE MAÎTRISE

Aujourd'hui, les progrès de l'appréciation quantitative des risques microbiologiques permettent d'envisager l'utilisation de cette démarche par les professionnels pour obtenir des résultats pertinents en matière de sécurité sanitaire des aliments et notamment en termes de validation des mesures de maîtrise. Au niveau industriel, il n'est pas forcément nécessaire d'aller jusqu'à l'appréciation quantitative du risque : un professionnel souhaitant s'assurer qu'il respecte un critère microbiologique donné réalisera une appréciation quantitative de l'exposition (AQE), sans nécessairement aller jusqu'au risque. Si un grand nombre de modèles AQR ou AQE ont été développés et sont disponibles dans la littérature scientifique (e.g. Membre et al, 2015; Pouillot et al, 2007; Perrin et al, 2014; Tenenhaus-Aziza et al, 2014), la complexité de la démarche peut rendre difficile son utilisation

SÉCURITÉ SANITAIRE DES ALIMENTS DOSSIER

2014; EFSA, 2014). Cet exemple témoigne de l'intérêt de mettre en œuvre la démarche puisqu'elle ouvre la voie à une modification de la réglementation, sur une base objective. Enfin, d'autres témoignages montrent que l'approche permet également de faciliter les relations avec les inspecteurs, notamment dans des situations de crise. Un effort de vulgarisation et d'explication de l'intérêt des démarches de type AQR reste bien sûr à faire, vers l'ensemble des acteurs de la chaîne alimentaire, pour rendre les choses plus accessibles et faciliter le déploiement et le déroulement. C'est un des objectifs du RMT Actia Qualima.

LE RMT ACTIA QUALIMA: POUR UNE UTILISATION FACILITÉE DE LA MODÉLISATION ET DE L'AQR SUR LE TERRAIN

Le RMT Actia QUALIMA « Qualité microbiologie des aliments » regroupe un ensemble de compétences en microbiologie alimentaire, biostatistique, modélisation, génie des procédés alimentaires, physico-chimie des aliments et génie frigorifique (https://www.actia-asso.eu/fiche/rmt-75-qualima.html). Couplé à un effort de vulgarisation, le RMT a pour objectif d'harmoniser les approches de modélisation existantes et de construire des outils rendant la méthodologie accessible à tous. En voici quelques exemples :

- Des logigrammes pour un déploiement structuré : Un travail de formalisation de la conduite d'une étude AQE est en cours afin de faciliter l'appropriation par les différents acteurs (professionnels, ITAI, autorités compétentes). Un groupe de travail du RMT Actia QUALIMA a déjà établi deux logigrammes en ce sens : le premier aborde les questions auxquelles peut répondre une démarche AQE, en distinguant les différents

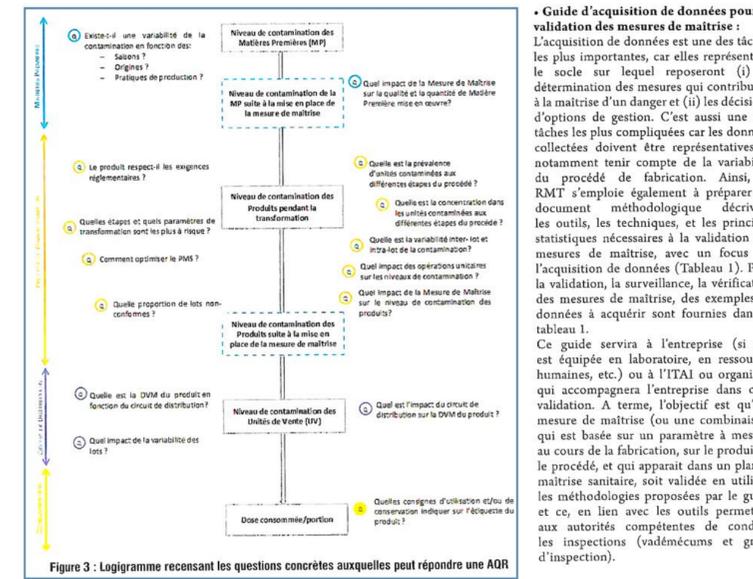


Figure 3 : Logigramme recensant les questions concrètes auxquelles peut répondre une AQR

DOSSIER

- Reconnaissance de l'approche par les autorités sanitaires au niveau national : Les professionnels de l'agroalimentaire ont la responsabilité d'appliquer sur site industriel des mesures de maîtrise validées. Les pouvoirs publics s'assurent de la validation des mesures et de leur application. Dans ce contexte, il est important d'établir des lignes directrices communes. Le RMT Actia QUALIMA mène donc différents travaux interactifs avec les pouvoirs publics. En particulier, la DGAL-BASCA, le RMT et l'ACTIA ont élaboré une mallette pédagogique en vue de former les inspecteurs et les opérateurs du secteur agroalimentaire aux outils de détermination de la durée de vie microbiologique des aliments.

La Mallette Pédagogique se compose de diaporamas, de documents techniques et d'un logigramme. Elle présente la « durée de vie », comme mesure de maîtrise, dans le contexte réglementaire du Paquet Hygiène. Elle illustre la complémentarité des outils disponibles pour déterminer ou vérifier la pertinence d'une durée de vie microbiologique. Elle précise les niveaux de responsabilité des opérateurs et des inspecteurs. En particulier sont développées des études de cas utilisant la microbiologie prévisionnelle relatives à l'analyse des dangers, la classification de l'aliment en fonction de ses caractéristiques microbiologiques et physico-chimiques, l'optimisation de procédé et la validation/vérification de la durée de vie microbiologique.

CONCLUSION

La maîtrise des dangers microbiologiques et des germes impliqués dans la sécurité sanitaire des aliments est un élément favorisant l'innovation et le développement de produits nouveaux par les professionnels. Les approches par modélisation, en particulier la microbiologie prévisionnelle et l'appréciation quantitative des risques, permettent d'optimiser la validation des mesures de maîtrise. La plateforme d'échange et de partenariats que constitue le RMT Actia QUALIMA pour les professionnels, les ITAI, les laboratoires de recherche, les pouvoirs publics, et les établissements d'enseignement, permet le développement, l'optimisation et la mise à disposition de professionnels d'une expertise et d'outils performants pour valider les mesures de maîtrise des dangers microbiologiques. Il facilite également l'appropriation de la modélisation et de l'appréciation quantitative des risques microbiologiques par les différents acteurs de la chaîne alimentaire. ■

RÉFÉRENCES

Hugas M., Tsigrarida E., Robinson T., Calistri P. (2007). Risk assessment of biological hazards in the European Union. Intern J Food Microbiol 120 :131-135. Livre blanc sécurité alimentaire (2000). Commission des Communautés Européennes

Communication de la Commission relative à la mise en œuvre d'un plan de maîtrise sanitaire du secteur alimentaire applicable aux programmes prérequis (PRP) et aux procédures fondées sur les principes HACCP, y compris la flexibilité accordée à certaines entreprises (2016). C/2016/4608 Communication du Codex alimentarius (2008). Directives relatives à la validation des mesures de maîtrise de la sécurité alimentaire. CAC/GL 69-2008 Organisation Mondiale du Commerce (1995). The WTO agreement on the application of sanitary and phytosanitary measures (SPS Agreement) Commission du Codex alimentarius (1999). Principes et directives régissant la conduite de l'évaluation des risques microbiologiques. CAC/GL 30-1999 Commission du Codex alimentarius (2007). Principes et directives pour la gestion des risques microbiologiques (GRM). CAC/GL 63-2007 Tenenhaus-Aziza F., Ellouze M. (2015). Software for predictive microbiology and risk assessment: a description and comparison of tools presented at the ICFPM8 Software Fair. Food microbiology 45(Pt B):290-9 ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Foods) (2002). Microorganisms in Food 7. Microbiological testing in food safety management. NY :Kluwer Academic/Plenum Membre J.-M., Diao M., Thorin C., Cordier G., Zuber F., André S. (2015) Risk assessment of proteolytic Clostridium botulinum in canned foie gras. International Journal of Food Microbiology 210: 62–72 Pouillot R., Miconnet N., Afchain A.-L., Delignette-Muller M.-L., Beaufort A., Rosso L., Denis J.-B., Cornu M. (2007). Quantitative risk assessment of Listeria monocytogenes in French cold-smoked salmon: I. Quantitative exposure assessment. Risk Analysis 27(3):683-700 Perrin F., Tenenhaus-Aziza F., Michel V., Miszczycka S., Bel N., Sanaa M. (2014). Quantitative risk assessment of Hemolytic and Uremic Syndrome Linked to O157:H7 and non-O157:H7 Shiga-toxin Producing Escherichia coli strains in raw milk soft cheeses. Risk analysis 35(1) : 109–128 Tenenhaus-Aziza F., Daudin J.-J., Maffre A., Sanaa M. (2014). Risk-Based Approach for Microbiological Food Safety Management in the Dairy Industry: The Case of Listeria monocytogenes in Soft Cheese Made from Pasteurized Milk. Risk Analysis 34: 56–74 Anses. (2014). Avis de l'Anses relatif à « la sécurité et la salubrité microbiologique des carcasses de porcs réfrigérées en chambre froide puis transportées en camion frigorifique ». EFSA. (2014). Scientific Opinion on the public health risks related to the maintenance of the cold chain during storage and transport of meat. Part 1 (meat of domestic ungulates). EFSA Journal 12(3) : 3061

# DOSSIER EMBALLAGE

Agréé depuis 2008 par le ministère en charge de l'Agroalimentaire, le **RMT Actia ProPack Food** développe ses travaux sur la **maîtrise** de la qualité et la **sécurité sanitaire des aliments** par une approche intégrée des procédés de transformation des emballages et des aliments. Ses actions sont orientées sur les quatre thématiques suivantes :

- **Emballages et risques chimiques** (mécanismes de formation des composés néoformés, développement d'outils prédictifs et d'analyses de risques, nanoparticules...);
- **Fonctionnalisation des emballages** (emballages actifs à activité antimicrobienne et/ou antioxydante, modélisation des transferts de gaz pour les conditionnements sous atmosphères modifiées, optimisation des propriétés barrière des matériaux...);
- **Emballages et environnement** (outils d'écoconception, emballages biosourcés, paramètres impactant la recyclabilité, évaluation de la biodégradabilité et de la compostabilité...);
- **Emballages et aptitude à l'usage** (caractérisation des fonctions d'aptitude et d'usage, compréhension de l'impact des variables physiques sur les transferts de sensation chez le consommateur...).

Reposant sur ces **quatre thématiques**, le programme de travail du RMT se décline sur **trois actions** : programmes collaboratifs de **Recherche et Développement**, actions de **transfert vers l'industrie** et **promotion des nouvelles connaissances** dans **l'enseignement supérieur et technique** (Cf. la plate-forme web <http://rmt-propackfood.actia-asso.eu>).

Le RMT Actia ProPack Food regroupe actuellement **17 partenaires français, experts** sur la thématique et répartis sur le territoire national.

Pour ce **dossier spécial «Emballage et conditionnement»**, les **partenaires du RMT Actia ProPack Food** ont souhaité présenter des articles de synthèse sur la technique RMN permettant l'identification des **composés néoformés**, les **nanomatériaux**, la structure et les propriétés du liège, la congruence entre **l'emballage** et **l'aliment**, ainsi que les résultats des travaux issus d'une coopération franco-thaïlandaise portant sur les **enrobages comestibles** et les **emballages actifs** pour la conservation d'aliments périssables.

Suite à notre symposium **MATBIM 2017**, organisé fin avril sur Porto au Portugal, deux posters présentés par les équipes sont également insérés dans ce numéro :

- la **migration indirecte** des papiers-cartons via un film de polypropylène ;
- l'**UMT** (Unité Mixte Technologique) **Actia SafeMat** dédié à la sécurité des matériaux et emballages au contact, agréée depuis janvier 2017 par le ministère en charge de l'Agroalimentaire.

Chacun demeure à votre écoute pour approfondir avec vous leurs résultats et leurs travaux.

*Catherine LORIOT*  
Direction des Essais LNE  
Coördinateur du RMT Actia ProPack Food

*Didier MAJOU*  
Directeur Général ACTIA



## EN BREF

**ACTIA 9 UMT AGRÉÉES**

■ Le ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt a agréé 9 UMT (unités mixtes de technologies), à la suite des avis du conseil scientifique et technique de l'Actia : ASIICS sur la gestion des crises sanitaires [Actalia, Anse, Ifip], Bali sur la biodisponibilité des lipides et de l'intestin [Itegr, Bordeaux Sciences Agro, Unité Carmen], From'Capt sur les capteurs pour transformation fromagère [Actalia, Femto-ST, Inra Urtal, Isba Poligny], Minicave sur la microvinification [IFV, Inra, Montpellier Supagro], Newcarn sur les nouveaux produits carnés [Adiv, Inra Quapa, Université Blaise-Pascal], Nova2Cidre sur la filière cidricole [IFPC, Inra BIA, Inra IRHS], Optimalt sur les qualités du malt [IFBM, Université de Lorraine], Safemat sur la sécurité des emballages [LNE, UMR Génial], Virocontrol 2 sur la maîtrise des virus entériques [Actalia, LCPME].

**46** mars 2017 RIA N°787

## DOSSIER DÉSINFECTION

# Ozone : un oxydant puissant qui ne laisse pas de trace

Utilisé pour décontaminer tout type de surface, il trouve son intérêt en dépollution chimique ou encore pour le traitement des végétaux.

« **L**a première application industrielle de l'ozone pour le traitement d'eau potable remonte à 1907, à Nice (Alpes-Maritimes) », rappelle Alain Mimaud, gérant d'Ozone Service, constructeur et installateur d'équipements de traitement à l'ozone ou à l'eau ozonée. Il existe trois applications majeures pour l'usage de cet oxydant puissant en agroalimentaire : la dispersion dans les locaux sous forme gazeuse en absence de personnel (la nuit ou le week-end), l'injection directe dans l'eau de process ou de recyclage ou encore l'aspersion d'eau ozonée sur des surfaces intérieures (cuves, tuyaux) ou ouvertes : locaux, équipements, voire des emballages avant étape de déconditionnement (lire RIA n° 753 p. 57, ou encore p. 45 de ce numéro).

## Action germicide rapide et sans résidus

L'ozone (O<sub>3</sub>) a une action germicide sur les bactéries, les virus, les moisissures, les levures, les protozoaires et divers parasites. Les temps d'application sont relativement courts pour obtenir l'effet attendu, quelques dizaines de secondes seulement le plus souvent. « L'eau ozonée au taux de 3 ppm pendant 35 secondes suffit à abattre de plusieurs log une population bactérienne. L'action est en fait fonction de

**Que ce soit sous forme gazeuse ou dissous dans l'eau, l'ozone dispose d'un large champ d'applications**

la concentration et du temps d'application, présente Yann Chevelu, dirigeant d'Alphatech, installateur d'équipements de production et de traitement à l'ozone. Sous forme gazeuse, deux heures de traitement à 3 ppm suffisent en général à désinfecter des locaux, pendant la nuit par exemple. L'avantage est que ce désinfectant est non rémanent. Les utilisateurs sont seu-



## UniLasalle Une plateforme technologique dédiée

Cette unité compte déjà une quinzaine de projets industriels.

« L'école d'ingénieurs UniLasalle-Beauvais (agronomie & agro-industrie, alimentation & santé et sciences de la Terre & environnement) s'est équipée d'une plateforme technologique dotée de plusieurs pilotes industriels. Inaugurée le 13 janvier 2017 après quelques mois d'exploitation, elle bénéficie de plusieurs années de recherche menée au sein de l'école et de six brevets sur l'emploi de l'ozone. « Nous menons actuellement une quinzaine de projets industriels dont les deux tiers s'adressent à l'agroalimentaire », présente Thierry Aussenac, directeur scientifique d'UniLasalle. La plateforme exploite la réactivité exceptionnelle de l'ozone pour le traitement des eaux usées (abattement de la DBO et de la DCO) ou de process (recyclage), l'élimination des micropolluants (myco-toxines) et des résidus de pesticides ou encore la suppression des germes.

### Partenariats

« Les développements de cette unité unique en Europe sont à vocation cognitive et à finalité industrielle. Dans le domaine agroalimentaire, nos travaux

sur la suppression de la charge microbienne ou chimique bénéficient d'un fonds unifié interministériel dans le cadre d'un programme appelé Ozone 2020. Une part de notre mission, en partenariat avec d'autres organismes dont Actalia, est de fournir des données scientifiques à l'administration pour aider à bâtir des textes réglementaires. Nous travaillons aussi directement avec des industriels, tel le groupe Bonduelle, pour la décontamination de végétaux. L'ozone convient aux traitements de légumes aussi bien frais que secs. »

### Super-mélanges

Bien sûr, l'ozone peut être une voie de substitution au chlore mais peut aussi, en combinaison avec d'autres molécules, donner naissance à des produits ultrapuissants pour la désinfection ou encore pour la décontamination de sites ou d'effluents. « Nous associons par exemple du peroxyde d'hydrogène ou encore des acides faibles à de l'ozone pour accroître son pouvoir d'oxydation et déclencher des réactions radicalaires. »

lement tenus, dans une procédure de décontamination, à une obligation de résultats en référence au règlement du « paquet hygiène ». Rapidement, il ne reste aucune trace d'O<sub>3</sub>. »

### À produire sur place

L'ozone n'est pas stockable : il faut le produire sur place. « Une alimentation électrique, en eau et air comprimé de bonne qualité est nécessaire. La stabilité de l'ozone dans l'eau est fonction de la qualité de l'eau, de une seconde si l'eau est sale à quelques heures dans de l'eau très propre. Notons qu'en amont de stations d'épuration, cet agent oxydant est bénéfique. En effet, il permet de réduire drastiquement la BDO et la DCO des effluents, ce qui soulage les installations de traitement. Pour un rejet en milieu naturel, l'ozone diminue la charge en carbone mais aussi la pollution bactériologique. »

## Protection du personnel : une réglementation stricte

**FICHE TOXICOLOGIQUE.** L'Institut national de recherche et de sécurité (INRS), dans la fiche toxicologique 43 (mise à jour en 2013), précise les valeurs limites d'exposition professionnelle de ce gaz très instable en France. Deux précautions sont à respecter : une valeur moyenne durant huit heures qui ne peut excéder 0,1 ppm (soit 0,2 mg/m<sup>3</sup>) et une valeur d'exposition à court terme (quinze minutes au maximum) de 0,2 ppm (soit 0,4 mg/m<sup>3</sup>).

**ODEUR PIQUANTE.** Le taux naturel au niveau du sol varie de 0,005 à 0,05 ppm selon les saisons. À température ambiante, l'ozone est incolore mais son odeur piquante caractéristique est décelable dès la concentration de 0,01 ppm. L'accoutumance est rapide. L'ozone, absorbé au niveau des muqueuses des voies respiratoires (nez, trachée, bronches, alvéoles), réagit localement en induisant des lésions des membranes cellulaires. Chez l'homme, des lésions pulmonaires sévères apparaissent à 9 ppm. Des études sur des volontaires montrent qu'à 0,4 mg/m<sup>3</sup> (0,2 ppm) pendant six heures des modifications fonctionnelles respiratoires apparaissent mais sont réversibles.

**RECOMMANDATIONS.** L'INRS recommande d'instruire les personnels des risques, des précautions et mesures à prendre. Système de ventilation, appareils de protection respiratoire, dispositifs de mesure de la teneur en O<sub>3</sub> avec alarme sont préconisés dans les locaux. Pour les zones d'utilisation d'ozone, les dégagements doivent être minimisés et de fréquents contrôles d'atmosphère doivent être conduits.



ACTIA NON CITÉE

UMT  
VIROCONTROL  
VIRUS ENTÉRIQUES

## DOSSIER DÉSINFECTION

Enfin, sous forme de gaz, outre la désinfection d'ambiance, il est parfois utilisé pour désodoriser des rejets gazeux », souligne Alain Mimaud.

### Substitution au chlore

Du côté de l'efficacité germicide, des tests nombreux ont été menés sur de très nombreux germes. « 17 000 souches de micro-organismes ont été étudiées », précise Yann Chevelu. « L'effet sur les virus et les parasites est supérieur à celui de l'eau de Javel », souligne Thierry Aussenac, directeur scientifique d'UniLasalle-Beauvais, alors que pour Bernard Picoche, directeur du pôle sécurité des aliments d'Actalia, « les différences d'efficacité entre le chlore et l'ozone demandent à être démontrées. L'appréciation des deux agents oxydants est aussi liée à leur accessibilité aux cibles biologiques ».

De toute évidence, si l'eau ozonée entre prochainement sur la liste des auxiliaires technologiques pour la désinfection des fruits et légumes, les utilisateurs devront de toute façon tenir compte de la présence de terre ou de matériel biologique divers au contact des produits. Quoi qu'il en soit « l'ozone est un excellent substitut du chlore en terme de désinfection. Nous travaillons à quantifier son efficacité pour le lavage des végétaux, pour remettre des données validées à l'Anses dès 2018, dans le cadre d'un projet soutenu par un FUT », précise Bernard Picoche.

### Futures applications en France

D'autres pays ont déjà franchi le pas. « Nous avons des applications en Italie pour le rinçage à l'eau ozonée de bouteilles d'eau minérale avant rem-

plissage, mais aussi pour le lavage des fruits et légumes, commente Alain Mimaud. Rien n'empêche techniquement le traitement des fruits et légumes à l'eau ozonée. Des applications sur d'autres produits pourraient même être envisagées à condition qu'ils ne contiennent pas de matières grasses, du fait des caractéristiques oxydatives de l'ozone. » Que ce soit pour désinfecter des locaux, des équipements, des produits, des eaux de process ou de recyclage, l'ozone s'avère être aussi un compétiteur sérieux des autres procédés de par son coût. Il suffit de 0,6 kW pour produire 100 g d'ozone, alors qu'il agit à quelques milligrammes par mètre cube ou quelques ppm dans l'eau. Notons aussi qu'il est actif à partir de 1 °C.

DENIS LEMOINE

## Désinfection des denrées végétales : la réglementation sur le point de changer

### AUXILIAIRES TECHNOLOGIQUES.

La règle sur les auxiliaires technologiques est simple : ce qui n'est pas autorisé est interdit. La France est le seul pays de l'Union européenne qui possède une réglementation sur l'emploi des auxiliaires technologiques. Dans ce cadre, l'usage de l'ozone ou encore de l'eau ozonée ne peut échapper à la règle. Les conditions d'autorisation et d'utilisation des auxiliaires technologiques pouvant être employés dans la fabrication des denrées destinées à l'alimentation humaine sont clairement précisées dans le décret n° 2011-509 du 10 mai 2011.

### ARRÊTÉ DU 30 JANVIER 2015.

L'arrêté du 30 janvier 2015 modifiant l'arrêté du 19 octobre 2006, relatif à l'emploi des auxiliaires technologiques dans la fabrication de certaines denrées et boissons destinées à l'alimentation humaine, n'a pas apporté de modification sur l'emploi de l'ozone. Ce gaz est soumis à autorisation préalable (annexe 2) dans le traitement du blé avant mouture pour la fabrication de farine entrant dans la composition de produits



Si, demain, l'eau ozonée est reconnue comme auxiliaire technologique pour désinfecter les végétaux, l'usage de l'O<sub>3</sub> dans les IAA va fortement se développer.

de pâtisserie ou de panification. Pour l'instant, aucun autre emploi de l'ozone en contact direct avec les denrées alimentaires ne bénéficie en France d'un texte d'autorisation. Et pourtant l'ozone, désinfectant puissant, ne laisse aucun résidu après usage. Composé exclusivement de trois atomes d'oxygène, il se transforme en grande partie en oxygène gazeux.

### ACTALIA ET L'EAU OZONÉE.

Le centre d'expertise technique dans le domaine de l'agroalimentaire mène des travaux à la fois sur l'efficacité germicide du gaz et son

innocuité pour les personnels et les consommateurs. Le but est bien sûr que son usage ne génère pas de problème de santé publique. « Nos travaux aboutiront à des résultats courant 2018, annonce Bernard Picoche, directeur du pôle sécurité des aliments chez Actalia. Les traitements à l'eau ozonée pourraient devenir une technologie du futur pour le traitement des légumes quatrième gamme. » Les données recueillies participeront à clarifier les limites d'emploi, efficacités et risques pour la santé, de quoi enrichir la réflexion de l'Anses si elle est sollicitée pour

rendre un avis. D'autres pays, en particulier des États limitrophes de la France n'ayant pas cette contrainte réglementaire, emploient déjà l'eau ozonée pour traiter les fruits et légumes. Des industriels français, confrontés à cette distorsion de concurrence, sont par ailleurs tentés de franchir le pas... En outre, l'emploi de l'ozone peut aussi, dans certains cas, être la solution la plus réaliste.

### APPLICATION DU GAZ CONTRE LES NOROVIRUS.

Aujourd'hui, Actalia et LCPME (unité mixte de recherche à l'Université de Lorraine) ont déjà pratiqué des recherches sur l'inactivation des norovirus murins et de l'hépatite A sur des framboises par traitement à l'ozone gazeux. Au terme de quelques minutes (une à trois) d'application du gaz (de 1 à 5 ppm, mg/l), les chercheurs ont observé et considéré que cette approche est utile pour la décontamination des fruits frais. « L'usage de l'ozone sous forme gazeuse est encore une démarche prospective par rapport à l'eau ozonée, mais présente un intérêt fort pour les produits qui ne supportent pas de lavage », conclut Bernard Picoche.

## Naturel

## La chasse aux indésirables s'élargit!

La notion de clean label est incontournable mais mal définie. Auparavant elle ciblait les additifs, mais désormais les consommateurs ont des préoccupations encore plus larges. Process Alimentaire fait le point.

À u départ censée signifier le sans additif, la notion de clean label s'est élargie à tous les composés indésirables, validés scientifiquement ou non. Le cabinet Innova Market Insight cite le « Clean supreme » comme première tendance en 2017, ce qui recouvre l'absence d'additifs, d'OGM, des procédés plus respectueux des aliments, des formules plus courtes, de la transparence envers l'origine des ingrédients et des allégations autour de l'environnement ou du bien-être animal.

« Du point de vue du consommateur, l'expression clean label implique la transparence à l'égard des ingrédients contenus dans un produit. Cela couvre de nombreux autres aspects comme l'approvisionnement durable ou la présence d'ingrédients faciles à identifier. Il existe une suspicion croissante quant aux ingrédients cachés », relate Kevin Bael, responsable ingrédients riz chez Benero. Car globalement, les consommateurs cherchent à être rassurés. Fin 2016, Kantar TNS avait révélé que 79 % des Français jugent probable le risque que les ali-

ments nuisent à leur santé (66 % au niveau mondial). Un chiffre inquiétant, qui a pris + 20 points depuis 2014. Le géant des colouring foodstuffs GNT a aussi commandé à TNS une vaste étude sur le sujet. 68 % des personnes interrogées affirment choisir généralement la version la plus « saine » lors de leurs achats. Pour Limagrain, la notion de clean label recouvre des listes d'ingrédients courtes, simples et transparentes, où on ne cache rien. La composition des aliments est particulièrement scrutée en France. Selon GNT, les acheteurs survolent l'étiquette à la recherche d'additifs et d'ingrédients indésirables et s'ils en découvrent, ils reposit le produit.

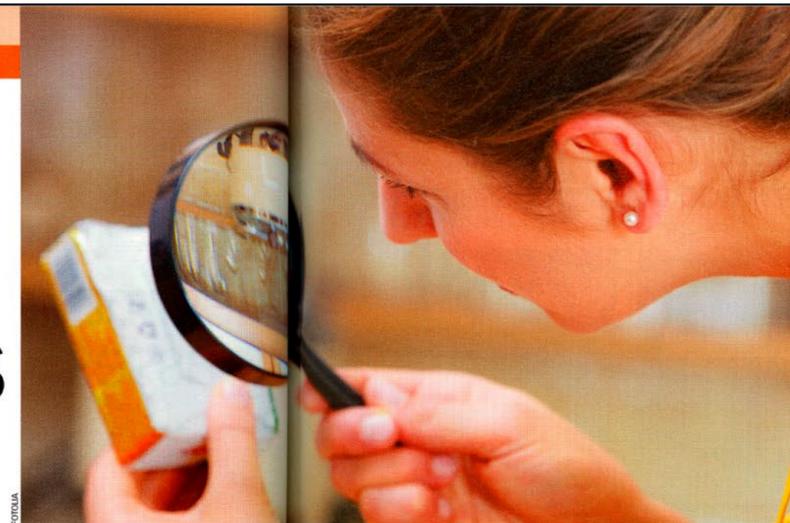
## Des listes d'indésirables

Concrètement, quels sont ces ingrédients indésirables ? Selon Nielsen, plus de la moitié des consommateurs au niveau mondial disent éviter les ingrédients artificiels, les hormones, les antibiotiques et les OGM. « Au niveau européen, ce sont les additifs artificiels, les conservateurs, les colorants, les arômes ou les substances chimiques et résidus de pesticides qui sont le plus souvent mis à l'écart », explique Christine Chéné, directrice d'Adrianor. Ces indésirables changent au fil du temps et selon les pays. Un des meilleurs exemples est l'huile de palme en France. LRBéva Nutrition, la division nutrition du groupe Foodinnov, a mis en place un outil pour classer les additifs selon leur caractère plus ou moins indésirable. « Nous avons pris en compte les attentes sociétales

puis l'analyse des preuves scientifiques. 12 % des additifs autorisés en France sont perçus comme problématiques par les consommateurs, mais le chiffre tombe à 6 % une fois qu'on étudie les avis de l'Efsa, de l'Anses ou du Jefca », recense Céline Le Stunff, responsable du pôle conseil chez LRBéva Nutrition. Dans la catégorie la plus à risques se retrouvent la tartrazine, le caramel E150d et le BHT. Système U a aussi fait sa liste noire et prévoit d'éliminer 90 substances controversées de ses produits. Celles qui font l'objet d'une substitution prioritaire sont le caramel E150d, l'huile de palme, le glutamate monosodique, le sirop de glucose-fructose, l'aspartame, les matières grasses hydrogénées et l'alimentation animale OGM. Le distributeur ne se prononce pas sur la toxicité de ces composés, mais base son choix sur le fait qu'ils soulèvent des inquiétudes selon l'opinion publique.

## Une vision prospective

Faut-il donc faire la chasse aux indésirables ? Pour Christine Chéné, cela n'avance pas beaucoup de remplacer un ingrédient quand la controverse est déjà installée : « Reformuler un produit pour qu'il réponde aux attentes des consommateurs, ce n'est pas se contenter de remplacer une molécule par une autre, sinon on court le risque de recommencer à chaque crise ou chaque controverse. » Ce côté réactif plutôt que proactif est courant en agroalimentaire, où les équipes R & D n'ont pas forcément le temps de prendre du recul et sont coincées dans >>>



Selon une étude Kantar TNS de 2016, 79 % des Français jugent probable que les aliments nuisent à leur santé. Ils sont donc particulièrement vigilants sur la présence d'additifs ou ingrédients estimés indésirables.

## Un logiciel pour des formules plus naturelles

Dans le cadre du RMT Transfobio, les partenaires du projet ont développé un outil en ligne pour aider à reformuler les recettes en version bio. Ce logiciel fonctionne aussi pour du conventionnel clean label. Le but est de proposer, pour une problématique ou un additif, une alternative sous forme d'ingrédients (ou un des 53 additifs autorisés en bio), d'auxiliaires technologiques ou de procédés. Cet outil prend en compte la législation bio actuelle et il sera mis à jour selon l'évolution de la réglementation. Pour la recherche, il y a quatre filtres : la dénomination de l'additif ou de l'auxiliaire, le code E, la fonction (colorer, acidifier...) ou la filière d'application, avec parfois des détails sur le type de produits.



Le logiciel gratuit devrait être mis en ligne à la fin du premier semestre 2017 et sera accessible à tous les industriels qui se seront inscrits.

« Pour constituer cette base, nous avons demandé aux partenaires de Transfobio et aux industriels quelles étaient les alternatives qu'ils pouvaient utiliser », explique Paul Vandooren, chef de projet à Adrianor et coordinateur des travaux. Par exemple, un extrait riche en tocophérols (E306) peut être remplacé par un extrait de sauge et de romarin pour sa fonction antioxydante dans les produits laitiers infantiles, ou bien par un emballage approprié avec des gaz de protection. Pour aller plus loin sur les fournisseurs, les dosages ou la mise en œuvre, le coordinateur conseille de se rapprocher des centres techniques qui pourront apporter des réponses plus ciblées sur des matrices précises.

## Intermarché joue la carte du sans additif avec l'Essentiel

Les distributeurs aussi s'engouffrent dans la brèche du clean label. En 2014, Intermarché a lancé un yaourt sous la marque « L'Essentiel » avec son partenaire Y&O. Ce produit laitier ne contenait que du sucre et des fruits, remisant au placard additifs et arômes. Comme la DLC est plus courte, le conditionnement se fait uniquement par quatre pour éviter le gaspillage. Depuis, l'idée a fait des petits et Intermarché a développé fin 2016 d'autres yaourts (Y&O), des compotes (Delvert) et des purées surgelées (Ardo) sans additifs. « Nous avons commandé un sondage à Opinion Way en octobre 2016 et il nous a révélé que pour 61 % des consommateurs, un produit bon pour la santé est

un produit le moins transformé possible, sans additifs et sans conservateur », explique Marjorie Jouzel, responsable des marques propres chez Intermarché. Fort de cette étude et des bons résultats de la gamme, le distributeur compte lancer une vingtaine d'autres produits clean label en 2017. « Il y a eu des boissons aux fruits fabriquées par Antartic en janvier, des citronnades en mars, il y aura des glaces et un gaspacho en avril, puis une semoule au lait et des saucisses pour la saison estivale », énumère Marjorie Jouzel. Intermarché poursuit aussi ses efforts avec ses fournisseurs afin de développer des plats préparés et des mousses au chocolat, dont la formulation



En 2016, Intermarché a défini une nouvelle stratégie : « le mieux manger pour tous », qui s'accompagne de la diversification de sa gamme de produits clean label « L'Essentiel ».

clean label est un vrai challenge. Et le prix ? « Les consommateurs sont prêts à payer plus pour mieux manger. Les produits premium et bio ont le vent en poupe... Tout nous pousse à aller dans ce sens ! » répond la responsable marque

propre. Le distributeur explique qu'il y a donc un surcoût pour le consommateur, mais très réduit pour rester attractif. Il prévoit également que le prix des produits diminuera une fois que le clean label sera devenu un standard...

>>> la gestion du quotidien et « où l'on supprime un ingrédient quand le client l'exige. » Remplacer un composé par un autre, à peine différent mais ayant une mention moins controversée, c'est reporter le problème en attendant que les associations de consommateurs ou les médias s'en emparent.

## Tout remettre en cause

« On ne peut pas s'affranchir des questions sociétales. Cela demande donc une vision prospective et globale du produit, ce qui permet d'anticiper les attaques sur son contenu, son origine, sa fabrication et ses impacts », affirme Céline Le Stunff. La solution recommandée est donc plutôt de faire un « audit » sur la composition du produit, fonction par fonction, et de vérifier l'intérêt réel des ingrédients ou des additifs. Un passage en revue qui prend du temps mais qui est nécessaire. « Certains additifs ont été ajoutés à une époque pour répondre à une problématique ponctuelle mais il est possible qu'il n'y ait plus besoin avec l'évolution des procédés ou des mesures d'hygiène. Des fonctionnalités se chevauchent peut-être également », ajoute Christine Chéné.

Si des additifs sont absolument nécessaires et non remplaçables, il devient plus facile d'expliquer leur présence aux consommateurs qui veulent de la transparence. « Dans les pains sans gluten, on retrouve très souvent des HPMC pour assurer le développement du produit à la cuisson. Ils sont difficilement substituables et les intolérants au gluten peuvent comprendre ce message. Alors que ceux qui suivent ce régime par « mode » ont beaucoup plus de mal à consentir aux nombreux additifs, parce que fondamentalement, ils peuvent faire autrement », rajoute Christine Chéné. Selon elle, « il faut aussi définir sa propre vision du clean label, en fonction de sa déontologie ou de ses valeurs. » En clair, il n'existe pas de définition universelle, la vision de chacun, consommateur comme industriel, étant différente. Des marques comme Marie ont opté pour des

« recettes sans ingrédients inconnus ou incongrus et seulement avec les mêmes ingrédients qu'à la maison ».

## Une démarche valorisable

Adapter les procédés, les emballages ou les ingrédients entraîne parfois une économie si l'on peut désormais se passer d'un additif ou d'une étape. Mais généralement, « remplacer un colorant par des poudres de légumes à un certain prix, de même que d'organiser une démarche de reformulation plus globale », concède Céline Le Stunff. Ce surcoût peut aussi être valorisé. « Les jeunes sont plus attentifs à ce qu'ils mangent, sur le plan de la santé comme de l'éthique. Il y a une nette prise de conscience qu'il ne faut pas manger au rabais et que la qualité se paye. Selon le Crédoc, la part du budget dédiée à l'alimentation remonte légèrement depuis 2009 », ajoute-t-elle. Cependant si les consommateurs sont effectivement prêts à payer plus cher, la question du prix reste sensible pour la grande distribution, qui ne laissera rien passer sans des arguments affûtés... ●

A. DEREUDER

**A ne pas manquer :** Formation Adrianor et Adria Développement sur le clean label et la naturalité. Les 4-5 octobre 2017 à Paris.

# LE CAHIER PROCÉDÉS

Stéphanie Perraut, [sperraut@editionsduboisbaudry.fr](mailto:sperraut@editionsduboisbaudry.fr)

## Développement

### Le Critt Agroalimentaire crée une plate-forme test



La plate-forme d'essais Test'in est située dans la nouvelle pépinière Créatio-Agro à La Rochelle [17].

Pour tester les nouveaux équipements en environnement agroalimentaire, le centre technique installe un espace dédié au sein de la pépinière Créatio-Agro à La Rochelle.

Le Critt Agroalimentaire a imaginé pour les entreprises et les équipementiers une nouvelle plate-forme d'essais baptisée Test'in (Test d'efficacité et de sobriété des technologies innovantes). Disponible dès avril 2017, elle s'intègre dans la pépinière agroalimentaire Créatio-Agro portée par la communauté d'agglomération de La Rochelle (17), au sein de laquelle elle occupe 370 m<sup>2</sup> sur 2 600 m<sup>2</sup> de surface totale.

« Nous n'avons pas de matériels spécifiques. En fonction des projets, nous aurons recours à des partenariats avec des équipementiers ou de la location d'équipements spécifiques sur skid », précise le Critt. En revanche, les locaux Test'in disposent d'une instrumentation complète relative aux énergies et aux utilités : vapeur et eau chaude, froide ou glycolée. Ainsi lors des essais, il sera possible de connaître précisément la consommation énergétique. De plus, la plateforme dispose d'un banc de mesure polyvalent pour suivre les opérations unitaires d'un process

(évolution de la température, mesure de débit...). Il est associé à un logiciel capable de retranscrire les mesures et de délivrer un rapport d'analyse des données.

#### Une instrumentation complète

Le laboratoire est quant à lui équipé de petits appareils comme un pH-mètre, un réfractomètre, un a<sub>m</sub>mètre, un dessiccateur ou encore un viscosimètre. Les locaux Test'in disposent de leurs propres installations de production d'air comprimé, de vapeur et d'eau glycolée. La puissance électrique disponible est de 125 kVA. Pour faciliter les transferts d'équipements, l'outil d'essais bénéficie d'une hauteur sous plafond de 4,5 m. Il est pourvu de portes sectionnelles de 3,5 m.

Dans le cadre de cette nouvelle activité d'essais, le Critt Agroalimentaire propose des prestations d'accompagnement sur la définition des besoins et assure une interface opérationnelle lors des essais. ●

S. PERRAUT

INGRÉDIENTS | PROCÉDÉS | EMBALLAGE | QUALITÉ

PROGRAMME EUROPÉEN  
COORDONNÉ PAR L'ACTIA  
ENTRE 2011 ET 2014



QUALITÉ // FOCUS

# Composés néoformés : prévenir plutôt que subir

Certaines étapes du process qui concourent à la qualité organoleptique et sanitaire des aliments peuvent produire des composés nouveaux présentant des dangers pour le consommateur. La réglementation, les moyens d'analyse et les bonnes pratiques se développent pour les maîtriser, de même que de nouvelles technologies.

Les composés néoformés, initialement absents de l'aliment, se forment au cours de sa fabrication et/ou de sa préparation par le consommateur. Traitements thermiques, procédés de fermentation ou de conservation, indispensables à la qualité organoleptique et sanitaire des produits finis, peuvent en effet libérer des composés indésirables. Parmi eux, citons l'acrylamide (le plus connu), mais également le 3-MCPD, le furane, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les nitrosamines... Si certains peuvent être communs à différentes filières, d'autres sont plus ou moins spécifiques. Pour l'instant, seuls les HAP et le 3-MCPD ont des teneurs maximales à respecter pour certaines matrices. L'acrylamide dispose seulement de valeurs seuils recommandées, mais un nouveau règlement européen est attendu. « Il devrait en principe être adopté dans l'année et entrer en vigueur début 2018, précise la DGCCRF. La réglementation sera plus contraignante. Les opérateurs devront évaluer et mettre en place des outils de bonnes pratiques de fabrication pour réduire la présence d'acrylamide dans les denrées. Par ailleurs, ce règlement fixera de nouvelles valeurs étalon qui remplaceront les valeurs indicatives actuelles. » « Cette réglementation ne sera pas une surprise pour les industriels, estime Rémy Jean, de Mérieux NutriSciences. Les valeurs apparaissant dans le projet correspondent à celles établies dans les bonnes pratiques déjà suivies par les industriels. » Selon la DGCCRF, des discus-



**BEAUCOUP DE PRODUITS CONCERNÉS.**  
Les process thermiques, souvent créateurs d'arômes recherchés, génèrent en contrepartie des composés néoformés suspectés dangereux pour la santé.

Crédit : Futurol/GFA

## Surveillance : quelques dépassements en acrylamide

Chaque année, la DGCCRF lance un plan de surveillance de certaines denrées alimentaires d'origine végétale pour l'acrylamide, les HAP, le 3-MCPD, ses esters et les esters de glycidol, ainsi que le furane. De son côté, la DGAL surveille les HAP dans les poissons et mollusques. En 2015, les teneurs en HAP étaient conformes aux teneurs maximales réglementaires. Dans quelques cas, des teneurs en acrylamide supérieures aux valeurs indicatives ont conduit les professionnels concernés à prendre des mesures correctives.

sions sont également en cours au niveau européen sur la fixation de teneurs maximales réglementaires en esters de glycidol dans les huiles et matières grasses végétales, ainsi que dans les préparations pour nourrissons et les préparations de suite. Elles sont également prévues en 2017 ou 2018 pour le 3-MCPD et ses esters.

### Plan d'analyses

Les industriels doivent donc inclure les composés néoformés dans leur plan HACCP et procéder à des analyses, notamment pour ceux ayant des teneurs

réglementaires ou recommandées. Actuellement, les analyses, réalisées par des laboratoires prestataires, ne sont pas libératoires. « Les industriels de grande taille les réalisent fréquemment pour un suivi régulier, souligne Rémy Jean. Elles sont plus ponctuelles dans les PME et se font lors de la mise en place d'une nouvelle recette ou d'une modification d'un process pour évaluer le risque de production de composés néoformés, ou encore sur demande d'un client. » Chez Mérieux NutriSciences, 60 % des analyses en composés néoformés se font sur les HAP, 30 % sur

l'acrylamide. Le reste concerne le furane, le 3-MCPD (dans les huiles et graisses végétales) et l'ester de glycidol. « Pour les HAP, les matrices les plus contrôlées sont les huiles et les produits séchés ou fumés, précise de son côté Nicolas Léonhardt, chez Phytocontrol. Pour l'acrylamide, les plus demandées sont les pommes de terre et dérivés grillés (chips...) et les biscuits. » La technique utilisée reste la chromatographie, suivie d'une spectrométrie de masse MS-MS qui donne un résultat en deux à cinq jours. Pour l'avenir,

## Molécules et produits en cause

### Les composés néoformés les plus cités

Le plus connu est l'acrylamide, qui se forme au cours de la cuisson (température supérieure à 120 °C) lors de la réaction de Maillard entre l'asparagine (un acide aminé) et les sucres réducteurs. « L'aliment le plus contributeur à l'exposition à l'acrylamide reste les pommes de terre, sous forme de frites ou sautées, précisait l'Anses en mai 2016. Le second contributeur pour les adultes est le café, et pour les enfants les biscuits sucrés. »

Le 3-MCPD (3-monochloropropanediol), ses esters et les esters de glycidol. Le premier est issu du traitement à haute température associé à l'utilisation de dérivés chlorés dans les produits riches en protéines végétales hydrolysées, mais également de la torréfaction des céréales, malts et produits dérivés, ou encore de la cuisson au grill ou du toastage du pain. Les esters de MCPD et de glycidol se forment lors du raffinage des huiles végétales.

Le furane, produit lors de la cuisson et du chauffage à haute température, est présent dans un large éventail de produits, en particulier les aliments en conserve ou bocaux.

Les triglycérides oxydés et les composés polaires se retrouvent dans les huiles de friture et les aliments frits après traitement thermique à haute température.

Les HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) dont le benzo[a]pyrène sont issus de la pyrolyse de la matière organique lors des opérations de séchage, fumage, grillage, cuisson à haute température... Ils sont présents dans les produits de la mer et charnières fumés ou grillés, mais également dans les matières grasses et produits à base de céréales.

Phytocontrol met au point une analyse presque exhaustive des contaminants présents dans un produit avec la technologie Q-TOF (détection temps de vol). « On peut ainsi trouver des composés qu'on ne connaît pas, contrairement aux autres techniques. Elle pourrait être opérationnelle d'ici à fin 2017. Ce sera une petite révolution analytique. » Les chercheurs estiment en effet avoir découvert seulement 10 %

Les amines aromatiques hétérocycliques (AAH) et les N-nitrosamines sont formés lors de traitements thermiques à hautes températures (grill, barbecue, fumage, saumurage...) des produits carnés et issus de la mer.

### Toutes les filières sont concernées

Céréales, oléagineux, protéagineux : acrylamide, 3-MCPD [soja], furane [conserves et bocaux].

Fruits et légumes : acrylamide (pommes de terre), nitrosamines.

Produits de la mer : HAP, nitrosamines, 3-MCPD, AAH, composés N-nitrosés, triglycérides oxydés.

Produits carnés et dérivés : AAH, nitrosamines, HAP, 3-MCPD.



des composés néoformés se révélant potentiellement dangereux pour la santé.

### Analyses rapides en interne

« Mais si les grands groupes industriels mettent en place un plan de surveillance général des composés néoformés, ils ne souhaitent pas d'analyses systématiques des lots, constate Inès Birlouez, chez Spectralys. Or il suffit de légères modifications de la matière première pour

induire une variabilité de la formation d'acrylamide et d'un possible dépassement des valeurs guides. » Pour un suivi du taux d'acrylamide des lots en usine, la réglementation propose des méthodes alternatives rapides comme la mesure de la couleur. « Cette méthode est très grossière et nécessite, pour être juste, un étalonnage pour chaque recette de produit. » De son côté, Spectralys a mis au point Fluoralys, un appareil qui dose très

QUALITÉ // FOCUS

rapidement l'acrylamide en utilisant la technologie de la fluorescence. « Cette méthode donne des résultats beaucoup plus précis et surtout plus robustes, car elle peut s'appliquer à une gamme complète de produits sans réétalonnage. » Spectralys a équipé un client pour l'analyse de sa production de chips lot par lot. Fluoralys peut également doser d'autres composés néoformés : les triglycérides oxydés et les composés polaires, le furane et le 3-MCPD.

### Bonnes pratiques de fabrication

« Pour limiter la formation de substances néoformées, l'application de bonnes pratiques de fabrication représente le meilleur moyen, à savoir l'utilisation de variétés à teneur plus faible en précurseurs de composés néoformés, le recours limité aux auxiliaires technologiques et aux additifs impliqués dans les réactions, un contrôle des paramètres de fabrication », estime-t-on à l'Anses.

Pour l'acrylamide, une boîte à outils a été élaborée par Food Drink Europe (Confédération des industries agroalimentaires de l'UE), reprise en France dans une brochure rédigée par l'Ania. Mais sa réduction pouvant avoir des conséquences sur la qualité nutritionnelle des produits et la sécurité sanitaire, chaque opérateur doit évaluer l'adéquation des mesures proposées à sa situation. L'Ania n'a pas édité de guides pour les autres composés néoformés.

### Hautes pressions hydrostatiques et chauffage ohmique

De nouvelles technologies, limitant la durée pendant laquelle les produits sont soumis à des hautes températures (très souvent synonymes de production de composés néoformés) ou empêchant les molécules précurseurs des composés néoformés d'entrer en réaction, pourraient également permettre de réduire les teneurs. Le projet

## Peu de limites réglementaires

Depuis 2007, la Commission européenne recommande le suivi des teneurs en acrylamide dans les denrées alimentaires. La recommandation du 8 novembre 2013 donne des valeurs indicatives basées sur les données de suivi de l'Efsa en 2007-2012. Exemple : 600 µg/kg pour les pommes frites prêtes à la consommation, 900 µg/kg pour le café soluble, 50 µg/kg pour les aliments pour bébés autres que les préparations à base de céréales. En cas de dépassement, les industriels doivent analyser leur process de production, cerner le moment où se forme l'acrylamide,



Peu de techniques existent pour détecter les composés néoformés, mais Spectralys en a fait sa spécialité.

et trouver des solutions pour réduire sa teneur.

Le 3-MCPD et le benzo[a]pyrène (c'est un HAP) relèvent du règlement CE 1881/2006 qui fixe des teneurs maximales pour un certain nombre de contaminants chimiques : 20 µg/kg pour le 3-MCPD dans les protéines

végétales hydrolysées et les sauces de soja et de 1 à 10 µg/kg pour le benzo[a]pyrène pour différentes matrices. De nouvelles dispositions sont applicables depuis le 1<sup>er</sup> avril 2016 (règlement UE 2015/1933) pour les teneurs maximales en HAP avec de nouvelles matrices (fibre de cacao, chips de

banane, compléments alimentaires, herbes et épices séchées).

La présence de composés polaires, dont les triglycérides oxydés, est réglementée dans les huiles utilisées lors des opérations de fabrication, de transformation ou de préparation.

(haute pression à hautes températures). Le chauffage ohmique, quant à lui, fait circuler un courant électrique haute fréquence dans le produit qui, en résistant, va faire grimper sa température. Cela permet de pasteuriser ou stériliser des produits « pompables », sans le cuire énormément.

« Testé sur de la purée pour bébé, le chauffage ohmique a réduit les teneurs de furane et d'hydroxyméthylfurfural (HMF) de deux à six fois comparé à une stérilisation en autoclave, technique prise comme référence, poursuit Magali Wagner. Pour le même produit, un traitement en autoclave sur 200 g de baby food dure environ deux heures, contre moins de vingt minutes avec le chauffage ohmique, dont seulement cinq à haute température. » Actuellement, cette technologie, qui se développe très bien en industrie, nécessite que le produit soit pompé en continu. « Les industriels investissent dans le chauffage ohmique surtout pour mieux préserver la qualité sensorielle et nutritionnelle des produits à base de fruits ou légumes. La réduction des composés néo-

formés est la cerise sur le gâteau, pas l'objectif n° 1 », conclut-elle. « Sauf peut-être pour les produits infantiles », estime Inès Birlouez, chez Spectralys.

### Microencapsulation

La microencapsulation est un procédé par lequel des substances sont incluses dans des microcapsules afin de libérer leur contenu de façon contrôlée. « L'encapsulation du sel lors de la fabrication de biscuits a permis de réduire l'acrylamide et le HMF de façon très intéressante, indique Victor Roullier, de Capsulae, société qui a participé au projet. C'est applicable à d'autres matrices concernées par la réaction de Maillard. » En revanche, l'encapsulation de la vitamine C et des minéraux en lait infantile pour limiter la production de carboxyméthyllysine a été beaucoup moins efficace. « Les températures de stérilisation du lait sont élevées. Or la microencapsulation ne fonctionne plus à partir d'une certaine température », révèle-t-il. Pour l'instant, les industriels utilisant cette technologie ne le font pas pour réduire les composés néoformés.

CHANTAL URVOY



Acyvia permet d'évaluer l'impact environnemental de procédés de transformation agro-industriels, de l'entrée des matières sur le site de transformation à la sortie des produits finis, conditionnés ou en vrac.

Mener une démarche environnementale, notamment dans l'agro-alimentaire, nécessite des données fiables. Ces données sont utiles aux professionnels de l'agro-alimentaire à la fois pour l'affichage environnemental, l'analyse de cycle de vie (ACV) de leurs produits et pour leurs démarches d'écoconception. Le projet Acyvia propose une base de données d'inventaires de cycle de vie (ICV) représentatifs de certains procédés de transformation agro-industriels en France. L'ICV est un bilan complet des flux entrants et des flux sortants, c'est-à-dire des ressources énergétiques, matières premières et transports nécessaires, et des déchets et coproduits sortants.

Un grand nombre de filières ont participé à l'élaboration de la base de données Acyvia dont les filières viande bovine (Idele - Institut de l'élevage) et viande porcine (Ifip, Institut du porc). Un grand nombre de procédés ont été évalués pour chaque filière. Des règles transparentes et communes à toutes les filières ont été appliquées garantissant la qualité des données. De plus, elles sont issues de données collectées sur sites industriels et non pas de modèles donc bien plus fiables et représentatives de la réalité.

Cette base de données est complétée d'un référentiel méthodologique de production de données d'ICV pour la transformation agroalimentaire et d'un rapport « Bilan, enseignements, perspectives ».

Acyvia s'adresse à différents acteurs :

- les industriels de la transformation agro-industrielle : pour diminuer les impacts de leurs procédés ;
- les acteurs des filières du secteur agro-alimentaire dans leur ensemble (agriculteurs / viticulteurs, transformateurs, fabricants, distributeurs), pour faire de l'écoconception, de l'analyse de cycle de vie ou de l'affichage environnemental sur les produits qu'elles fabriquent ou vendent ;
- les structures qui les accompagnent : instituts techniques, bureaux d'étude...

Destiné aux acteurs de la transformation, il complète ainsi la base de données Agribalyse qui permet de connaître l'impact environnemental des productions agricoles.

## PLATEFORME TECHNOLOGIQUE

# Rapprochement programmé entre Adrianor et Extractis

La fusion des deux centres technologiques va apporter une dimension internationale à la recherche agroalimentaire en Hauts-de-France. Explications.

En clôturant l'assemblée générale d'Adrianor le 31 mars dernier, « il faut que nous soyons en ordre de marche pour n'avoir à présenter qu'un seul dossier à l'Actia le 12 septembre 2017 », lançait Jean-Marie Raoult, son président. La plateforme technologique, créée à Arras en 1989, devrait en effet se rapprocher du Picard Extractis basé à Dury-les-Amiens (80) en profitant du renouvellement quinquennal de son dossier de qualification.

Amorcées en 2016 dès la création de la nouvelle région, les discussions entre équipes dirigeantes et équipes de recherche du Nord-Pas-de-Calais et de Picardie sont déjà bien avancées. « Nos équipes ont pris l'habitude de travailler ensemble dans l'accompagnement des entreprises bien avant la fusion des régions », faisait remarquer Christine Chéné, directrice d'Adrianor.

Soulignant leur « belle complémentarité », Jean-Marie Raoult précisait néanmoins qu'il y avait encore « des points financiers et de gouvernance à régler ». « Qu'il s'agisse d'améliorer les procédés d'extraction, de « fonctionnalisation » de certains ingrédients ou encore de qualifier en matrice alimentaire le comportement des ingrédients, les occasions d'échanges sont devenues de plus en plus nombreuses », soulignait de son côté Christine Chéné.

## Un nouveau cap

Depuis plus de vingt ans, ce centre de ressources technologiques pour les IAA, inspiré de l'Adria de Quimper conseillère, accompagne et soutient les PME-TPE agroalimentaires en s'assurant notamment de la rentabilité et de la vali-

dité de leurs projets. En mettant à la disposition de ses clients des lignes de préséries (3 M€) et en doublant la surface de ses locaux, Adrianor a encore franchi un cap et fournit de nouvelles prestations aux industriels; les chiffres le prouvent: elles sont passées de 68 000 à 94 500 € en 1 an (+39 %). Par ailleurs, le partenariat avec l'université d'Artois et l'accueil de l'unité de recherche ingénierie de formulation des aliments et altérations (IFAA), puis celui de l'équipe qualité et sécurité des aliments (QSA) de l'institut Charles Violette ont permis de proposer le triptyque enseignement-formation, recherche et transfert industriel.

## Processus multiples

Le poids des deux structures est pourtant différent. Le Centre de valorisation des glucides (CVG), rebaptisé en juillet 2016 Extractis, ambitionne de devenir l'un des leaders européens de la bioraffinerie du végétal d'ici à dix ans. Créé en 1984 par Daniel Thomas, chercheur précurseur, Claude Ferté et Marcel Deneux, le CVG s'est intéressé à la valorisation de toutes les fractions de la plante,



> Christine Chéné, directrice de la plateforme technologique Adrianor.

notamment des glucides, puis à son nouveau cœur de métier comme la production d'extraits végétaux pour les arômes alimentaires, la cosmétique et les compléments alimentaires. Objectif: trouver des valorisations techniquement et économiquement viables pour ses clients. Les processus sont multiples: extraction des matières premières, techniques de séparation des liquides et solides, purification puis mise en forme finale. Extractis compte bien se développer à l'étranger et entraîner Adrianor dans son sillage. « Cette fusion apportera une nouvelle ambition aux deux structures », témoignait un des 73 adhérents d'Adrianor.

Thierry Becqueriaux

## DEUX PARTENAIRES EN SYNERGIE

Extractis figure parmi les 15 instituts technologiques agro-industriels (ITAI) français qui collaborent avec 16 partenaires parmi lesquels le pôle Aquimer, le Certia Interface et Adrianor. Avec 3 millions d'euros de chiffre d'affaires, Extractis emploie 33 salariés et travaille avec 70 clients. Il dispose de 3 500 m<sup>2</sup> de laboratoires et halls pilotes. Présidé par Christophe Buisset, président de la chambre d'agriculture des Hauts-de-France et agriculteur à Méaulte (80), il est dirigé par Thierry Stadler. En 2016, Adrianor a réalisé 1,065 million d'euros de chiffre d'affaires dont 388 000 euros de prestations de services (+26 %). Elle emploie 9 salariés. Le résultat net fortement négatif de 2015 (-20 000 euros) est redevenu positif (+708 euros), témoignant de la reprise des activités depuis 2014.

## Brèves

### Terralia lance l'édition 2017 d'Innovafood

Le pôle de compétitivité du Grand Sud-Est, Terralia, appelle les entreprises des filières végétales à concourir pour ses trophées Innovafood jusqu'au 31 mai. Il remettra les prix autour d'une conférence le 30 juin. La société de conseils Nutrimarketing s'est jointe aux partenaires de l'opération.

### La CGI distingue le projet pic & eat de l'Iséma

L'école supérieure de commerce Iséma, qui forme à Avignon des cadres de l'agroalimentaire à double compétence technique et commerciale, a réuni le 6 avril son Grand Jury Nouveaux produits. Ce prix distingue les quatre équipes les mieux préparées aux « exigences de conception d'un nouveau produit alimentaire et de sa mise en marché ». La Confédération française du commerce interentreprises (CGI) a décerné le prix spécial BtoB à l'équipe de « pic & eat », par ses piques à brochette aromatisées comestibles. Résistantes à l'humidité, elles s'enfilent dans les viandes ou légumes à griller via des tubes inox perforants.

### Gustapat' made in Avignon

Une pâte feuilletée additionnée de tomate et de tapenade peut inspirer bien des préparations rapides; telle a été l'idée développée cette année par des étudiants de l'Iséma à Avignon. Mais ceux-ci estiment n'avoir pas été assez bien notés en comité de pilotage pour décrocher un prix au Grand Jury.

## ENTREPRISE

## ADRIANOR À ARRAS

# Une assemblée générale (extra)ordinaire

► Georges BACOT

**Sous la présidence de Jean-Marie Raoult, Adrianor (Association pour le développement de la recherche appliquée aux industries agroalimentaires des régions du Nord) a tenu son assemblée générale ordinaire dans ses locaux de Tilloy-les-Mofflaines. Au-delà de l'ordre du jour statutaire (bilan des activités et résultats 2016, perspectives 2017), l'assemblée a pris un côté "extraordinaire" à travers la réflexion sur le rapprochement envisagé entre Adrianor et Extractis (Dury, près d'Amiens). Nous n'avons retenu que quelques points de cette réunion.**



*Lors de l'assemblée générale : Christine Chénè, directrice d'Adrianor, Jean-Marc Devise, président de la CCI Artois, Jean-Marie Raoult, président d'Adrianor, Daniel Damart, vice-président de la communauté urbaine d'Arras, Sophie Merlier-Lequette, conseillère régionale, et Didier Majou, directeur d'Actia.*

**L**a mission fondamentale d'analyse des besoins des entreprises. Un volet fondamental d'Adrianor concerne l'accompagnement des entreprises de la filière agroalimentaire dans leurs problématiques techniques. Aussi, sa première mission consiste à analyser le besoin des entreprises à travers deux sources d'information. Les rencontres d'entreprises, à leur demande ou sur sollicitation d'Adrianor, permettent de faire un état des lieux général mais nécessitent un important décryptage. Par ailleurs, les questions posées par les entreprises dans le cadre du service "conseil minute" portent à l'inverse sur des sujets précis, la réponse prenant une forme individuelle ou collective.

La réponse individuelle peut consister en un simple conseil, nécessiter une mise en relation si le centre n'est pas compétent dans le domaine, ou aboutir à une offre de prestations, on quitte alors l'animation industrielle pour entrer dans l'activité sous contrats privés d'Adrianor. Quand une problématique est transversale à la filière ou commune à un secteur d'activité, une action collective avec différents partenaires peut être adoptée. Dans tous les cas, pour analyser et répondre correctement à une demande, il est nécessaire pour le centre technique de se resourcer sur ses domaines de compétences *via* des formations, des participations à des réseaux techniques ou encore de s'adosser à la

recherche fondamentale, faire de la veille sur les domaines stratégiques pour la filière par le biais d'abonnements à des revues et des bases de données spécialisées, maintenir des contacts avec son environnement institutionnel pour remonter au mieux les besoins des entreprises et tenter de monter les actions *ad hoc*. Ces points, ressourcement et veille, permettent d'ailleurs d'identifier des sujets d'intérêt pour la filière de façon à alerter les entreprises *via* différents supports, tels que conférences ou dossiers.

**Des chiffres parlants.** La répartition entre les différents secteurs varie légèrement d'une année à l'autre, mais globalement la répartition reste homogène entre les secteurs d'activité, ce

qui est logique en regard de l'activité de proximité. Pour ce qui concerne la taille des entreprises, le nombre de porteurs de projet reste élevé (168), même s'il est moins important qu'en 2015. Par contre, et fait notable, le nombre de TPE/PME rencontrées a considérablement augmenté (108 en 2016, 58 en 2015). Ceci est très clairement lié aux préséries pour les porteurs de projet, mais également à une présence terrain renforcée par des actions tels que des ateliers techniques, etc. L'approche "conseil minute", correspondant aux réponses apportées suite aux demandes directes des entreprises, a permis de traiter 323 questions en 2016, un chiffre en très nette hausse par rapport aux exercices précédents (220 questions ►►)

Devises

Capital

ECONOMIE ET POLITIQUE VOTRE ARGENT POLEMIK ENTREPRISES ET MARCHÉS IMMOBILIER VOTRE C

EN CE MOMENT : DANONE PRIX DE L'IMMOBILIER 100 IDÉES DE BUSINESS FOIRES AU

LIFESTYLE

## BIO : LES ASTUCES DES INDUSTRIELS POUR RENDRE LEURS PRODUITS APPÉTISSANTS

PUBLIÉ LE 26/05/2017 À 16H16 | MIS À JOUR LE 26/05/2017 À 16H21



Michaël Merland, DG de Novandie. ©Damien Grenon pour Capital.

Qui dit Bio, dit pas standardisé. Pour les industriels, qui doivent garantir une qualité constante au consommateur, c'est un défi. Ils s'en sortent plutôt bien, et voici comment.

Au siège des magasins d'alimentation Bio La Vie Claire, près de Lyon, c'est un rituel. Une fois par semaine au moins, les équipes qualité et marketing se retrouvent dans une petite cuisine. Leur mission ? Goûter les produits de leurs fournisseurs pour décider de leur lancement, ou non, sous la marque propre de l'enseigne. Cette année encore, une centaine de mets seront validés par cette dizaine d'expertes, formées à la dégustation. « Il ne s'agit pas de dire «j'aime / j'aime pas», mais d'évaluer la texture, l'odeur et bien sûr le goût, explique Stéphanie Delmau, directrice marketing. Plus ça va, plus nos consommateurs attendent de la variété et de la gourmandise. »



Oubliez le Bio austère ! Industriels et distributeurs concoctent désormais des centaines de nouvelles recettes par an. Des grands classiques du Bio revisités (steaks de tofu au curry ou au basilic...) ou des best-sellers de l'alimentation conventionnelle déclinés en AB (cookies...). Mais chaque fois avec un même souci de qualité gustative. « Avant, il fallait qu'on se "fasse mal" avec le Bio, sourit Daniel Tirat, DG de Bjorg. Aujourd'hui, les produits doivent être bons, et en plus Bio. » Cette double exigence se paie parfois cher (des pizzas fraîches sont vendues à plus de sept euros, des paquets de biscuits à plus de trois euros) et c'est inévitable. Les coûts industriels sont élevés, les marges des commerçants confortables... Et avant tout, l'élaboration de ces recettes tourne vite au casse-tête !

→ → → À lire aussi - Les produits Bio sont-ils vraiment meilleurs pour la santé ?

D'abord il faut composer avec des ingrédients Bio

S'ils sont souvent meilleurs – les volailles, élevées plus longtemps et à l'air libre, sont par exemple plus fermes que les gallinacés de batterie –, ils sont aussi moins standardisés. Les farines ? « Leur teneur en protéines est plus variable, explique Éric Sarret, PDG de Roger, fabricant de biscottes. Il faut être très vigilant à la fermentation, sinon l'aspect du produit final s'en ressent. » Les pommes de terre ? « Elles sont souvent plus petites, explique Gilles Benkemoun, DG du spécialiste des chips Sibell. Nous devons sélectionner les plus grosses, sinon les pétales n'ont pas la taille qui plaît aux consommateurs. » Un travail de sourcing compliqué, car les matières Bio manquent. « Nous sommes déjà tombés en rupture de lait de coco ou d'oseille par exemple, raconte Amandine Rachenne, chez Danival. Nous sommes obligés d'anticiper davantage les achats et de nous accommoder de cours très volatils. » Comme en 2014, quand le prix du quinoa bolivien a triplé.

→ → → En vidéo - Le marché du Bio, où en est-on ?

Lecture

Retrouvez l'étude sur la distribution de produits Biologiques et de très nombreuses études sectorielles sur le portail de [www.xerfi.com](http://www.xerfi.com). Retrouvez toutes les vidéos de Xerfi sur XerfiCanal TV. Le groupe Xerfi est le leader des études économiques sectorielles.

Les industriels doivent aussi tenir compte de multiples contraintes. Quand le conventionnel autorise l'usage de 300 additifs, le cahier des charges AB n'en tolère qu'une cinquantaine. De surcroît, le féru de Bio attend de toute façon des compositions zéro défaut ! Pas d'huile de palme, le moins d'arômes possible, pas trop de sucre... Dans ces conditions, proposer des produits alléchants est parfois impossible : les abricots secs sans sulfites seront forcément plus marron qu'orange pétard. Mais les nombreux fournisseurs ne manquent pas de ressources. « Les entreprises du secteur ont grossi, précise Cyril Bertrand, coordinateur du réseau d'experts RMT Actia TransfoBio. Les services R&D se sont étoffés et un savoir-faire industriel s'est développé. » En voici quelques illustrations...

OCL  
Oilseeds & fats Crops and Lipids

Tous les numéros E-first Appels à auteur À propos Q rechercher Menu

Accueil > Actualités > L'UMT BALI (Biodisponibilité Alimentation Lipides Intestin)

## L'UMT BALI (Biodisponibilité Alimentation Lipides Intestin)

Publié le mercredi 10 mai 2017 08:24

Le programme de recherche de l'UMT (Unité Mixte de Recherche) BALI prévoit d'apporter au monde socio-économique des données scientifiques destinées :

- à améliorer la valeur nutritionnelle de matières grasses, d'aliments ou de compléments alimentaires en définissant les paramètres de la matrice alimentaire à moduler pour respecter l'homéostasie intestinale, voire la "contrôler", si nécessaire
- à valoriser au plan nutritionnel la fonctionnalité de nutriment lipidiqes ou liposolubles naturellement présents dans les matières premières oléagineuses, végétales, marines (tels que les acides gras polyinsaturés (AGPI), les vitamines A, E et D...) ou MGLA, vis à vis de la santé intestinale.

Les partenaires du programme :

- ITERG : Equipe Nutrition Métabolisme & Santé
- Bordeaux Sciences Agro, Laboratoire de Microbiologie et Biochimie Appliquée (LMBA), UMR 5248, Equipe "Interactions Bactéries Probiotiques-Hôte"
- Unité INSERM U1060 /INRA 1235 /Université-Lyon1/ INSA-Lyon - CarMeN) - Equipe "Lipides et lipoprotéine Postprandiaux : régulations et impacts fonctionnels (LIPO)".

ACTIA NON CITÉE

OCL - Oilseeds and fats, Crops and Lipids  
Rédacteur-en-chef : Philippe GUESNET - Comité de rédaction  
ISSN : 2272-6977 - eISSN : 2257-6614  
Fréquence : 6 numéros par an  
© ETIG

## L'UMT BALI (Biodisponibilité alimentation lipides intestin)

Le marché des aliments santé connaît une croissance vouée à se poursuivre sur les prochaines années (progression du marché des aliments santé de 5 % à 10 % par an en moyenne d'ici 2018).

Ce marché est porté par des tendances lourdes : le vieillissement de la population, le développement de maladies chroniques (diabète, hypertension, cancer...) et une prise de conscience croissante du lien entre alimentation et santé.

Le programme de recherche de l'Unité mixte de recherche (UMT) BALI prévoit d'apporter au monde socio-économique des données scientifiques destinées :

- à améliorer la valeur nutritionnelle de matières grasses, d'aliments ou de compléments alimentaires en définissant les paramètres de la matrice alimentaire à moduler pour respecter l'homéostasie intestinale, voire la contrôler, si nécessaire ;
- à valoriser au plan nutritionnel la fonctionnalité de nutriment lipidiqes ou liposolubles naturellement présents dans les matières premières oléagineuses, végétales, marines (tels que les acides gras polyinsaturés (AGPI), les vitamines A, E et D...) ou matière grasse laitière anhydre (MGLA), vis-à-vis de la santé intestinale.

Les partenaires du programme :

ITERG, équipe nutrition métabolisme & santé ;

Bordeaux sciences agro, laboratoire de microBiologie et Biochimie appliquée (LMBA), UMR 5248, équipe « Interactions bactéries proBiotiques hôte » ;

Unité Inserm U1060 /INRA 1235 / université Lyon1/ Insa Lyon Carmen équipe « Lipides et lipoprotéine post-prandiaux : régulations et impacts fonctionnels (Lipo) ».

La structuration des trois partenaires ci-dessus en UMT permettra de proposer une expertise originale au niveau national et européen. L'UMT est un outil de partenariat entre institut technique et unité de recherche publique, mis en place et soutenu par le ministère chargé de l'agroalimentaire. L'agrément de l'UMT BALI est valable jusqu'au 31 décembre 2020.

Cette expertise sera mise en œuvre dans le cadre de projets de recherche et développement aval mais également dans le cadre de projets contractuels sur la base du réseau industriel de chacun des trois partenaires (producteurs et transformateurs des corps gras, IAA, alimentation animale, industrie pharmaceutique, fournisseurs d'ingrédients).



ACTIA NON CITÉE

# UMT SafeMat : The first technological and research unit devoted to SAFE-BY-DESIGN materials for contact with food and bioproducts

O. VITRAC<sup>(2)</sup>, C. LYATHAUD<sup>(1)</sup>, S. DOMENEK<sup>(2)</sup>, J.M. JULIEN<sup>(1)</sup>, W. GUIGA<sup>(2)</sup>, P. SAUVEGRAIN<sup>(1)</sup>, T. VINCELOT<sup>(1)</sup>, V. DUCRUET<sup>(2)</sup>, C. LORJOT<sup>(1)</sup>, R. LEBOSSE<sup>(1)</sup>  
<sup>(1)</sup> LNE, Pôle Chimie et Physicochimie des Matériaux, Trappes  
<sup>(2)</sup> INRA UMR 1145 Ingénierie Procédés Aliments, Massy

**WHAT IS AN UMT ?**  
 UMT stands for "Unité Mixte Technologique", joint technological unit and is a partnership tool between a technical institute (LNE) and a public research unit (INRA/ AgroParisTech).  
 A UMT is dedicated to technological research and aims to propose a unique and recognized entry in research and development for professional, industrial and public interlocutors. The results of the work must be operational, generalizable in the short and medium term and can be transferred as quickly as possible to the operators.  
 Its functioning resides in a synergy between researchers and engineers with a mutualization of technical and human means and a complementarity of skills.

**LNE AND INRA / AGROPARISTECH COLLABORATION**  
 The two entities have been collaborating for more than 10 years on the theme of packaging safety. Their collaboration has resulted in collaborative participation in national and European research projects :  
 • TRUE FOOD (PCRD6, Europe) - «Traditionnal United Europe Food»,  
 • vHIGHQ-RTE (PCRD6, Europe) - «Novel non-thermal process to improve quality and safety of RTE meals»,  
 • MAP'OPT (ANR, France) - «Composition, gas dynamics and optimization of the protection of foodstuffs in modified atmosphere packaging»,  
 • Safe Food Pack Design (ANR, France) - «Development and transfer to industrial companies of the tools of back-engineering by modeling the transfers of the migrating molecules for the design of packaging in conformity with the European regulation»,  
 • Creabiom (BIP-ADEME, France). «Development of biodegradable multilayer materials with controlled properties by formulation with oil mill by-products».  
 The two partners also co-supervised 3 theses:  
 Guillaume Gillet (2005-2008) - «Development of a decision support tool for the control of the risk of chemical contamination associated with the use of materials in contact with food»,  
 • Phuong-Mai Nguyen (2012-2014) - «Food packaging safety engineering»  
 • Audrey Gratia (2012-2014) - «Evaluation of food safety and biodegradation of biosourced packaging»

They also have set up a mobility of researchers: «Training and transfer of robust methods and codes of calculation for the prediction of contamination of food packaging».

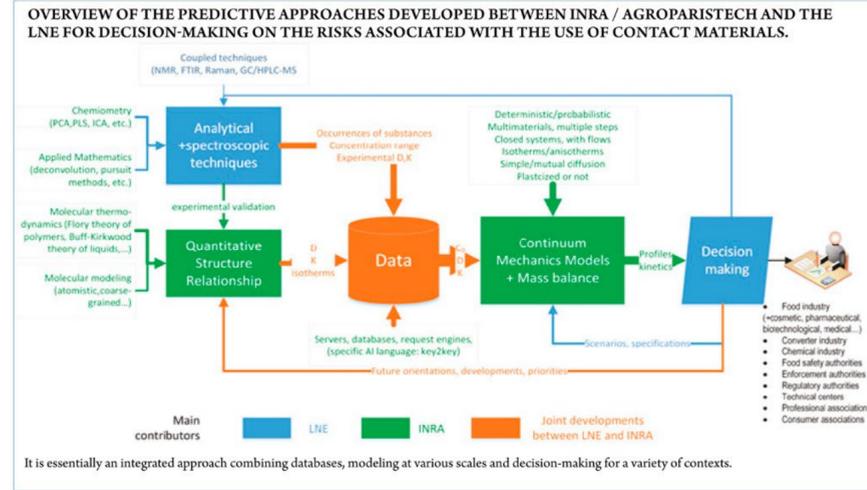
**COMPLEMENTARITY**  
 INRA / AgroParisTech favors generic and methodological approaches such as codes and calculation methods, new methods of analytical chemistry and characterization of container / content interactions and transfer coefficients. It develops multi-scale modeling and simulation tools to calculate transport and thermodynamic properties, to assess the risk of contamination in a deterministic or probabilistic context by packaging throughout their life cycle. Life and to assess consumer exposure to these substances.

The LNE provides practical and operational industrial applications and also provides regulatory expertise and support to European authorities, health watch agencies, standards bodies and professional associations.

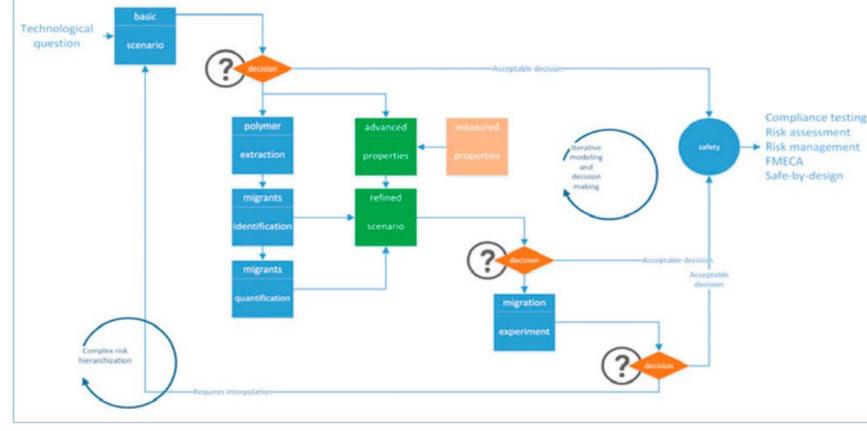
**MISSIONS**  
 The mission of the UMT is to build a service offer in the certification of the safety of materials and packaging by proposing a «safe» engineering R & D offer for materials and packaging applicable to European or imported products in the EU and by responding to the new challenges of multi-materials, nanomaterials, biosourced or recycled materials, repeated use, flows... It must also make it possible to accelerate the appropriation of predictive methods by the stakeholders in the packaging industry.

The UMT, through its training and transfer activities, must also contribute to the initial and ongoing training of industrial engineers and also to standards (NF, EN and ISO), guides of good practices in the use of tools and their implementation on an industrial scale. It should also help consolidate the rules for the management of materials in the medical and cosmetic sectors by extending to these areas the methodologies developed for food contact materials.

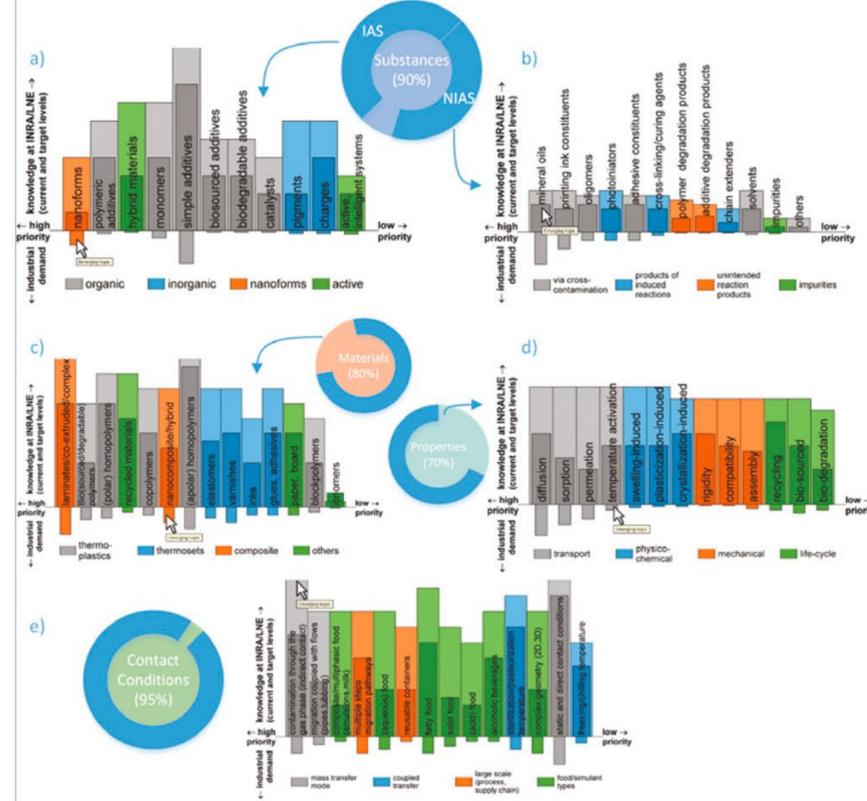
## PACKAGING SAFETY APPROACH



## PRINCIPLE OF INTEGRATED APPROACHES DEVELOPED BY INRA / AGROPARISTECH AND LNE FOR DECISION-MAKING IN THE FIELD OF CONTACT MATERIALS SAFETY.



## LIST OF FORMALIZED KNOWLEDGE IN CURRENT DECISION-MAKING TOOLS (DARK BARS) OR STILL TO BE ACQUIRED (LIGHT BARS) THROUGH INRA / AGROPARISTECH-LNE JOINT RESEARCH ACTIONS TO SATISFY INDUSTRIAL QUESTIONS.



Circles identify the exhaustiveness of reported situations for food contact:  
 (a) IAS = Intentionally Added Substances; (b) NIAS = Non-Intentionally Added Substances; (c) materials in contact with foods implemented;  
 (d) physico-chemical properties affecting contamination; (e) list of modes of contamination.  
 Priorities are defined in relation to the initiated or envisaged sequencing of research actions. By way of comparison, the levels of the current industrial demands are given by the lower histograms (turned downwards). Sectoral representations assess the level of coverage of approaches as expected over the next four years.

**WORK AXIS**  
**Axis 1. Capitalization and knowledge creation - Consolidation of the engineering approach through acquisition, capitalization and creation of knowledge**  
 • Molecular thermodynamics: partition coefficients, diffusion coefficients and their activations  
 • Identification, quantification and management of unintentionally added substances (NIAS)  
 • Modeling of transfers for repeated contacts (content / material) and in the presence of flows  
 • Modeling the transport of nanoparticles

**Axis 2. Development of trials and experiments - Development of predictive approaches and decision support tools**  
 • Consolidation and validation of predictive schemes on real cases (chemical structures, geometries, thermodynamic conditions,...)  
 • Measurements of thermodynamic properties and transport coefficients  
 • Description of the mechanisms and phenomena of contamination studied little (in gas phase, with flow, with reaction,...)

**Axis 3. Technological transfer and dissemination - Transfer and dissemination of knowledge and new practices to actors in the supply chain (packaging and food)**  
 • Open-source knowledge and open-source software tools  
 • Initial and ongoing training for packaging safety stakeholders  
 • Participation in regulatory and health assessment bodies (France, Europe, USA)  
 • Development and consolidation of national and European partnerships  
 • Communications : MATBIM 2017, LNE Packaging Forum

**CONCLUSION AND CONTACTS**  
 The SAFEMAT Joint Technology Unit allow the creation of a partnership of excellence «Safety of materials and packaging in contact» focused on the simulation of transfer phenomena that will answer the following issues.

**Scientific Issues**  
 • To allow the academic actors and technical centers to have robust methods of evaluation of the phenomena of transfer in the materials by molecular modeling.  
 • Methods should be based on:  
 -demonstrators for the evaluation of non-intentionally added substances (NIAS) and nanoparticulate substances,  
 -databases on the physicochemical properties of substances and on the design of molecules with regard to their diffusion (safe by design).

**Industrial issues**  
 • Provide French industry with tools for competitiveness in predicting regulatory compliance of packaging at early stages of product design, particularly with the emergence of biosourced, biodegradable, nanocomposite materials and suitable for or produced by recycling.  
 • Assist in the development of good industrial practices (transfer of standards from the food sector to other fields: medical, biotechnology, cosmetics, construction, fireproof textiles...).  
 • Have training modules incorporating tools and good practices adapted to industrialists, packaging schools, specialized masters and supervisory authorities.  
 • Train experts from industry, technical centers and regulatory bodies to support the acceptance of compliance prediction by calculation.  
 • Support standardization and regulatory actions at European and international level.

**Social Issues**  
 • Contribute to the topic of the environmental impact of materials and packaging (ecodesign, lifetime, end of life, recycling, re-use, biodegradability), safety of multi-purpose materials (eg tubular product) and new technologies (management of emerging risks associated with polymeric materials : active packaging, nanocomposites and bioplastics).  
 • Contribute to the recognition of the French position in the bodies in charge of risk management in the field of safety of materials and packaging at European level.



**L'alimentation : enjeux et complexité**

Food: challenges and complexity

Didier MAJOU\*

\*Directeur, ACTIA, 16, rue Claude Bernard, 75231 Paris Cedex 05 - Courriel : d.majou@actia-asso.eu

**Résumé**

Depuis l'après-guerre, l'industrialisation de la transformation alimentaire s'est accélérée. Sous la pression des différents acteurs, des exigences se sont imposées : production de masse, productivité, prix compétitif, accessibilité à tous, qualité sensorielle, diversité, sécurité sanitaire, composition nutritionnelle, praticité, impacts environnementaux et, en devenir, durabilité. Au sein d'un aliment, ces exigences ne sont pas successives, mais cumulatives pour former sa qualité globale. Cette complexité entre les critères est traitée par une démarche de compromis raisonné selon le concept du « 85 », en fonction du cahier des charges du marché cible. Afin de répondre aux attentes des consommateurs, l'alimentation doit encore évoluer, s'adapter, anticiper dans le contexte paradoxal de continuité et de rupture avec le passé en tendant vers des systèmes durables de production. Et un nouveau concept, le « Flex in/Flex out » (ou « FiFlo ») se développera en production. De beaux défis sont à résoudre entre innovation et recherche, à la croisée entre ingénierie de la qualité et ingénierie de la durabilité.

**Abstract**

Since the post-war period, the industrialization of food processing has accelerated. Under pressure from a variety of stakeholders, certain requirements have been imposed, including mass production, productivity, competitive prices, accessibility for all, sensory quality, diversity, food safety, nutrition, convenience, reduced environmental impact, and, in the future, sustainability. These requirements are not successive, but cumulative, forming the overall quality of a given food product. The complexity of finding a balance between these criteria is managed through a compromise approach, based on the "85" concept, according to the target market's requirements. In order to meet consumers' expectations, food needs to change. Manufacturers must adapt and anticipate in a paradoxical context where consumers seek both continuity and to break with the past by adopting sustainable production systems while preserving its food model. Certain trends are emerging and may establish themselves, such as 'free from' (additives, pesticides, GMOs, nitrite, sulfites) stimulated by organic farming; 'low in' (salt, sugar, saturated fatty acids); new sources of plant-based protein; and turkey nutrition to overcome genetic nutrient deficiencies, or to correct imbalances in intestinal microbiota. And a new concept, the "Flexibility in/Flexibility out" (or "FiFlo") will develop in production. Great challenges between innovation and research must be resolved, at the crossroads between quality engineering and sustainability engineering.

**Mots-clés**  
Aliment, qualité, complexité, compromis, ingénierie.

**L'aliment : une complexité accrue**

Historiquement, avec le développement de l'élevage et de la culture, la production alimentaire a pour objectif de nourrir une population locale. Le défi était de pouvoir préserver sainement, toute l'année, les denrées périssables sans altération, ni pathogènes microbiens. Il était indispensable de stocker les aliments en période d'abondance, afin d'éviter la disette lors des périodes difficiles (fin d'hiver, année à faible production consommable). Durant des siècles, au niveau artisanal, des procédés de conservation physiques (séchage), chimiques avec ajouts de conservateurs (saumurage, fumage, sulfitage, confisage, enrobage de cire...) et fermentaires (bactéries, moisissures, levures) ont été développés. Puis la conservation par la chaleur ouvrit l'ère industrielle avec l'appertisation en conserve étanche qui permet l'entreposage, sur une longue période, sans conditions particulières de température. Le goût et le coût des aliments étaient également des éléments importants du développement des produits industriels, ainsi que leur caractère « sain, loyal et marchand » (selon la loi du 1er août 1905). Cette loi marqua un tournant dans la lutte contre les fraudes et les falsifications, afin de défendre un commerce honnête pour les producteurs et les distributeurs, avant même de penser aux consommateurs. Et la réfrigération apparut au début du XX<sup>ème</sup> siècle.

Après la seconde guerre mondiale, l'industrialisation s'est accélérée par l'enchaînement des besoins, avec le développement de la population, l'augmentation du niveau de vie, l'urbanisation et l'essor de la distribution. Dans les 15 années qui suivirent la guerre, avec la reconstruction industrielle en Europe, la production de masse était essentielle afin de nourrir les populations et éviter les famines. Au cours des années 60, l'offre étant présente par la distribution et leurs chaînes du froid (réfrigération, surgélation), la diversité se développa avec les produits laitiers et la désaisonnalisation des fruits et légumes qui vont venir du monde entier. Dans les années 70, la qualité sensorielle s'imposa dans les produits traditionnels et ethniques. La diversification et la qualité de l'offre se fit par la formulation afin d'assurer une qualité constante, régulière et maîtrisée. Une industrie d'assemblage prit place avec deux volets : d'une part, la fabrication de produits intermédiaires (ingrédients, additifs, aides technologiques), aux fonctions définies, qui permet de s'affranchir de la variabilité de la matière première et, d'autre part, l'assemblage des composants élémentaires qui fut à l'origine d'importantes innovations sur des produits de plus en plus composites. Cependant, les premiers chocs pétroliers rappelleront les entreprises au pragmatisme économique ; ils leur imposèrent de maîtriser leurs coûts par la productivité.

À partir de 1980, la sécurité sanitaire est devenue une exigence prégnante avec différentes étapes : le contrôle par des analyses de plus en plus sensibles, l'assurance qualité avec des méthodes (HACCP, traçabilité) et des normes (ISO 9002), la prévention des risques par la réglementation (Paquet Hygiène - 1<sup>er</sup> janvier 2006), la normalisation (ISO 22000) et les référentiels des distributeurs (International Food Standard-IFS et British Retail Consortium-BRC), puis le ma-

nagement de la qualité et de la sécurité des aliments (ISO 22000-PAS 220, Food Defense, amélioration continue). Depuis les années 90, le bien-être et la santé par l'alimentation sont devenus des composantes du choix des consommateurs. Ceux-ci sont de plus en plus avertis et attentifs aux aliments, à leur composition, aux itinéraires culturels, aux procédés de transformation. Aujourd'hui, les impacts environnementaux de la production agricole et de la transformation commencent à apparaître dans les démarches de certaines entreprises lorsque des avantages économiques (diminution des pertes, recyclage, valorisation des coproduits, diminution de taxes, amélioration du bilan énergétique...) ou marketing (image de l'entreprise) viennent récompenser les investissements. Cependant, la performance et la compétitivité demeurent les maîtres mots des industriels.

Or, au sein d'un aliment, ces exigences ne sont pas successives, mais cumulatives. L'alimentation en France repose toujours sur des valeurs bâties sur un mode de vie et une culture culinaire, entretenues par les consommateurs et utilisées par les entreprises. Elles sont basées sur des produits sûrs et sains, agréables, pratiques, aux compositions nutritionnelles intéressantes, accessibles à tous, tout en préservant l'environnement et l'image de l'aliment, ainsi que sur le plaisir et la convivialité des repas. La complexité de la production d'aliments transformés dans les sociétés industrialisées, générée notamment par les attentes des marchés et l'évolution de la réglementation, ne cesse d'augmenter. Les exigences de qualité des aliments, de durabilité de la production et les obligations réglementaires pèsent lourdement sur le secteur alimentaire, même si elles peuvent être envisagées comme des facteurs de progrès et de performance. Certaines grandes entreprises maîtrisent en partie ces défis. Pour les PME et TPE, cela devient de plus en plus difficile à assurer.

**L'aliment : le reflet des exigences**

Le produit alimentaire est de moins en moins un aliment de fait, mais le reflet de la complexité des exigences et des intérêts des acteurs de nos sociétés industrielles. Chacun de ces acteurs ont des attentes et des objectifs par rapport à l'aliment et à l'alimentation. Les consommateurs, ou mangeurs sains, cherchent à satisfaire leurs besoins (sécurité, satiété) et leurs envies (bien-être, santé, plaisir, équilibre, praticité...). Leurs comportements et leurs attentes évoluent fortement depuis une décennie du fait de leurs contraintes économiques et de leurs nouvelles allocations budgétaires, de l'évolution générale des modes de vie (individualisation, vieillissement...) et de consommation, des pratiques culinaires, des formes de distribution. Selon une étude ANIA-Opinionway (juin 2015), les français considèrent que l'alimentation est une composante essentielle de leur mode de vie (92%), pensent qu'une alimentation saine et variée est la meilleure manière de préserver sa santé (81%), se déclarent fiers de leur modèle alimentaire (75%) qu'ils veulent préserver. Prix (66%) et date de péremption (56%) sont les deux premiers critères d'achat, suivis par la composition des aliments (53%).

Actuellement, le consommateur est polymorphe avec une ambivalence ou une contradiction entre son besoin d'être conforté dans ses racines (goût, naturalité) et ses demandes de qualités renforcées pour ses aliments : prix compétitif,

praticité, santé... Il se positionne entre continuité et rupture avec ses racines, entre tradition et innovation. Mais le consommateur ne leur reconnaît pas de valeur technologique. A contrario, les produits manufacturés des autres industries possèdent une valeur technologique et une valeur fonctionnelle. Ainsi, l'alimentation est dans une opposition entre ses origines et son industrialisation ; avec une industrie qui ne constitue pas son socle originel. Cette opposition se répercute sur la non-valeur technologique de l'aliment et, en corollaire, sur la méfiance ou le refus d'innovation technologique dans ce domaine ; jusqu'à un certain seuil d'acceptation pour les consommateurs qui privilégient la valeur service de l'aliment.

Les acteurs économiques, producteurs agricoles, transformateurs industriels, distributeurs, restaurateurs, doivent créer des valeurs économiques durables pour leurs structures grâce à la satisfaction de leurs clients, avec des produits à vocations alimentaires et non alimentaires à partir des matières premières agricoles. Leurs activités se positionnent sous l'angle de la responsabilité et de la compétitivité de leurs produits. Cependant, avec l'impact de la crise économique de 2008-2009, la volatilité des cours des matières premières agricoles qui nuit à leur différenciation par la qualité fonctionnelle, la concentration de la grande distribution sur sept enseignes principales et leur forte pression sur les prix de vente, la défense du pouvoir d'achat des consommateurs et le renforcement de la concurrence internationale, leurs objectifs divergent et l'ensemble des producteurs agricoles et industriels souffre. La compression de la valeur ajoutée et la dégradation des marges pèsent sur la capacité d'innovation et d'investissement des producteurs, avec pour conséquences de fragiliser certaines filières et chaînes de valeur.

Les pouvoirs publics, français et européens, qui sont les garants d'une satisfaction individuelle, permettent aux citoyens d'être informés et obtenir des produits sains, sûrs et loyaux, tout en les protégeant de dérives nutritionnelles dangereuses. Leurs actions s'appuient sur l'expertise de l'ANSES en France et l'EFSa en Europe, dont la mission est d'évaluer l'ensemble des risques (chimiques, biologiques, physiques...) auxquels un individu peut être exposé, volontairement ou non, à tous les âges et moments de sa vie. Ces évaluations prennent en compte l'état de l'art scientifique au moment de leur réalisation ; elles peuvent évoluer ensuite selon les résultats des travaux de recherche. Après avoir soutenu la productivité, réglementé la conformité et aidé la qualité, ils accompagnent le développement économique des entreprises dans un contexte de durabilité de leur production, en particulier en soutenant l'innovation par des aides financières.

**L'aliment : un compromis raisonné entre les exigences de qualité**

En prenant en compte l'ensemble des exigences, la qualité globale d'un aliment relève de nombreux critères de qualité. Ceux-ci ne sont pas découplés, mais largement interdépendants avec des interactions fortes entre eux, souvent mal connues :

- Des critères imposés au producteur qui sont incontournables, comme :

- La sécurité sanitaire microbiologique, physico-chimique et immuno-chimique (allergie), encadrée par la réglementation sous le vocable « Paquet Hygiène » ;

- La législation alimentaire européenne lato sensu, qui concerne toutes les étapes de la production, de la transformation et de la distribution des denrées alimentaires ;

- L'impact environnemental encadré par les lois et règlements européens ad hoc ;

- L'image symbolique de l'aliment qui ne peut pas être orthogonal aux valeurs culturelles et culturelles, aux us et coutumes, aux émotions des consommateurs du marché cible. Il en est de même des technologies utilisées. Le succès d'une innovation dépend de son acceptabilité sociale. Par exemple, lors de la crise de la vache folle en 1996, ceux-ci ne comprenaient pas qu'une vache, un herbivore, consomme des farines animales. Et la consommation d'insectes, même sous forme de protéines, provoque beaucoup de réticences dans notre culture occidentale.

**• Des critères de différenciation qui sont au choix des producteurs en fonction du marché cible, à savoir :**

- Les propriétés organoleptiques (saveur, texture, goût, couleur), garantes de l'achat et surtout des rachats. Elles représentent une valeur émotionnelle ; elles riment avec le plaisir de faire cet aliment, de le faire partager et de le consommer ;

- Les compositions nutritionnelles, améliorées par la diminution des excès d'ingrédients (sucre, sel, gras), par la suppression de conservateurs (nitrite, sulfite), par la préservation de la composition intrinsèque ;

- Le service apporté, avec des aliments plus « pratiques » : plus faciles à manipuler, déjà préparés, prêts à l'emploi pour le domicile et la restauration, en prenant en compte l'ergonomie des emballages (nomadisme, rapidité de cuisson, mise en portion...) dans un contexte de durabilité (recyclage, biodégradabilité, bioressources) ;

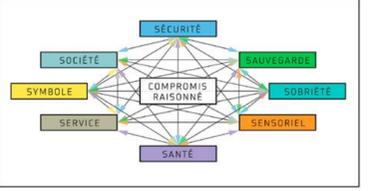
- Le prix de vente, qui est un critère contraignant puisque dépendant des négociations avec la distribution.

L'ensemble de ces critères constitue le concept du « 8 S » qui comprend : Sécurité, Santé, Sensoriel, Sauvegarde, Service, Symbole, Société (réglementation) et Sobriété (coût de production) (Fig. 1).

En cohérence avec le cahier des charges défini par le marché cible, comme par exemple : hard-discount, épicerie fine, cuisine traditionnelle, produits biologiques, seniors..., et la stratégie de l'entreprise, la pondération des critères de différenciation sera différente et adaptée à ce marché dans une approche de compromis raisonné, tout en préservant les critères imposés. Le producteur doit optimiser son produit en fonction de ces critères, en hiérarchisant leur importance. Cette ingénierie de la qualité est réalisée en jouant sur les facteurs déterminants (matières premières, ingrédients, formulation, ferments, technologies, emballages, gaz), tout en prenant en compte l'usage de l'aliment ou du produit intermédiaire dans le traitement culinaire (domicile, restauration hors domicile). Certains facteurs d'optimisation sont spécifiques au producteur et font partie de son métier, de ses bonnes pratiques et demandent professionnalisme, bon sens et rigueur. D'autres sont difficilement maîtrisables individuellement du fait de l'émergence de nouvelles exigences (environnement, nutrition, certaines contaminations, molécules néoformées...) ou l'accroissement des niveaux de contraintes dû à l'amélioration des connaissances scientifiques et analytiques. Les complexités en jeu

ne permettent seulement qu'à quelques groupes industriels de maîtriser certains éléments. Les TPE et PME travaillent souvent par empirisme ou mimétisme avec beaucoup d'efforts quand elles sont isolées, avec l'appui des spécialistes des instituts techniques agro-industriels ou de la recherche publique.

FIGURE 1 - CONCEPT DE «8S» - CRITÈRES DE QUALITÉ ET COMPROMIS RAISONNÉ  
+8S- CONCEPT - QUALITY CRITERIA & COMPROMISE APPROACH



**L'aliment : un futur entre complexité et flexibilité**

Pour l'ensemble des acteurs, l'innovation est essentielle et représente un constant et important défi pour le futur dans les économies occidentales. Les consommateurs aspireront toujours à plus de sécurité sanitaire, de naturalité, d'authenticité, de praticité, d'effet santé et d'accessibilité à tous, sans rupture avec certaines traditions. Levier essentiel de leur compétitivité, l'innovation permet aux entreprises de se différencier avec des produits et des services à plus forte valeur ajoutée et conquérir de nouveaux marchés. Un nouveau défi s'imposera de plus en plus aux pouvoirs publics, une production agricole et alimentaire durable en prenant en compte les dimensions qui lui sont associées : l'efficacité économique, la dimension sociale et la préservation de l'environnement, tout en contribuant à la sécurité alimentaire et nutritionnelle selon la FAO.

Au niveau des produits, les innovations alimentaires seront dans la continuité des enjeux, sans rupture notable avec les fondamentaux (plaisir, bien-être, praticité, authenticité, origine des produits, prix) et dans la cohérence des valeurs du modèle alimentaire français... ou latin. Des tendances émergent et peuvent devenir majeures, comme le « sans » (additifs comme des conservateurs : nitrite, sulfite..., OGM, allergènes, gluten, huile de palme, lactose...), le « moins » (sucre, sel, lipides saturés), de nouvelles sources de protéines à partir de végétaux (céréales, légumineuses), formulées en mixes avec des protéines animales dans une logique de « flexitarisme » (végétarien partiellement omnivore). Au niveau santé, des aliments sur mesure vont se développer pour répondre aux nécessités spécifiques de populations ciblées (nouveaux-nés, seniors...), soit une nutrition prête à l'emploi ; mais, également, des compléments alimentaires qui répondront à des besoins de nutriginomique, afin de pallier les carences génétiques en nutriments (oméga-3, oméga-6...), ou pour rééquilibrer des déséquilibres du microbiote intestinal (flores probiotiques) qui ont des conséquences pathologiques.

Certaines de ces tendances sont stimulées par les exigences des produits sans pesticides issus de l'agriculture biologique. Les améliorations apportées à ceux-ci pourront également être appliquées aux produits conventionnels, ceteris paribus.

En effet, d'après l'Agence Bio, cette gamme de produits devient un créneau de diversification porteur pour les industriels ; le marché a enregistré une croissance historique de l'ordre de 20% au premier semestre 2016 par rapport à celui de 2015.

Compte tenu de leur importance dans l'alimentation française, les produits fermentés seront l'objet de développements particuliers au niveau des souches microbiennes (bactéries, levures, moisissures), afin d'accroître et valoriser leurs fonctionnalités technologiques (acidification, texture, arôme, couleur, préservation) et probiotiques. Ces innovations permettront d'améliorer les produits existants et de concevoir de nouveaux produits fermentés dans une perspective de développement durable, puisque la fermentation est un moyen ancestral de conservation.

Comme éléments du procédé et du produit, les emballages vont également évoluer. Différents angles d'amélioration seront abordés dans une approche interactive au sein du couple aliment-emballage, tout en tenant compte de l'ensemble des exigences. Ils rempliront de plus en plus des fonctions de conservation et de maturation des produits en complément du procédé d'obtention, tout en impliquant le sous vide ou des atmosphères modifiées de gaz mieux équilibrées selon les objectifs. Dans certaines applications, ils permettront de s'affranchir du froid. Cependant, le développement des fonctions des emballages ne pourra se réaliser qu'aux conditions du non transfert de monomères vers la matrice alimentaire, ainsi que de leur écoconception « du berceau à la tombe » afin de limiter leurs impacts environnementaux.

La compétitivité sera toujours un axe majeur pour les industriels. La conception ou la réingénierie des procédés de transformation, tout en intégrant l'ensemble des exigences de la complexité, sera au service de la performance et de la productivité. Malgré le peu de degrés de liberté, l'unité de production devra accroître sa flexibilité, tant en quantité qu'en qualité (format, produit, conditionnement...), tout en conservant son efficacité, ses exigences de qualité et sa régularité. Un nouveau paradigme, le « Flex in/Flex out » (ou « FiFlo ») s'imposera. Flex in, ou flexibilité à l'entrée pour les approvisionnements, qui répondra aux nouvelles pratiques agro-écologiques en traitant des matières premières agricoles aux qualités variables et moins standardisées ; Flex out, ou flexibilité sortie, qui permettra de fabriquer une gamme plus élargie de produits sur les mêmes équipements en fonction des marchés et des demandes de la distribution d'une part, ainsi que de recycler des coproduits dans un contexte d'économie circulaire avec des clients agro-alimentaires ou non d'autre part. Sachant progressivement transformer des contraintes en opportunités, les industriels vont réduire à la source leurs consommations d'intrants (eau, énergie, matières premières, emballages) et valoriser leurs coproduits pour limiter les pertes. Cette compétitivité passera également par la réduction de la pénibilité des conditions de travail sur les opérations unitaires (abattoirs, filetage des poissons...) grâce à la robotisation ou la cobotisation (machines collaboratives conçues pour travailler en permanence avec l'homme) plus facile à implanter comme les exosquelettes.

La compréhension et la maîtrise de ces critères de qualité requièrent des approches intégrées faisant intervenir des disciplines (biologie, microbiologie, chimie, génie industriel, sciences humaines et comportementales, toxicologie...) et

des acteurs complémentaires (chercheurs, ingénieurs, transformateurs, fabricants d'ingrédients, équipementiers, agriculteurs, pouvoirs publics, consommateurs) dans une approche d'ingénierie de la qualité, de l'amont agricole à l'aval transformation, mais également avec la distribution et la mise en condition culinaire. À l'interface entre la recherche et l'industrie, les instituts techniques agro-industriels de l'ACTIA permettent d'appliquer les méthodes de l'ingénierie de la qualité jusqu'à la TPE. Au niveau de la recherche, de nombreuses questions se posent et de nombreuses investigations sont à poursuivre. Sans entrer dans leur déclinaison, deux exemples de dimension opposée peuvent être considérés : la matrice alimentaire et la durabilité des systèmes.

Les propriétés de la matrice alimentaire, en termes de structure, de mécanique, de chimie, de réactivité, sont essentielles. Elles dépendent en tout premier lieu de l'origine et des conditions d'obtention des matières premières agricoles : l'agronomie doit encore permettre d'améliorer leurs qualités sur un couple agro-écologique. Elles dépendent aussi de toute la chaîne de traitement et de conservation de ces matières premières et des produits finis. Maîtriser la qualité et les propriétés physico-chimiques d'un produit pendant sa fabrication et son stockage reposent sur de nombreux facteurs, dont les effets ne sont pas encore suffisamment compris. Beaucoup de ces propriétés résultent de réactions chimiques qui sont contrôlées à la fois par les conditions thermodynamiques (température, activité de l'eau) et l'état de la matière en cours de transformation (pH, Eh ou potentiel rédox...). De nombreux travaux existent en situation modèle, mais l'extrapolation à des aliments échoue souvent à cause de la complexité des matrices réelles. Les approches demeurent au stade macroscopique et descriptif. Il est essentiel de palier le défaut de connaissance relatif aux schémas réactionnels. Si certaines parties de ces schémas sont connues, des pans entiers sont non explorés ou non explicités. Ainsi, les verrous scientifiques et technologiques nécessitent l'acquisition de connaissances par des descriptions mécanistiques des phénomènes dans un écosystème chimique. Ces descriptions permettront de franchir rapidement des étapes qui conduiront à modéliser, construire des outils d'aide à la prévision et anticiper les compromis entre les critères de qualité. Toutes les applications sont concernées, comme par exemple la composition nutritionnelle et la spéciation des nutriments, selon les formes d'apport les relations entre aliments formulés et microbiote intestinal au bénéfice de celui-ci ou au bénéfice de l'absorption, la conservation avec la suppression de certains additifs par la compréhension des relations bactéries-matrices, ainsi que virus-matrices...

La production durable doit être abordée avec une approche globale et intégrée. Le compromis bénéfices-risques des filières de production, de l'amont agricole à l'aval industriel, et des systèmes transversaux multifilières (distribution, logistique, restauration hors domicile...), en prenant en compte l'ensemble des contraintes et exigences des différents acteurs, est à évaluer selon des méthodes « analyse de cycle de vie » sur toutes les dimensions de la durabilité. Les points critiques et les verrous doivent être qualifiés, afin de proposer des solutions alternatives. L'unité fonctionnelle étant l'unité de mesure utilisée pour évaluer le service rendu par un produit, il est indispensable de définir l'unité fonctionnelle de l'aliment, en particulier à partir de la notion d'unité fonctionnelle nutritionnelle. L'ingénierie de la durabi-

lité croisera l'ingénierie de la qualité et s'en inspirera. Les missions d'appui des instituts techniques aux entreprises, en particulier auprès des PME et TPE, devront être renforcées.

Jusqu'alors, au moins en France, l'industrie alimentaire a réussi à garder un lien avec son territoire et son héritage culturel, tout en répondant aux standards de qualité et de sécurité des aliments, en conciliant tradition et innovation en lien avec son modèle alimentaire. Il est indispensable de renforcer cette dynamique tout en l'adaptant aux modifications des modes de vie (individualisation, vieillissement...), des modes de consommation, des pratiques culinaires, des formes de distribution et d'approvisionnement agricole, en particulier locales. Afin de répondre aux attentes du marché, l'alimentation doit encore évoluer, s'adapter, anticiper dans ce contexte paradoxal de continuité et de rupture avec le passé en tendant vers des systèmes durables de production, avec un juste équilibre de la répartition de la création de la valeur entre l'amont et l'aval pour pérenniser les filières.

**Références bibliographiques**

Courrière, F., Dedieu, M.S., 2012. La compétitivité des filières agroalimentaires : une notion relative aux déterminants multiples. *Centre d'études et de prospective du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de la Pêche*, Avril 2012.

Esnouf, C., Russel, M., Bricas, N., 2011. Pour une alimentation durable, Paris, Quae.

ETP Food for Life, 2016. Strategic Research and Innovation Agenda. Bruxelles.

FAO, 2010. Biodiversité et régimes alimentaires durables. Rapport, Rome.

FoodDrink Europe, 2015. Strategic Research Priorities for the European Food and Drink Industry. Bruxelles.

Fouqueray-Mérel, C., Paré, A., Fosse, J., 2014. Consommations et pratiques alimentaires durables : analyse de données nationales issues d'enquêtes d'opinion. *Centre d'études et de prospective du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de la Pêche*, Mai 2014.

Laisney, G., 2012. L'évolution de l'alimentation en France. *Centre d'études et de prospective du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de la Pêche*, Janvier 2012.

Larochette, B., Sanchez-Gonzalez, J., 2015. Cinquante ans de consommation alimentaire : une croissance modérée, mais de profonds changements. *Insee Première*, Octobre 2015.

Mathé, T., Francou, A., Colin, J., Hébel, P., 2011. Comparaison des modèles alimentaires français et états-unis. *Crédoc, Cahier de recherche*, Décembre 2011.

Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de la Forêt, 2016. Panorama des industries agroalimentaires 2016. Paris.

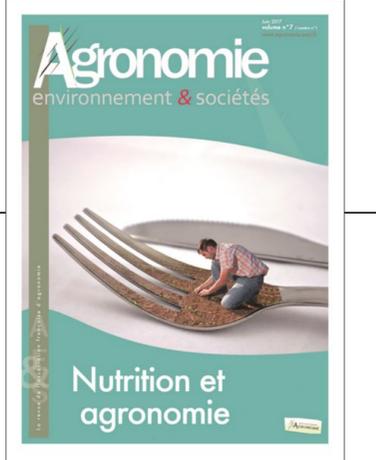
Ministère de l'Économie et des Finances, 2015. Alimentation intelligente. Feuille de route, Paris.

OCHA, 2012. La question alimentaire. Paris.

Riou, J., Lefèvre, T., Parizot, I., Lhuissier, A., Chauvin, P., Is there still a French eating model? A taxonomy of eating behaviors in adults living in the Paris metropolitan area in 2010. *Plos One*, March 2015.

Scislowski, V., Lapasin, C., Ponchant, P., Guardia, S., Nassy, G., Chevillon, P., 2012. Recherche des méthodes d'évaluation de l'expression de l'empreinte carbone des produits viande. *Collection Résultats, Institut de l'Élevage*, Octobre 2012.

Tavoularis, G., Mathé, T., 2010. Le modèle alimentaire français contribue à réduire le risque d'obésité. *Crédoc*, Septembre 2010.



# Robots collaboratifs : une aide pour réduire la pénibilité

Les robots collaboratifs sont une solution pour limiter les TMS mais ils doivent répondre à des exigences de sécurité très strictes.

Les robots collaboratifs vont-ils se faire une place dans les usines ? Même s'ils ne représentent aujourd'hui que 2 à 3 % du marché mondial de la robotique industrielle, leurs perspectives de développement sont prometteuses. Car si les robots « classiques » ont permis une automatisation, notamment en fin de ligne, ils se heurtent à des limites techniques pour les opérations complexes. Autre frein : ils ne sont pas toujours dimensionnés pour des petites séries et peuvent représenter un investissement élevé pour les PME. Les cobots, terme né de la contraction de robots collaboratifs, sont conçus pour travailler en même temps et dans le même espace que l'opérateur sans nécessiter de barrière physique de protection, sous réserve de conclusions favorables de l'analyse de risques. À eux revient l'exécution des tâches à faible valeur ajoutée demandant effort et répétition, tandis que l'opérateur se concentre sur les opérations nécessitant une expertise et un savoir-faire. Ils constituent ainsi une solution pour réduire l'apparition de troubles musculo-squelettiques (TMS) tout en apportant flexibilité

**Les applications potentielles de la cobotique sont nombreuses pour répondre au besoin de flexibilité**

et polyvalence. Il n'est donc pas surprenant que l'offre en cobotique se développe, même si les réalisations en agroalimentaire restent encore limitées. Les applications potentielles sont pourtant nombreuses : mise en cartons de produits emballés, formage de cartons, palettisation, déplacement de produits et approvisionnement de lignes... « Le cobot convient quand la solution robotique n'est pas envisageable, par exemple si les changements de séries sont fréquents ou qu'un contrôle qualité fait par un opérateur est indispensable à ce poste », explique



## Nortura palettise dans un espace réduit

La coopérative suédoise a opté pour l'UR 10 d'Universal Robots avec un système de vision pour gagner en place et en efficacité.

Basée à Oslo, en Norvège, la coopérative Nortura produit une gamme de viandes salaisonnées et transformées (effectif : 100 personnes, production 200 000 kg/an). Son objectif était d'optimiser la palettisation, mais avec un espace au sol limité et un budget réduit. Or la palettisation classique nécessite une grande cellule avec une cage de sécurité. La coopérative a ainsi fait le choix d'un robot collaboratif UR10 (Universal Robots) six axes (charge maximale 10 kg), équipé d'un préhenseur à ventouse Unigripper qui se charge de prélever les cartons sur un transporteur à courroie et de les placer dans les bonnes positions sur la palette. L'équipement occupe un cinquième de l'espace qui aurait été nécessaire pour un robot classique. L'intégrateur en robotique norvégien Rocketfarm AS a ajouté un système de

vision IFM montée sur le plafond au-dessus du robot. La zone de travail du robot n'est qu'un simple espace peint au sol qui indique où l'opérateur doit placer la palette vide. Une fois la palette placée sur le sol, le système de vision la détecte automatiquement, ainsi que les cartons se déplaçant sur le convoyeur, et la palettisation est lancée en automatique. Le programme du robot peut être personnalisé pour empiler des cartons de taille différente dans la disposition choisie, comme par exemple les tourner pour que les étiquettes soient toutes visibles de chaque côté de la palette. Le robot peut empiler une moyenne de 20 palettes par jour, pour un total de 1 700 cartons/j. Il peut aussi vérifier si un carton n'a pas été correctement rempli, en mesurant son poids. Le retour sur investissement est de moins d'un an.

Eric Martin, professeur à l'Université Bretagne Sud-Lab-STICC (Laboratoire des Sciences et techniques de l'information, de la communication et de la connaissance). Formée de psycho-ergonomes, l'équipe du laboratoire, en collaboration avec l'Adria, réalise des études de faisabilité pour la mise en œuvre de solutions cobotiques.

### Une gamme élargie

Plusieurs types d'équipements sont regroupés derrière le terme de cobots. Les premiers sont issus des robots classiques avec des fonctions de sécurité supplémentaires tels que des capteurs de force ou des scrutateurs reliés au contrôleur. Ces dispositifs permettent en particulier d'adapter la vitesse du robot selon la distance à laquelle se trouve l'être humain. Cette offre est proposée par la plupart des fabricants historiques de robots. « Nous avons créé des robots que l'on peut utiliser en mode traditionnel ou collaboratif. La gamme TX2 intègre ainsi un nouveau contrôleur CS9 couplé avec des scrutateurs. Selon les zones de travail, le robot ralentit ou s'immobilise automatiquement », souligne ainsi Jacques Dupenloup, responsable des ventes France et Benelux chez Staubli. Une autre gamme de cobots plus légers et maniables émerge aujourd'hui, pro-

posée par certains fabricants de robots classiques (Kuka, Yaskawa, ABB...) ou par de nouveaux intervenants. Ces derniers mettent en avant la facilité d'utilisation et de programmation. « Nous avons développé une interface de programmation intuitive qui peut être utilisée par des opérateurs n'ayant aucune connaissance particulière. En manipulant le bras robotisé ou en utilisant la tablette, les différents points de la trajectoire sont enregistrés. Ce fonctionnement par apprentissage est très simple », remarque Adrien Poinssot, responsable commercial chez Universal Robots, pionnier danois de la cobotique industrielle qui annonce 13 000 robots vendus dans le monde depuis sa création en 2005. L'entreprise propose l'UR Academy, des modules de formation en ligne via des simulations interactives. La programmation par démonstration ou apprentissage est également intégrée par d'autres fournisseurs (voir page 27). « Les cobots sont des outils au service de l'homme. Ils doivent donc être faciles à programmer pour qui n'est pas automaticien », insiste Eric Martin. Le terme de cobots est également utilisé par certains pour désigner les bras d'assistance au geste ou les exosquelettes proposées par des entreprises comme RB3D ou Cobot Robot. « L'approche est différente selon

la valeur ajoutée humaine. Dans le cas d'un geste à forte valeur ajoutée liée à l'expérience, on peut opter pour des solutions d'assistance à l'effort. Si les tâches sont plus simples, il est possible de faire travailler l'homme avec des robots collaboratifs », explique Yann Perrot, chef du laboratoire robotique interactive CEA List. Cet institut du CEA Tech intervient pour identifier les postes les plus exposés aux TMS, puis à partir d'une analyse de geste propose des solutions. Ces dernières sont ensuite développées avec des partenaires équipementiers.

### Plus d'agilité

Plusieurs projets sont en cours dans les filières viandes et notamment une expérimentation conduite chez Holvia Porcs (voir RIA n°765) avec le CEA Tech Pays de la Loire. « Les industriels nous sollicitent car ils font face à des problèmes de pénibilité du travail. Mais dans la filière viande, la robotisation n'est pas toujours possible car il y a des schémas spécifiques avec une grande variété d'opérations de transformation, ce qui n'est pas le cas dans d'autres pays où la standardisation est plus importante. L'approche que nous développons avec des briques technologiques cobotiques prend en compte le facteur humain », souligne Philippe

Morganti, responsable partenariats industriels au CEA Tech Pays de Loire. Un des autres avantages annoncé des robots collaboratifs est l'absence de barrière physique, ce qui diminue le coût d'investissement d'une cellule complète et limite l'encombrement au sol. Mais cela n'est pas toujours possible et la prudence reste de mise. Toute intégration reste ainsi soumise à une analyse de risque. « Le robot collaboratif en tant que tel n'existe pas, c'est l'application qui peut être collaborative », remarque Guillaume Pradels, chargé d'affaires chez ABB.

### Valider la sécurité

L'analyse de risque doit être faite en tenant compte de l'application, notamment la dangerosité éventuelle des préhenseurs utilisés. Les robots collaboratifs sont soumis à la directive Machines 2006/42/CE. Cette dernière impose des objectifs, sans fixer les moyens d'y parvenir. De leur côté, les normes NF EN Iso 10218-1 (sur les robots) et NF EN Iso 10218-2 (sur l'intégration des cellules robotisées) sont d'application volontaire et présentent des solutions techniques qui aident à répondre à la réglementation. Quant à la spécification technique Iso/TS 15066 publiée en 2016, elle fournit des lignes directrices pour la conception et l'organisation d'un espace de travail coopératif. « Une norme harmonisée comme l'EN Iso 10218-2 donne présomption de conformité à la directive Machines. Dans le cas d'un TS, ce n'est pas le cas.

Ce document est donc opposable en cas de litige car il ne fait pas consensus auprès de tous les États membres mais il reste utilisable au même titre qu'un guide technique », explique Sylvain Acoulon, consultant sécurité au Cetim. Les dispositifs de sécurité à mettre en place restent donc à définir au cas par cas. « C'est l'intérêt d'une analyse qui permet d'identifier les risques et, pour chacun d'entre eux, de proposer des solutions. Il peut être nécessaire de recourir à plusieurs dispositifs de protection et c'est l'ensemble qui va garantir la sécurité », poursuit Sylvain Acoulon. Le Cetim réalise ces analyses de risques, sous forme de formation action pour rendre les industriels plus autonomes. L'éloignement des opérateurs via des barrières physiques, la détection de présence, les équipements de protection individuelle tels que les gants font parties des solutions envisageables. Une des perspectives prometteuses de ces cobots étant leur utilisation pour des tâches différentes, doit-on alors faire une analyse de risque pour chaque application, ce qui limiterait leur mobilité ? « En principe, cette analyse doit être faite à chaque fois, mais il est possible de déterminer une check list pour simplifier chaque nouvelle installation à partir d'une pré-analyse faite en amont. La sécurité n'est donc pas un frein au développement de la cobotique si on la gère correctement », souligne Sylvain Acoulon. Pour mieux informer les industriels, le ministère du Travail va bientôt éditer

un guide de prévention rédigé par un groupe de travail sur la cobotique et les enjeux de sécurité.

### Un ROI réduit

Autre particularité des robots collaboratifs : leur prix. Hormis ceux issus de la « customisation » des robots classiques, ils sont moins onéreux, avec un coût de 20 000 à 40 000 euros seuls. Le temps de retour sur investissement (ROI) moyen est estimé entre six et dix mois selon les fournisseurs. Reste que ces cobots ne peuvent pas travailler à très haute vitesse, ni porter des charges élevées, la limite la plus fréquente étant 10 kg. Par ailleurs, ils ne sont pas toujours conçus pour travailler en zone humide ou nécessitant des nettoyages fréquents par jet d'eau. Ainsi, même si des limites existent, les robots collaboratifs offrent de nombreuses possibilités d'usage, la plus aboutie étant une intégration complète, en continu, avec l'homme dans une action conjointe. « Le robot amène une pièce et la présente sous différents angles selon un ordre voulu pour que l'opérateur puisse travailler dessus », explique Yvan Measson, PDG d'Isybot, start-up es-saimée du CEA. « Il faut qu'il y ait une compréhension du produit. Les robots collaboratifs offrent une grande flexibilité pour les PME et les groupes peuvent se les approprier directement sans intermédiaire », explique Jérôme Laplace, directeur de HumaRobotics, partenaire exclusif de Rethink Robotics en France. ISABELLE GATTEGNO

## R&D : un cobot ou un exosquelette pour le désossage et la découpe des viandes

LE PROJET EXOCARNE, porté par l'Adiv Développement, vise à développer une solution d'exosquelette ou de cobots afin de réduire la pénibilité des postes de désossage et de découpe dans les filières viandes.

LABELLISÉ PAR LE PÔLE DE COMPÉTITIVITÉ VIAMÉCA, il est réalisé avec CIP Automation et l'appui de l'Institut Pascal dans le cadre de l'UMT Mecarneo. « Dans une première phase, nous allons caractériser

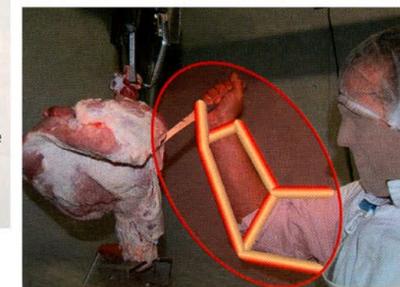
et cibler les opérations sur lesquelles nous allons travailler, et les hiérarchiser. Nous disposons de couteaux à capteurs d'efforts qui nous permettent de faire des mesures des forces

et couples de découpe en vue du dimensionnement de notre prototype. Le choix technique reste à définir entre cobots ou exosquelettes mais il s'agit de trouver une solution

adaptée à la filière viandes et à ses contraintes. Il faut en particulier pouvoir adapter le geste et l'effort, dans toutes les directions de l'espace 3D, au fur et à mesure de l'accomplissement de la tâche de découpe », précise Matthieu Alric, chargé d'études en génie mécanique à l'Adiv.

LA PHASE DE R&D DE CE PROJET EST PROGRAMMÉE DE MARS 2017 À AOÛT 2018. Elle comprend une formalisation du cahier des

charges, l'élaboration des algorithmes de commande, de dimensionnement CAO en 3D, afin d'aboutir à la réalisation d'un démonstrateur. Le projet est financé dans le cadre de l'action « Projets Agricoles et Agroalimentaires d'Avenir » (P3A), volet « Innovation et compétitivité des filières agricoles et agroalimentaires » (2i2A), piloté par FranceAgrimer, à hauteur de 200 K€ pour un montant total de 456 K€.



QUALITÉ //

ACTIA NON CITÉE

# Justifier ses allégations sensorielles

**ÉTIQUETAGE** ▶ Elles aident à vendre un produit. Si elles ne sont pas vraiment réglementées, il est conseillé de pouvoir prouver qu'elles sont vraies.

**D**es épinars à la crème «tendrement cuisinés», du café aux arômes «riches et subtils», du fromage frais au «goût primeur», des endives au «croquant exceptionnel», une crème dessert à la recette «nouvelle et plus intense» ou une «incroyable sensation de gourmandise» suscitée par de petits biscuits au chocolat... L'étiquetage des produits alimentaires met souvent en avant des allégations sensorielles, affirmation de certaines caractéristiques organoleptiques à première vue subjectives. Le RMT Sensorialis, réseau mixte technologique dont l'objectif est de «mieux comprendre les éléments déterminant les comportements et choix alimentaires des consommateurs», a réalisé une étude sur cent vingt-neuf références, piochées dans sept familles de produits. Les chercheurs ont constaté que 63 % des allégations trouvées sont sensorielles et portent sur l'aspect croustillant, tendre, moelleux, fruité... des produits. 19 % sont hédoniques et évoquent le caractère délicieux, le plaisir simple ou le bon goût de crème. Et 18 % sont conceptuelles et parlent de produits de caractère, généreux, ou utilisent encore des formules telles que «mettre le Sud en bouteille».

## Caractéristiques organoleptiques

«Les allégations, dans leur majorité, font référence à la texture, et sont plus en lien avec les caractéristiques organoleptiques qu'hédoniques des produits, confie Jean-Pierre Bodin, directeur de l'atelier technologique de l'Enilia Ensmic, qui fait partie du RMT Sensorialis. On les trouve sur les emballages, discrètement glissées dans les conseils de prépa-



Selon une étude de RMT Sensorialis, 63 % des allégations sont sensorielles.

ration du produit ou visiblement mises en avant sous la marque. Il s'agit de caractéristiques perçues comme différenciantes par le fabricant et qui peuvent susciter l'acte d'achat. » Les termes principalement utilisés sont «croustillant», «fondant», «goût», «tendre» et «moelleux». Il n'existe pas de réglementation en matière d'allégation sensorielle, mais le règlement Inco (information des consommateurs) sur l'étiquetage indique que les informations sur les denrées ne doivent pas induire en erreur sur leurs caractéristiques ou en leur attribuant des qualités ou des effets qu'elles ne possèdent pas. Il ne faut pas, non plus, suggérer des caractéristiques particulières, alors

qu'elles sont identiques pour les produits similaires. Enfin, ces informations doivent être précises, claires et aisément compréhensibles. Le règlement mentionne aussi que, pour res-

pecter le principe visant à ne pas tromper le consommateur, il est souhaitable d'être en capacité d'apporter la preuve de ce qui est annoncé.

## Tests en laboratoire

Il est alors possible de réaliser des tests en laboratoire pour justifier des allégations sensorielles que l'on souhaite utiliser pour mettre en avant un produit. Agrotec a réalisé un travail en ce sens pour des producteurs de veaux nourris au grain, dont la viande est de couleur rouge, afin de la commercialiser en restauration collective. Pour les restaurateurs, la viande de veau doit généralement être blanche. L'objectif était de parvenir à qualifier les spécifications organoleptiques de la viande de veau rouge, afin qu'elles la différencient du veau élevé sous la mère et qu'elles soient parlantes pour les restaurateurs. Un panel regroupant professionnels de la filière et dégustateurs qualifiés a établi un profil sensoriel et mis en évidence deux critères hédoniques, le parfum et la puissance du veau rouge. Les producteurs ont ainsi pu mettre en avant ces deux allégations sensorielles vérifiées, rapport de laboratoire à l'appui.

FLORENCE JACQUEMOUD

## Le cas du label rouge

«Le label rouge est le seul signe de qualité qui permette de prouver les allégations sensorielles, car l'identification de ces caractéristiques est obligatoire, complète François Germon, responsable technique «analyse sensorielle» d'Agrotec, à Agen (Lot-et-Garonne). Nous avons par exemple travaillé sur la moquette de Vendée label rouge, pour laquelle nous avons mesuré le caractère fondant, grâce à des tests consommateurs. Nous avons ainsi pu prouver qu'elle était significativement plus fondante et appréciée qu'un produit de comparaison et les producteurs ont pu mettre en avant le caractère «tendre et fondant» sur les emballages.»



Agro Media » Innovation Agroalimentaire »

## Sécurité alimentaire : une unité mixte technologique dédiée aux emballages au contact d'aliments

Le laboratoire National de Métrologie et d'essais joue la carte de la sécurité alimentaire et annonce le lancement de l'Unité Mixte Technologique « Sécurité des matériaux et emballages au c...

👤 Celine Agromedia | 21 juin 2017 0



Le laboratoire national de métrologie et d'essais joue la carte de la sécurité alimentaire et annonce le lancement de l'Unité mixte technologique « Sécurité des matériaux et emballages au contact » qui sera officiellement présentée ce 21 juin 2017. La contamination des produits alimentaires conditionnés dans des systèmes d'emballages est un problème de santé publique majeur. Dans ce contexte, le LNE et l'INRA / AgroParisTech ont créé l'UMT SAFEMAT.

Sous l'égide de l'ACTIA (Association de coordination technique pour l'industrie agro-alimentaire), l'UMT SAFEMAT (Unité mixte technologique - sécurité des emballages) regroupant les équipes du LNE et de l'INRA / AgroParisTech Massy a été agréée le 12 janvier 2017.

L'UMT SAFEMAT, dont l'objectif est de travailler sur la « Sécurité des matériaux et emballages au contact des aliments et des produits Biologiques », permet de mutualiser avec les équipes d'INRA / AgroParisTech Massy, les moyens et savoir-faire en termes de modélisation des phénomènes de transfert des matériaux et des emballages notamment pour des applications alimentaires.

Un enjeu de sécurité

L'enjeu industriel est de doter les entreprises d'outils d'aide à la décision pour la prévision de la conformité réglementaire des emballages dès leur conception (Safe by design), ce qui est essentiel, notamment avec le développement des matériaux Biosourcés, Biodégradables, nanocomposites et matériaux issus du recyclage.

Le LNE est également qualifié ITAI (Institut technique agro industriel) dans le domaine de l'emballage alimentaire depuis 2007 et coordonne le RMT ProPack Food regroupant 17 partenaires experts sur la thématique Emballage / Procédé / Aliment depuis 2008, agréments délivrés également par le ministère en charge de l'Agro-alimentaire et pilotés par l'ACTIA.

Au cours de cette cérémonie, une présentation de l'UMT illustrera son ambition, les objectifs à atteindre et les moyens mis en œuvre par les partenaires pour répondre aux enjeux scientifiques, industriels et sociétaux concernant les matériaux et emballages au contact des aliments, produits cosmétiques et médicaments.

Thomas Grenon, directeur général du LNE : « Je me réjouis de la création de l'UMT SAFEMAT qui va permettre de mettre à la disposition des industriels des outils de prédiction, d'évaluation et de modélisation pour concevoir des emballages toujours plus performants et respectueux de la santé et de l'environnement ».



RECHERCHER...

Accueil > Les belles histoires

> Recherche avancée multicritères

**AGENDA**

**29 NOV**  
Session de formation Actions Marie Skłodowska-Curie : ITN et RISE  
PARIS

**30 NOV**  
Session d'information sur les opportunités de financement pour les S.H.S en région  
PESSAC

**Optimiser la qualité nutritionnelle des aliments en réduisant sel, matières grasses et sucre**

LES BELLES HISTOIRES | BIOÉCONOMIE

L'excès de consommation de sel, sucre et matière grasse est responsable de troubles graves de la santé des populations. L'enjeu de ce projet de santé publique est de proposer des produits reformulés qui sont acceptables par les consommateurs.

**LES BELLES HISTOIRES**

LES BELLES HISTOIRES DE LA RECHERCHE

**INFOS CLÉS**

Financement U.E. : 3 millions €  
Durée : 4 ans

Actualité 03.07.2017

**L'excès de consommation de sel, sucre et matière grasse est responsable de troubles graves de la santé des populations : hypertension, obésité, cancer, diabète, problèmes cardiovasculaires. Ces enjeux de santé publique sont directement abordés par le projet Terifiq, financé par l'UE.**

Les objectifs de Terifiq sont clairement affichés : reformuler des aliments de consommation courante avec moins de sodium, de matière grasse (saturé) et de sucre avec une bonne acceptabilité par le consommateur.

**Terifiq vise, par la recherche et l'innovation technologique, une réduction significative de sodium, matières grasses et sucres dans les aliments.** Ces ingrédients sont impliqués dans différentes caractéristiques de l'aliment telles que la texture, la perception des saveurs et des arômes, la durée de conservation, les propriétés nutritionnelles et l'acceptabilité par le consommateur.

Différentes stratégies propres à chaque type d'aliment (fromages, charcuteries, gâteaux, sauces salées et sucrées) ont permis de réduire très significativement les teneurs en sel et matières grasses, d'une part, et en sucre et matières grasses, d'autre part.

Pour une très grande majorité, les produits reformulés sont acceptables par les consommateurs et se positionnent très bien par rapport aux produits commerciaux de même catégorie.

Certains produits développés dans le projet sont déjà commercialisés car ils répondent aux contraintes des industriels.

## Sécurité des aliments

# Matériaux au contact : cap sur la modélisation !

La modélisation permettrait de s'affranchir des analyses en laboratoire pour les essais de migration. Exemple avec les encres et colles.

ACTIA NON CITÉE



### LES +

- Diminue le coût des analyses
- Donne un résultat quand la méthode analytique n'a pas été développée
- N'utilise pas de matériau réel
- Évalue n'importe quel matériau

### LES -

- Peut surestimer la migration
- Implique d'identifier de la substance à restriction nécessaire et de connaître sa concentration

La modélisation, un outil pour concevoir des emballages sûrs ? À l'instar de la microbiologie prévisionnelle qui permet de simuler les challenge-tests pour la détermination de la durée de vie, cette méthode proposée par le LNE et basée sur le calcul permet de se passer de l'étape d'analyses pour vérifier l'absence de migration des composants des packagings vers l'aliment. Développée dans le cadre de deux thèses et du projet de recherche SafeFoodPack Design (lire Juin 2017, p. 70), elle est aujourd'hui approuvée par les instances réglementaires européennes car elle remplit les conditions fixées dans l'annexe 5 du règlement UE 10/2011. « Les essais en laboratoires coûtent cher. Les approches prédictives donnent des outils pour traiter tous les cas de migration possibles, même ceux pour lesquels nous n'avons pas encore de méthodes analytiques disponibles », souligne Cédric Lythaud, ingénieur recherche et développement au LNE.

Exemple d'utilisation avec les encres. « Pour les encres, colles et vernis le risque chimique est évalué par voie chromatographique, mais une

méthode robuste n'est pas toujours disponible pour chacune des 6 000 substances listées dans les réglementations des matériaux au contact des aliments », observe Cédric Lythaud. Sur le papier, la méthode présente plusieurs avantages : nul besoin de matériau réel et la possibilité d'évaluer n'importe quel matériau organique tout en respectant les conditions réelles d'utilisation. Quelques inconvénients néanmoins : l'outil basé sur les lois de Fick nécessite de surestimer la migration réelle pour être utilisable dans un cadre réglementaire. « La conformité sera démontrée plus facilement pour des substances dont la limite de migration est plus élevée et pour lesquelles la surestimation a moins d'impact », observe-t-il. Autre condition préalable, son utilisation implique d'avoir identifié les substances soumises à restriction et connaître leur concentration.

### Modéliser dès la conception

L'outil s'avère utile dès la conception de l'emballage pour diminuer le danger d'exposition. Illustration avec des gobelets vernis imprimés pour boissons chaudes, empilés et stockés, pour lesquels il y a un risque de migration de la benzophénone provenant de l'encre (dont la LMS est fixée à 0,6 mg/kg). « Lorsque les gobelets sont empilés, on voit que la limite de migration spécifique est dépassée en cinq minutes. D'où l'importance de tenir compte des conditions de stockage », illustre Cédric Lythaud. D'autres cas ont été évalués, comme la migration de l'ensemble des substances d'un sac papier/polyéthylène imprimé lors d'un stockage un mois à température

ambiante. « On peut mettre en évidence le dépassement des valeurs réglementaires par un composant pour ensuite voir avec le fournisseur comment diminuer sa concentration », souligne-t-il. Cette approche est en cours d'utilisation dans le cadre de la problématique des huiles minérales. En modélisant la migration du benzyl-butyl-phthalate, on peut voir qu'en jouant sur l'épaisseur du film barrière, on allonge le temps de contact avec les denrées.

### Valider la conformité par le calcul

Ne reste plus maintenant qu'à accompagner les autorités de contrôle pour qu'elles s'approprient l'outil. Ces dernières ont en effet besoin de tous les éléments pour vérifier les calculs.

C'est l'un des objectifs de l'UMT Safemat « sécurité des matériaux et emballages au contact », qui regroupe les partenaires LNE et AgroParisTech-Inra. Lancée en janvier 2017 pour une durée de cinq ans, elle va entre autres se focaliser sur les approches prédictives dans l'optique de prédire les différents événements susceptibles de se passer dans l'emballage. L'enjeu est de valider par le calcul que les produits sont conformes à la réglementation. « L'UMT permettra de récolter des éléments de preuve de conformité acceptés par les autorités de contrôle », conclut Régis Lebossé, responsable du pôle chimie et physico-chimie des matériaux au LNE. ●

M. CÉROU



**LA PAROLE À** Cédric Lythaud, ingénieur recherche et développement au LNE



**Mettre en évidence le dépassement des valeurs réglementaires**

On peut mettre en évidence le dépassement des valeurs réglementaires par un composant pour ensuite voir avec le fournisseur comment diminuer sa concentration.



Un article paru dans Viandes & Produits Carnés présente les principaux axes de travail et du programme de l'UMT 17.02 « NewCarn ».

Le ministère de l'Agriculture a agréé, en janvier 2017, neuf Unités mixtes technologiques (UMT), pour cinq ans, après consultation du Conseil scientifique et technique de l'ACTIA. En matière de produits carnés, une nouvelle UMT « NewCarn » succède à l'UMT « Aprocel », avec les mêmes partenaires scientifiques : Adiv, l'unité Qualité des produits animaux (QuaPA) de l'Inra et l'Institut Pascal de l'université Clermont-Auvergne.

La nouvelle UMT est pilotée par un comité constitué d'une personne de chacun des trois partenaires : Laurent Picgirard (Adiv), Pierre-Sylvain Mirade (Inra-QuaPA) et Fabrice Audonnet (Institut Pascal).

Cette UMT vise notamment à proposer des produits innovants destinés à des populations particulières (juniors, seniors), mais aussi à étudier et valoriser de nouvelles technologies de transformation pour développer de nouveaux marchés et limiter les gaspillages, à développer de nouveaux outils de prédiction de la qualité des produits carnés, et enfin, à répondre à la demande de produits durables et « clean label ».

Vous pouvez retrouver tous les détails de l'article concernant l'UMT « NewCarn » sur le site web de Viandes & Produits Carnés.

L'UMT « NEWCARN » (2017-21) entend développer les produits carnés de demain

Présentation des principaux axes de travail et du programme de l'UMT 17.02

Mots-clés : Recherche, Innovation, Process, Produits, Clean label
Auteur : Bruno Carlhian
Agence de presse Socopag, 14 rue de Mantes, 92700 Colombes.
E-mail de l'auteur correspondant : bcarlhian@gmail.com

L'Unité Mixte Technologique (UMT) « NewCarn » vise à développer des produits innovants, notamment à destination de certaines populations (seniors, juniors), à étudier et valoriser de nouvelles technologies de transformation de ces produits afin de conquérir de nouveaux marchés, à développer de nouveaux outils de prédiction de la qualité des produits carnés et enfin, à répondre à la demande de produits durables et « clean label ».

Résumé : Le Ministère de l'Agriculture a agréé, en janvier 2017, neuf Unités Mixtes Technologiques (UMT), pour cinq ans, après consultation du Conseil Scientifique et Technique de l'ACTIA. En matière de produits carnés, une nouvelle UMT « NewCarn » succède à l'UMT « APROCEL », avec les mêmes partenaires scientifiques : ADIV, l'unité Qualité des Produits Animaux (QuaPA) de l'INRA et l'Institut Pascal de l'Université Clermont-Auvergne. La nouvelle UMT est pilotée par un comité constitué d'une personne de chacun des 3 partenaires : Laurent Picgirard (ADIV), Pierre-Sylvain Mirade (INRA-QuaPA) et Fabrice Audonnet (Institut Pascal). Cette UMT vise notamment à proposer des produits innovants destinés à des populations particulières (juniors, seniors), mais aussi à étudier et valoriser de nouvelles technologies de transformation pour développer de nouveaux marchés et limiter les gaspillages, à développer de nouveaux outils de prédiction de la qualité des produits carnés, et enfin, à répondre à la demande de produits durables et « clean label ».

Abstract: The NewCarn certified joint technological unit In January 2017, the french ministry of Agriculture licensed nine Mixt Technological Unit (UMT) for a five year period after approval by the Scientific and Technical Council of the association of food industry technical institutes. Regarding meat industry, a new Mixt Technological Unit, NewCarn, is succeeding to the previous "Aprocel", with the same scientific partners: the Institute of Clermont-Ferrand ADIV, the animal products unit (Quapa) of national research center INRA and the Pascal Institute of Clermont-Auvergne University. The new UMT is driven by a team of representatives of the three partners: Laurent Picgirard for ADIV, Pierre-Sylvain Mirade for INRA-Quapa and Fabrice Audonnet for Institut Pascal. The NewCarn project aims to bring to market innovative meat products designed to specific populations as children or elder people, but also intends to study and enhance new processing technologies so as to develop new markets or to reduce wastes, to create new meat quality forecast tools and lastly to meet the increasing demand of sustainable and "clean label" products.

I. CONTEXTE

Les filières viandes et produits carnés doivent faire face à 3 enjeux de fond : économique, sociétal et nutritionnel. Au niveau économique, les entreprises françaises doivent maintenir leur compétitivité, de par l'optimisation des procédés et le développement de nouvelles technologies. Elles doivent développer de nouveaux marchés et innover en matière de produits, pour répondre aux attentes du marché et aux usages des consommateurs par la segmentation de l'offre. Il n'existe, en effet, à ce jour, aucune offre spécifique de produits carnés adaptés à certaines populations (juniors et/ou jeunes adultes, seniors) alors que pour certaines de ces populations (senior), les bienfaits physiologiques de la viande sont unanimement reconnus. Enfin, elles doivent mettre en œuvre de nouveaux outils pour sécuriser leurs procédés, proposer des produits microbiologiquement et organoleptiquement stables, et ainsi, limiter les gaspillages. Au niveau sociétal, l'image des filières animales est fortement entachée par les affaires à scandale successives qui ont mis en lumière des pratiques d'abattage non respectueuses du bien-être des animaux. Dans ce contexte, les entreprises doivent montrer leur professionnalisme, informer d'avantage le grand public, rassurer afin de ne pas se détacher des consommateurs de demain que seront les jeunes, tout en pérennisant les consommateurs occasionnels et réguliers. Le développement de nouveaux produits adaptés à leurs pratiques de consommation et en cohérence avec leurs croyances peut être un moyen de répondre à ce risque. Enfin, aux niveaux nutritionnel et sanitaire, les risques émergents de carence (acides aminés, fer...) liés à des changements radicaux de comportements alimentaires peuvent être résolus, pour partie, par l'apport de protéines animales qui ont l'avantage d'être équilibrées, non allergènes, tout en étant saines. Ainsi, faut-il développer et mettre sur le marché des produits mixés associant viande et protéines végétales ? Parallèlement, des solutions doivent être trouvées pour sécuriser les produits carnés par rapport à certains risques de santé, comme celui du cancer colorectal. Compte tenu de ces nouveaux enjeux qui se présentent aux entreprises de la filière viande, il est essentiel de développer de nouvelles technologies de transformation, de formulation ou de contrôle des procédés pour innover et assurer la pérennité économique des entreprises de ce secteur. Dans un contexte où les industriels souhaitent proposer aux consommateurs des produits répondant mieux à leurs préoccupations de santé, avec des étiquetages spécifiant que les produits sont sans additifs, le procédé est plus que jamais la voie pour répondre à ces enjeux de société. C'est dans ce cadre que le consortium de partenaires, l'ADIV, l'Institut Pascal et l'Unité QuaPA de l'INRA ont déposé le nouveau projet d'UMT dénommé NEWCARN, « Développer les produits carnés de demain ». Ce consortium a déjà collaboré ensemble au travers de deux UMT précédentes : l'UMT 06.2 « Génie des procédés appliqués à la filière viande » et l'UMT 11.02 « APROCEL : Rationalisation et amélioration des procédés de transformation des produits carnés élaborés ».

II. PROGRAMME DE L'UMT NEWCARN

II.1. Objectifs généraux du programme de l'UMT

- Les objectifs de l'UMT sont de :
- répondre à la demande de populations particulières (juniors, seniors),
- étudier et valoriser de nouvelles technologies de transformation en vue d'innover et de développer de nouveaux marchés et de limiter les gaspillages,
- développer de nouveaux outils de prédiction de la qualité,
- répondre à la demande de produits durables et « clean ».

Les défis liés à ce programme résident i) dans le développement de produits avec de nouvelles textures qui pourraient être proposés à des segments de populations (juniors, seniors) pour lesquels aucune offre de produits élaborés spécifiques n'existe actuellement, ii) dans l'élaboration de produits carnés sûrs, stables et durables, et iii) dans la valorisation de certaines technologies d'avenir (cuisson ohmique, procédés numériques...).

Concernant le premier point (développement de produit avec de nouvelles textures), les enjeux seront de tester de nouvelles stratégies d'attendrissage, de déstructuration / restructuration, en prenant en compte le déséquilibre de valorisation de certaines matières premières issues des carcasses bovines et porcines, et d'évaluer la plus-value rhéologique de l'apport de sources végétales dans les formulations. Afin de développer des solutions en cohérence avec la demande des marchés des juniors et seniors, cet axe

L'UMT « NEWCARN » (2017-21) entend développer les produits carnés de demain

Présentation des principaux axes de travail et du programme de l'UMT 17.02

Mots-clés : Recherche, Innovation, Process, Produits, Clean label
Auteur : Bruno Carlhian
Agence de presse Socopag, 14 rue de Mantes, 92700 Colombes.
E-mail de l'auteur correspondant : bcarlhian@gmail.com

L'Unité Mixte Technologique (UMT) « NewCarn » vise à développer des produits innovants, notamment à destination de certaines populations (seniors, juniors), à étudier et valoriser de nouvelles technologies de transformation de ces produits afin de conquérir de nouveaux marchés, à développer de nouveaux outils de prédiction de la qualité des produits carnés et enfin, à répondre à la demande de produits durables et « clean label ».

Résumé : Le Ministère de l'Agriculture a agréé, en janvier 2017, neuf Unités Mixtes Technologiques (UMT), pour cinq ans, après consultation du Conseil Scientifique et Technique de l'ACTIA. En matière de produits carnés, une nouvelle UMT « NewCarn » succède à l'UMT « APROCEL », avec les mêmes partenaires scientifiques : ADIV, l'unité Qualité des Produits Animaux (QuaPA) de l'INRA et l'Institut Pascal de l'Université Clermont-Auvergne. La nouvelle UMT est pilotée par un comité constitué d'une personne de chacun des 3 partenaires : Laurent Picgirard (ADIV), Pierre-Sylvain Mirade (INRA-QuaPA) et Fabrice Audonnet (Institut Pascal). Cette UMT vise notamment à proposer des produits innovants destinés à des populations particulières (juniors, seniors), mais aussi à étudier et valoriser de nouvelles technologies de transformation pour développer de nouveaux marchés et limiter les gaspillages, à développer de nouveaux outils de prédiction de la qualité des produits carnés, et enfin, à répondre à la demande de produits durables et « clean label ».

Abstract: The NewCarn certified joint technological unit In January 2017, the french ministry of Agriculture licensed nine Mixt Technological Unit (UMT) for a five year period after approval by the Scientific and Technical Council of the association of food industry technical institutes. Regarding meat industry, a new Mixt Technological Unit, NewCarn, is succeeding to the previous "Aprocel", with the same scientific partners: the Institute of Clermont-Ferrand ADIV, the animal products unit (Quapa) of national research center INRA and the Pascal Institute of Clermont-Auvergne University. The new UMT is driven by a team of representatives of the three partners: Laurent Picgirard for ADIV, Pierre-Sylvain Mirade for INRA-Quapa and Fabrice Audonnet for Institut Pascal. The NewCarn project aims to bring to market innovative meat products designed to specific populations as children or elder people, but also intends to study and enhance new processing technologies so as to develop new markets or to reduce wastes, to create new meat quality forecast tools and lastly to meet the increasing demand of sustainable and "clean label" products.

L'UMT « NEWCARN » (2017-21) entend développer les produits carnés de demain

Présentation des principaux axes de travail et du programme de l'UMT 17.02

Mots-clés : Recherche, Innovation, Process, Produits, Clean label
Auteur : Bruno Carlhian
Agence de presse Socopag, 14 rue de Mantes, 92700 Colombes.
E-mail de l'auteur correspondant : bcarlhian@gmail.com

L'Unité Mixte Technologique (UMT) « NewCarn » vise à développer des produits innovants, notamment à destination de certaines populations (seniors, juniors), à étudier et valoriser de nouvelles technologies de transformation de ces produits afin de conquérir de nouveaux marchés, à développer de nouveaux outils de prédiction de la qualité des produits carnés et enfin, à répondre à la demande de produits durables et « clean label ».

Résumé : Le Ministère de l'Agriculture a agréé, en janvier 2017, neuf Unités Mixtes Technologiques (UMT), pour cinq ans, après consultation du Conseil Scientifique et Technique de l'ACTIA. En matière de produits carnés, une nouvelle UMT « NewCarn » succède à l'UMT « APROCEL », avec les mêmes partenaires scientifiques : ADIV, l'unité Qualité des Produits Animaux (QuaPA) de l'INRA et l'Institut Pascal de l'Université Clermont-Auvergne. La nouvelle UMT est pilotée par un comité constitué d'une personne de chacun des 3 partenaires : Laurent Picgirard (ADIV), Pierre-Sylvain Mirade (INRA-QuaPA) et Fabrice Audonnet (Institut Pascal). Cette UMT vise notamment à proposer des produits innovants destinés à des populations particulières (juniors, seniors), mais aussi à étudier et valoriser de nouvelles technologies de transformation pour développer de nouveaux marchés et limiter les gaspillages, à développer de nouveaux outils de prédiction de la qualité des produits carnés, et enfin, à répondre à la demande de produits durables et « clean label ».

Abstract: The NewCarn certified joint technological unit In January 2017, the french ministry of Agriculture licensed nine Mixt Technological Unit (UMT) for a five year period after approval by the Scientific and Technical Council of the association of food industry technical institutes. Regarding meat industry, a new Mixt Technological Unit, NewCarn, is succeeding to the previous "Aprocel", with the same scientific partners: the Institute of Clermont-Ferrand ADIV, the animal products unit (Quapa) of national research center INRA and the Pascal Institute of Clermont-Auvergne University. The new UMT is driven by a team of representatives of the three partners: Laurent Picgirard for ADIV, Pierre-Sylvain Mirade for INRA-Quapa and Fabrice Audonnet for Institut Pascal. The NewCarn project aims to bring to market innovative meat products designed to specific populations as children or elder people, but also intends to study and enhance new processing technologies so as to develop new markets or to reduce wastes, to create new meat quality forecast tools and lastly to meet the increasing demand of sustainable and "clean label" products.

# DOSSIER INNOVATION DES CENTRES TECHNIQUES DE L'AGROALIMENTAIRE

## La fromagerie de demain : le rôle d'Actalia-Produits Laitiers dans la gestion de l'innovation et de la qualité

Jean-René KERJEAN, Responsable scientifique Actalia Produits Laitiers

Cet article montre en quoi le rôle du centre technique des fromages et des produits laitiers ne se limite pas aux prestations de conseils et d'expertises mais consiste aussi à relier les connaissances, le savoir-faire, et l'action pratique, en maintenant vivante la mémoire technologique du secteur et accompagnant le progrès technique. Actalia Produits Laitiers qui assure la succession du centre technique des fromages ITG-ITFF-Actilait, a ainsi pour mission principale l'explicitation du savoir-faire technologique en fromagerie et technologie laitières.

### ABSTRACT

This article aims to show that the role of a technical center in the food industry is not limited to advice and expertise but aims to link knowledge, know-how and practical use of the technological memory in the sector, helping it to evolve towards a better control of final quality by adequate parameters. Actalia Dairy Products, which is the succession of the cheese technical center named ITG (1967-1999), ITFF (1999-2009) and Actilait (2009-2013), has as main mission the elicitation of technological knowhow in cheese and dairy technology.

### INTRODUCTION

L'évolution de la fromagerie se fonde non seulement sur les innovations mais aussi sur la synthèse des connaissances et savoir-faire : relier la technologie fromagère traditionnelle et la science des fromages.

Ainsi,

-faire le lien entre la technologie d'aujourd'hui et les connaissances acquises au cours du temps par les différentes équipes (en particulier par les équipes anglosaxonnes qui publient en anglais) et par les équipes expérimentées de l'ITG-ITFF-Actilait depuis cinquante ans ;  
-faire le lien entre les connaissances et l'action actuelle sur les leviers pratiques de la fromagerie, traditionnelle ou industrielle, depuis les pâtes fraîches jusqu'aux pâtes pressées cuites : c'est le sens du travail du centre technique des fromages - Actalia Produits Laitiers qui est permis par la mixité de nos équipes : scientifiques fromagers expérimentés et ingénieurs maîtrisant les techniques modernes (analyses, génomique etc). Tous les thèmes sont abordés qui vont du lait à la commercialisation des fromages et des produits laitiers et qui touchent la physique du produit, la microbiologie, la chimie des process et leur modélisation. La démarche du centre technique débouche sur les propositions de services aux fromageries et s'appuie ainsi sur la bibliographie, les études collaboratives, les expérimentations technologiques et le suivi des innovations des autres secteurs, notamment en agroalimentaire. En voici quelques exemples dans les dernières années et quelques perspectives issues de ces références.

### QUALITÉ DU LAIT

-Lorsque nous résumons dans notre publication d'information scientifique et technique *La Documentation Fromagère Résumée* l'article récent de l'Université de l'Ohio (2016) prouvant que les bactéries d'affinage de l'emmental *Propionibacterium freundenreichii* sont inhibées par l'acide butyrique, nous relient ce fait à l'inhibition par les acides gras de la fermentation propionique dans les fromages à ouverture constatée en 1995<sup>(2)</sup> mais aussi aux constatations du programme Pabab<sup>(3)</sup> qui montrait la relations inverse entre le teneur en propionate et en butyrate dans les fromages industriels. Cette relation, qui est maintenant solide, est très probablement souche dépendante. Elle pourrait contribuer à l'explicitation des défauts saisonniers d'ouverture.

-Comme ITG-Actilait-Actalia s'est préoccupé de la fermentation butyrique depuis très longtemps<sup>(4)</sup>, que nous disposons de méthodes génétiques pour identifier *Clostridium tyrobutyricum* et avons observé cette diversité<sup>(5)</sup>, nous pouvons tenir compte en détail des travaux finlandais de 2012<sup>(6)</sup> sur la variabilité de cette espèce en fromagerie. La fermentation butyrique, qui reste le principal défaut en fromages à pâte pressée et pâte cuite, demande à être diagnostiquée en détail. Le diagnostic génétique permettra de définir les souches de *Clostridium tyrobutyricum* dangereuses (car elles ne elles sont pas toutes) et de rendre plus efficace la prévention (notamment par la combinaison pH, la température et le taux de sel).

-La compréhension de base de la fermentation butyrique du lait avait permis à l'Institut de l'élevage et à l'ITG de lancer un grand mouvement d'amélioration des conditions de production et avait permis de réduire d'un facteur 10 la contamination au-dessous de 1000 spores/L. Les progrès récents cités ci-dessus améliorent la connaissance du défaut butyrique, dû à *Clostridium tyrobutyricum* qui contamine les ensilages, les fèces des vaches laitières puis le lait. Cela permet de relancer une lutte précise contre la contamination. La continuité du centre technique des fromages sur ce sujet comme sur le taux protéique est le gage d'une contribution efficace pour l'amélioration de la qualité fromagère du lait.

### DOSSIER

-valoriser les informations génétiques obtenues pour :  
i/ définir les marqueurs appropriés permettant de renforcer la prévention et l'investigation des crises;  
ii/ généraliser et renforcer la surveillance des dangers bactériens via l'utilisation de bases de données partagées entre opérateurs des filières agro-alimentaires et orga-nismes de surveillance.

On peut citer deux actions dans le cadre d'ASIICS :

Action 1 : Développer et transférer les procédures de traitement de l'information génomique globale des dangers microbiens, à partir de bases de données (BDD) inté-grées

-Développer et structurer l'outil de traitement des données WGS et informations as-sociées.

-Séquencer les génomes complets de souches de *Salmonella spp* et *L. monocytogenes* issues des collections Anses et ITAI.

-Générer des BDD partagées de l'information génomique entre Anses et ITAI.

Action 2 : Mettre en œuvre et utiliser les outils d'analyse WGS pour l'investigation et l'intervention

Tester l'outil WGS, dans deux situations épidémiologiques réelles, en filière porcine et laitière, pour :

-étudier le profil de souches endémiques,

-investiguer leur circulation,

-définir des marqueurs génétiques rapides pour la détection ciblée des souches les plus à risques. ■

### RÉFÉRENCES

- <sup>(1)</sup> HZ Castada, C Park, WJ Harper, S. A. Barringer 2016 Suppression of propanoic acid, acetic acid and 3-methylbutanoic acid production by other volatiles in a Swiss cheese curd slurry system. Int. Dairy J 54, 29  
<sup>(2)</sup> P. Boyaval, C Corre, C Dupuis, E Roussel 1995 Effect of free fatty acids on pro-prionic acid bacteria. Lait 75, 17  
<sup>(3)</sup> JR Kerjean, S Condon, R Lodi, G Kalantzopoulos, JF Chamba, S Suomalainen 2000 Improving the quality of European hard-cheeses by controlling of interactions between lactic acid bacteria and propionibacteria Food Res Int 33, 281-287.  
<sup>(4)</sup> JF Chamba, R Richoux 1982 Les Butyriques, synthèse Actalia 150 p, mise à jour 1995  
<sup>(5)</sup> AG Le Bourhis, J Dore, JP Carlier, JF Chamba, MR Popoff, JL Tholozan (2007). Contribution of *C. beijerinckii* and *C. sporogenes* in association with *C. tyrobutyri-cum* to the butyric fermentation in Emmental type cheese. Int J of Food Microbiol. 113, 154  
<sup>(6)</sup> M Ruusune, A Surakka, H Korkeala, M Lindström 2012 Clostridium tyrobutyricum strains show wide variation in growth at different NaCl, pH and temperature condi-tions. J Food Protec 75, 1791  
<sup>(7)</sup> P Formaggio, A Sumner, M Malacarne, P Franceschi, G Mucchetti 2015 Italian and Italian-style hard cooked cheeses: predictive formulas for parmigiano reggiano 24h cheese yield Int Dairy J 51, 52  
<sup>(8)</sup> Le Rendement fromager. Profession Fromager, colloque du 11 avril 2017, Docu-ment 91 pages  
<sup>(9)</sup> ITG 1988 Présure et succédanés de la présure. Pepsine bovine, chymosine ob-tenue par génie génétique. Enzymes extraites d'Endothia parasitica et de Mucor miehei. Influence sur la coagulation, l'égouttage, l'affinage, le rendement et la quali-té de l'emmental. Actalia ZS 88/09/BE 50p  
<sup>(10)</sup> DB Emmons, DC Beckett, M Binns 1990 Milk Clotting Enzymes. 73. 4 articles pp 2007-2043  
<sup>(11)</sup> T Singh, SC Moore, M Mazzonetto, MA Augustin 2017 Milk fat globule size af-fects cheddar cheese properties. Int. Dairy J 70, 46  
<sup>(12)</sup> MC Michalski, JY Gassi, MH Famelart, N Lecomte, B Camier, F Michel, V Briard 2003 The size of native milk fat globules affects physico-chemical and sensory properties of Camembert cheese Lait, 83, 131  
<sup>(13)</sup> MC Michalski, B Camier, V Briard, N Lecomte, JY Gassi, H Goudéranche, F Michel, J Fauquant 2004 The size of native milk fat globules affects physico-chemical and functional properties of Emmental cheese. Lait, 84, 343



<sup>(14)</sup> R Richoux 2007 Structure de la matière grasse dans les fromages à pâte pres-sée cuite. Effet des caractéristiques du lait et des paramètres de fabrication et d'affi-nage : incidence sur les propriétés thermo-fonctionnelles des fromages. Actalia DO 07/10/BC 58p

<sup>(15)</sup> R. Richoux, JR Kerjean 2005 Manuel du Salage en fromagerie Ed Arilait-ATLA-Actalia 70p

<sup>(16)</sup> E Wemmenhiove, MHJ Wells-Bennik, A Stara, ACM van Hooijdonk, MH Zwietering 2016 How NaCl and water content determine water activity during ripen-ing of gouda cheese, and the predicted effect on inhibition of *Listeria monocyto-genus*. J Dairy Sci 99, S192

<sup>(17)</sup> R Richoux, B Miettton 2019 Gestion et optimisation du salage. IN Le fromage, A. Ayerbe et J. C.Gillis Coord. Lavoisier (sous presse)

<sup>(18)</sup> M Pavia, A Trujillo, B Guamis, Ferragut 2000 New trends in cheese salting. Recent Res. Devel. Agricultural & Food Chem. 257

<sup>(19)</sup> Actalia 2014 Effect of salt reduction and increase of unsaturated fat on soft white Brie cheese. Rapport TeRiFiQ- Actalia, 20p

<sup>(20)</sup> C Achilleos, F Berthier 2017 Evaluation of qPCR and plate counting for quantifying thermophilic starters in cheese. Food Microbiol. 65, 149

<sup>(22)</sup> AMoser, H Berthoud, E Eugster, L Meile, S Irmier 2017 Detection and enumeration of *Lactobacillus helveticus* in dairy products. Int. Dairy J, 68, 52

<sup>(23)</sup> M Turgay, W Schaeren, D Wechsler, U Bütikofer, HU Graber 2016 Fast detection and quantification of four dairy propionic acid bacteria in milk samples using real-time quantitative polymerase chain reaction. Int Dairy J. 61, 37

<sup>(24)</sup> R Richoux, L Aubert, G Roset, R Kerjean (2009) Impact of the proteolysis due to lactobacilli on the stretchability of Swiss-type cheese. Dairy Sci Technol. 89, 31

<sup>(25)</sup> L Lacou 2016 Les peptides un levier pour orienter les fonctionnalités de matrices riches en caséines. Thèse Agrocampus Ouest-Inra, 320p

<sup>(26)</sup> ITG 1983 La méthanisation du lactosérum. Actalia SS 83/10/D 56p

ITG 1986 La méthanisation du lactosérum. Etude conduite en fromagerie. Actalia SS 86/05/D 27p

<sup>(27)</sup> ITG 1978 L'eau chaude comme fluide chauffant en industrie du gruyère. Actalia ZN 78/12/D 42p

ITG 1984 L'eau chaude en fromagerie traditionnelle. CIGC/SEGC/CTC/ITG ZS 84/nov 16p

ITG 1987 Diagnostics énergétiques. Synthèse ACTALIA ZN 87/02/G 22 pages

<sup>(28)</sup> ITG 1995 La traçabilité en fromagerie - Identification automatique des meules d'emmental. Etude Actalia DO 1995/05/D 87p

ITG 1996 Les mesures instrumentales appliquées à l'évaluation des textures de fro-mages à pâte dure. Etude Actalia SS 96/06/D 102p

<sup>(29)</sup> ITG 1993 Evolution de *S. aureus* et *E. coli* en emmental après contamination artificielle du lait, de la croûte ou de la pâte. Actalia Fromagerie expérimentale 37p

ITG 1993 Evolution d'une contamination artificielle en *Escherichia coli* lors de la fabrication et de l'affinage de l'emmental. Actalia Fromagerie expérimentale 13p

(Les références scientifiques citées sont résumées dans La Documentation Fromagère Résumée, les études ITG-ITFF-Actilait sont disponibles auprès du service documentation d'Actalia)

ACTIA NON CITÉE

### LES CENTRES TECHNIQUES DE L'AGROALIMENTAIRE

### DOSSIER

-Le taux protéique du lait est l'élément majeur définissant la fromageabilité du lait. Tous les autres composants ont une importance mineure par rapport au TP. C'est vrai pour la qualité des fromages, c'est aussi – et surtout – vrai pour les rendements fromagers. Il faut donc raisonner les rendements suivant deux situations données : TP standardisé –comme dans de nombreuses usines modernes- et TP variable. Ce rappel permet de développer le raisonnement rendement, notamment en comparant sur de nombreuses répétitions les rendements brut de fromages à extrait sec com-parables. Le centre technologique spécialisé est là pour définir les principaux concepts sur le TP et sur les rendements, appuyés notamment par les meilleurs travaux internationaux<sup>(7,8)</sup>. La question du choix des coagulants continue à se poser au fromager. Actalia Produits Laitiers rappelle deux textes de bases qui donnent les éléments fondamen-taux sur ce sujet : l'étude ITG de 1988<sup>(9)</sup> et les travaux de références de Douglas Emmons<sup>(10)</sup>.

### MATIÈRE GRASSE

Actalia Produits Laitiers suit certains thèmes d'avenir et, tout en réalisant des essais et synthétise la bibliographie sur ce sujet. L'influence de la taille des globules gras réduit l'égouttage, augmente la lipolyse et diminue la fermeté du fromage. Cela a été montré récemment en cheddar<sup>(11)</sup> en camembert<sup>(12)</sup> et en emmental<sup>(13)</sup>. Le travail d'Actalia et de Chirstelle Lopez (INRA) sur la structure de la matière grasse dans les produits laitiers se trouve donc clairement confirmé<sup>(14)</sup>.

### SALAGE

- Actalia Produits laitiers est auteur du manuel de référence du salage en fromagerie<sup>(15)</sup>, c'est pourquoi nous restons à l'affût de toutes les nouvelles connaissances. La mesure du coefficient D\* qui permet de calculer la dynamique de salage actualise les calculs et les rends plus efficaces. On apprécie mieux l'au<sup>(16)</sup>. Ce calcul à re-prendre pour tous les autres fromages.

-Nous suivons également les progrès dans méthode de salage et notamment le développement de l'injection de sel par piquage en fromages à pâte pressée non cuite notamment<sup>(17)(18)</sup>.

-Dans le cadre du projet européen TeRiFiQ coordonné par Christian Salles (Inra Sciences du Goût Dijon ; 19), Actalia Produits laitiers a démontré que les bries solubilisés 60% riches en acide gras insaturés sont jugés plus salés. C'est intéressant-ant : on peut réduire à la fois le taux de sel et le taux d'acides gras saturés. Ce n'est pas non plus généralisable à tous les types de fromages.

### DÉNOMBREMENTS

Nous suivons dans *La Documentation Fromagère Résumée* et transférions les méthodes génétique rapide de dénombrement des ferments : par exemple les bactéries lactiques<sup>(21)</sup> *Lactobacillus helveticus*<sup>(22)</sup> ou bactéries propioniques<sup>(23)</sup> par qPCR.

### PROTÉOLYSE

Pour les sujets qui demandent une collaboration à moyen terme avec la recherche publique, les Unités mixtes technologiques UMT offrent un cadre aux instituts de recherche et à Actalia pour organiser des études s'étendant sur 3-5 ans.

C'est le cas sur la caséolyse –coupure primaire des caséines pendant l'affinage des fromages. Nous avions démontré en 2009<sup>(24)</sup> que la caséolyse était le premier facteur de variation de l'aptitude des fromages au filant, notamment par l'intermédiaires de peptides spécifiques. Dans une thèse soutenue en 2016 dans le cadre de l'UMT Caseolis et encadrée par Valérie Gagnaire (INRA) et Romain Richoux (Actalia), Leila Lacou<sup>(25)</sup> a montré que des peptides de taille, de charge et d'hydrophobicité pré-cises ont un rôle caractéristique sur le filant.

### ENVIRONNEMENT

L'environnement est un souci du centre technique des fromages qui avait reçu le trophée de l'Ademe dans les années 80 pour la mise au point de la méthanisation du lactosérum<sup>(26)</sup>. La promotion de l'eau chaude comme fluide chauffant et la pratique du bilan énergétique ont également été des préoccupations de l'ITG (27).

Aujourd'hui, reprenant ce thème constitutif de notre centre technique depuis les années 80, Actalia dispose d'un service dédié à l'environnement. Ce service Environnement d'Actalia Produits Laitiers propose aux transformateurs de l'agroalimentaire une expertise et des outils pour les aider à faire face aux problématiques qui se situent à l'interface entre le produit ou le procédé et les préoccupations environnementales (impacts, consommations d'énergie et d'eau etc).

Le Service Environnement d'Actalia dispose d'une solide expérience dans les domaines de l'évaluation environnementale de produits et de procédés et l'écoconception, qu'il a développée en participant à divers projets nationaux (ex : projet Acyvia) et européens (ex : projets DairyPEF, Hipster). Reconnu par l'Ademe pour ses compétences dans ces domaines, il aide à identifier les projets éco-compatibles avec les besoins exprimés grâce à l'utilisation de méthodes et d'outils de référence.

Le service Environnement d'Actalia apporte également des réponses aux transformateurs dans le domaine de la gestion de l'eau et des effluents. Il dispense des conseils sur les technologies de traitement applicables pour le recyclage de certaines eaux (ex : projet Aquarel) ainsi que sur les technologies de traitement des effluents.

### CAPTEURS

Les équipements et capteurs de fromagerie étaient une des ITG-ITFF-Actilait 1990-2000 (28). Aujourd'hui, dans un contexte de compétitivité accrue et d'un marché en perpétuel renouvellement, les outils d'analyses et capteurs sont donnés pour être une technologie clé du secteur de l'alimentation par le ministère de l'économie, de l'industrie et du numérique. L'UMT From'Capt, située à Poligny (Jura), est force de propositions et de solutions dans le domaine des outils de mesure en lien avec les problématiques de la transformation laitière et des consommateurs. La volonté est de trouver de nouveaux leviers de compétitivité tout en garantissant ou en améliorant les qualités sensorielles et techno-fonctionnelles des fromages. Cette UMT pilotée par Actalia réunit l'INRA-Urtal, l'Isba et Femto-ST.

### GERMES INDÉSIRABLES/ SÉCURITÉ ALIMENTAIRE

Depuis les études de 1993 sur les contaminations artificielles des laits de fromage-rie en germes indésirables (*E.coli*, *Saureus*, *L.monocytogenes*), Actilait puis Actalia Produits Laitiers ont mené des travaux très approfondis sur les germes indésirables et la sécurité alimentaires des produits laitiers.

Parmi l'ensemble des travaux d'Actalia sur les germes indésirables, l'UMT ASIICS (Actions pour la Surveillance, l'Investigation et l'Intervention dans les Crises Sanitaires) dont le chef de file est Actalia concrétise cette continuité et l'approfondissement de l'investissement d'Actalia Produits Laitiers dans cette thématique. Face à l'impact hautement négatif que peuvent avoir les crises sanitaires sur les filières alimentaires, disposer d'outils performants pour la surveillance, l'intervention et l'investigation des pathogènes est une nécessité. Grâce aux avancées de la génomique à haut-débit, la surveillance des dangers microbiologiques entre dans une nouvelle ère, celle du séquençage total des génomes (WGS). L'UMT ASIICS a pour ambitions de :

-développer et rendre accessible les procédures de traitement de l'information génomique des dangers bactériens alimentaires *Salmonella enterica* et *Listeria mono-cytogenes* ;



## Découpe de viande : un cobot pour la rentrée 2018

◆ L'Adiv porte le projet Exoscarne, labellisé par le pôle ViaMéca, dont l'objectif est de créer un exosquelette pour la découpe de viande. « *Les troubles musculo-squelettiques représentent près de 94 % des cas de maladies professionnelles dans ce secteur. La moitié d'entre eux concerne le poignet, la main ou les doigts* », commente Matthieu Alric, en charge du projet financé par le Programme d'Investissements d'Avenir. La phase de R & D (mars 2017-août 2018), en partenariat avec l'Institut Pascal et l'intégrateur CIP Automation, aboutira à la réalisation d'une maquette 3D. Un démonstrateur est annoncé pour la rentrée 2018.

ACTIA NON CITÉE

UMT  
MÉCARNÉO  
MÉCATRONIQUE & ROBOTIQUE  
DANS LES FILIÈRES VIANDE



## Protozoaires : un risque émergent à mieux connaître



Les protozoaires, ces êtres eucaryotes (avec un noyau cellulaire) parfois pathogènes ont une taille comprise entre quelques microns et quelques dizaines de microns (représentations colorées sur la photo). SPL / BSIP

10.10.2017

Grâce à l'UMT Actia Protorisk, la détection de *Toxoplasma gondii*, *Cryptosporidium spp.* et de *Giardia duodenalis* dans les fruits, légumes et mollusques progresse. Des tests d'efficacité de certains procédés sur l'inactivation des protozoaires dans les aliments ont également débuté.

Un rapport de l'OMS et de la FAO de 2014 met en avant l'émergence des maladies parasitaires d'origine alimentaire, et notamment celles causées par *Toxoplasma gondii*, *Cryptosporidium spp.* et *Giardia duodenalis*. En Europe, l'Efsa souligne le manque de données sur ces protozoaires (1) dans les aliments. Dans ce contexte, en France, Actalia a constitué l'UMT Actia Protorisk avec l'équipe EA3800, basée dans les universités de Reims (51) et de Rouen (76).

### Mettre au point une méthode de détection

« En 2009, Actalia avait déjà travaillé sur ces trois protozoaires dans le cadre de l'ANR Protofood, pour mettre au point une méthode de détection dans les matrices alimentaires, avec l'équipe EA3800 », explique Stéphanie La Carbona, d'Actalia, animatrice de l'UMT dont les activités ont débuté début 2015, pour cinq ans.

Comme les virus, ces trois parasites ont besoin de leur(s) hôte(s) pour se multiplier, incapables de le faire dans l'environnement. « Ils sont tous les trois éliminés dans les fécès, explique le Pr Isabelle Villena, au CHU de Reims. Or certains process de station d'épuration ne détruisent pas en totalité *G. duodenalis* et certaines espèces de *Cryptosporidium spp.* De ce fait, les eaux rendues potables peuvent être contaminées et, par la suite, infecter l'homme directement ou indirectement via les fruits et légumes irrigués ou les mollusques filtrant l'eau traitée rejetée dans la mer. »

L'hôte définitif de *T. gondii* est le chat, qui excrète la forme environnementale (oocyste) du protozoaire<sup>(1)</sup> qui peut ensuite contaminer l'eau, les végétaux, les fruits, les mollusques. Ces oocystes peuvent être ingérés par des hôtes intermédiaires (porc, bœuf, mouton...) et après dissémination dans l'organisme se retrouver sous forme de kystes dans la viande.

### T. gondii touche 40 % de la population

La toxoplasmose est liée à l'ingestion de l'une ou l'autre de ces formes et est particulièrement surveillée chez la femme enceinte et l'immunodéprimé. « L'UMT se focalise uniquement sur les végétaux, fruits et mollusques et la forme environnementale dont on connaît encore peu de chose », souligne Stéphanie La Carbona. Environ 40 % de la population adulte en France a été en contact avec le parasite et héberge des kystes dans leur organisme. « Dans 80 % des cas, il n'y a pas de symptômes, explique Isabelle Villena. Pour les 20 % restants, ils sont bénins, à savoir fièvre, ganglions, asthénie. *T. gondii* est grave seulement s'il y a transmission au fœtus et chez les immunodéprimés, où il peut entraîner des décès. »

### Moins de 3 % pour cryptosporidium et giardia

Les oocystes de *Cryptosporidium spp.* et les kystes de *Giardia duodenalis* (formes directement infectantes) sont excrétés par l'homme mais également par des animaux sauvages ou domestiques, dont les ruminants. Le fumier ou le lessivage des sols peuvent alors contaminer les matrices végétales. « Chez les personnes ne souffrant pas d'immunodépression, l'infection par *Cryptosporidium spp.* se traduit par une diarrhée de type diarrhée virale, précise le professeur. Les symptômes disparaissent en quelques jours, la maladie n'est généralement pas diagnostiquée. La prévalence est donc sous-estimée. Chez les immunodéprimés, les diarrhées, très importantes, peuvent entraîner la mort. » *Giardia duodenalis* est, quant à lui, l'un des parasites les plus présents dans l'environnement, partout dans le monde. « Chacun peut donc être contaminé. La giardiose doit être traitée sinon elle peut engendrer des complications de type syndrome du côlon irritable », indique le Pr Isabelle Villena. Mais dans les pays développés (fort niveau d'hygiène), le nombre de personnes touchées par ces deux protozoaires serait inférieur à 3 %.

### Détection des cellules viables et infectieuses

Il existait déjà une norme de détection dans l'eau de *Cryptosporidium spp.* et *G. duodenalis* basée sur la microscopie<sup>(2)</sup>, à partir de laquelle a été proposée une méthode de détection dans les aliments. « Cependant, celle-ci étant peu adaptée à l'analyse de routine, le programme ANR Protofood avait mis au point une méthode de détection de l'ADN par PCR en temps réel et de caractérisation de la viabilité des protozoaires par reverse-transcriptase (RT)-qPCR », précise Stéphanie La Carbona. La détection de l'ADN est reconnue comme étant plus sensible que celle de l'ARNm. Mais l'ADN peut être présent dans toutes les cellules (viables infectieuses ou non infectieuses et cellules mortes), tandis que l'ARNm n'est produit que par les cellules au métabolisme actif (cellules viables infectieuses et non infectieuses). « La première étape est donc de détecter l'ADN de ces protozoaires par PCR, analyse très facile à faire. En cas de résultat positif, on pratique une RT qPCR pour détecter l'ARNm. Cependant, en détectant les cellules viables infectieuses et non infectieuses, la RT qPCR peut surévaluer le risque », détaille l'animatrice de l'UMT.

### Identifier des marqueurs moléculaires

À ce jour, la seule solution pour vérifier si l'échantillon est toujours infectieux est d'avoir recours aux modèles animaux. « Mais est-ce utile de vérifier l'infectiosité quand peu de cellules infectieuses sont nécessaires pour rendre malade le consommateur ? » se demande Isabelle Villena. L'EA3800 essaie cependant de trouver des marqueurs moléculaires d'infectiosité des protozoaires pour disposer d'une méthode de détection plus rapide et moins lourde que le modèle animal.

Mais pour détecter les protozoaires à un seuil très bas, il faut déjà les extraire efficacement des aliments. Cet aspect est actuellement travaillé dans le cadre de l'UMT. « À l'heure actuelle, nous optimisons une méthode pour chaque matrice - végétaux, fruits, mollusques - voire pour chaque état du produit, précise Stéphanie La Carbona. Notre objectif est de proposer une méthode commune à toutes les matrices. Des résultats prometteurs viennent d'être obtenus. »

### Inactiver les micro-organismes sur produits crus

« Une cuisson suffisante des coquillages et des fruits et légumes contaminés élimine déjà le risque », rappelle le Pr Isabelle Villena. Reste à gérer le risque sur les produits consommés crus. Si, dans ses fiches de description de danger microbien transmissible par les aliments, l'Anses (Agence nationale de sécurité sanitaire) donne quelques résultats (issus de la littérature) de procédés appliqués sur les protozoaires, ce sont essentiellement des tests réalisés sur protozoaires dans l'eau. « Une partie de notre travail consiste donc à réévaluer ces procédés pour chaque protozoaire et matrice », souligne Stéphanie La Carbona.

### Études sur modèles animaux

Des tests d'efficacité des hautes pressions sur les trois protozoaires ont déjà été réalisés sur purée de fruits rouges. « Nous n'avons pas observé de réduction de la concentration en protozoaires, mais cela ne signifie pas que leur pouvoir infectieux n'a pas diminué. Il faut pousser les analyses jusqu'au modèle animal pour le savoir. Nous allons aussi tester la surgélation des matrices alimentaires dans le cadre d'un process industriel car nous savons que la congélation de *Giardia duodenalis* et *Cryptosporidium spp.* dans l'eau est très efficace pour éliminer leur pouvoir infectieux. Cela l'est un peu moins sur *T. gondii* », termine-t-elle. L'effet du chlore et de l'ozone sur salade va également être étudié dans les années à venir dans le cadre d'un projet ANR et d'un FUI<sup>(3)</sup>.

Chantal Urvoy

<sup>(1)</sup> Les protozoaires sont des organismes unicellulaires possédant un vrai noyau (contrairement aux bactéries).

<sup>(2)</sup> La taille des kystes de *G. duodenalis* est de l'ordre de 8 à 16 µm, 5 à 8 µm pour les oocystes de *Cryptosporidium spp.* et 10 à 12 µm pour ceux de *T. gondii*.

<sup>(3)</sup> Fonds unique interministériel.



### Évaluation de l'exposition du consommateur

Actalia a réalisé la première étude française de prévalence de trois protozoaires sur la mâche en partenariat avec des industriels. Pour le moment, les données existantes étaient seulement européennes.

Le CHU de Reims a également conduit une étude sur les coquillages en partenariat avec l'Ifremer, dans le cadre d'un contrat avec l'Anses en 2014-2015. « Nous avons seulement trouvé *T. gondii* dans quelques huîtres, précise le Pr Isabelle Villena. Mais l'étude a été conduite avant que l'on ait les méthodes de détection PCR les plus performantes. Il faudrait la reconduire avec un plan d'échantillonnage plus important. Mais il faut d'abord que nos méthodes de détection des cellules infectieuses soient plus robustes. » Reste aussi à savoir si les résultats de ces études permettront d'être facilement étendus à d'autres matrices alimentaires.



### UMT Actia Protorisk : trois axes de travail pour deux partenaires Développer des méthodes d'analyses des trois protozoaires.

Les méthodes mises en œuvre pour la détection de ces micro-organismes doivent pouvoir distinguer les germes morts ou inactifs, des germes actifs. L'emploi de la Biologie moléculaire détecte la présence ou l'absence, parfois la viabilité. Des tests complémentaires en culture cellulaire ou en essai sur animaux s'avèrent nécessaires. Actalia est spécialiste des méthodes de Biologie moléculaire tandis que l'EA3800 se positionne sur la culture cellulaire ou les modèles animaux.

Évaluer et caractériser l'exposition du consommateur. C'est surtout Actalia qui y travaille, l'EA3800 étant plus compétent dans l'évaluation de l'exposition dans l'environnement : comment circulent les protozoaires et comment ils contaminent les matrices alimentaires.

Trouver quels procédés peuvent réduire et / ou inactiver la charge en protozoaires dans les matrices à risque. Actalia y travaille avec l'appui de l'EA3800, les modèles animaux étant parfois nécessaires pour évaluer le risque infectieux à la suite de l'application des procédés.

**RIA** LA REVUE DE L'INDUSTRIE AGROALIMENTAIRE Recherche

ACTU MATIÈRES PREMIÈRES CONSO TECHNO EMPLOI DROIT

## Le yaourt s'apprécie en rondeur

RÉSERVÉ AUX ABONNÉS 09.10.17



Expérience consommateur. Ronde ou carrée, la forme de l'emballage influence la perception du goût et la sensation du produit en bouche. Fotosearch / Photonstop

### Rond ou anguleux

Trois yaourts nature - Yopa, Taillefine 0 % et Danone – ont tout d'abord été goûtés en gobelet blanc neutre, afin d'identifier leurs caractéristiques sensorielles. Puis des tests ont été réalisés pour définir comment les consommateurs percevaient les emballages ronds et anguleux seuls, avant de passer aux associations produit-emballage. Trois groupes de cent personnes ont été interrogés.

« L'étude a bien mis en évidence des phénomènes de transfert de sensation entre emballage et produit emballé, souligne Patricia Vignoboul, chargée d'études sensorielles à Agrotec. La forme de l'emballage, associée au yaourt, a un impact sur l'appréciation du produit et les intentions de consommation. »

### Moins acide et plus crémeux

L'analyse globale montre ainsi que l'emballage rond est associé à un yaourt épais, très onctueux, avec un arôme de crème développé et peu acide et que l'intention de consommation est plus favorable avec ce contenant qu'avec un emballage anguleux.

Par ailleurs, l'appréciation globale du produit augmente quand le yaourt est goûté dans l'emballage rond. La texture du yaourt Yopa est, par exemple, perçue comme plus onctueuse.

À l'inverse, la verrine anguleuse est associée à un yaourt moins onctueux, sans arôme très développé et plutôt acide. On note que le Danone semble moins épais et moins onctueux, lorsqu'il est présenté en emballage anguleux, et qu'il est donc moins apprécié. Enfin, le Taillefine paraît plus liquide dans l'emballage rond. « Il semble donc bien que dans l'imaginaire du consommateur, la forme de l'emballage du yaourt suscite des attentes très claires quant au produit emballé », conclut Patricia Vignoboul.

Florence Jacquemoud

\* Le RMT (Réseau mixte technologique) Sensorialis regroupe Actalia, Aérial, Agrotec, l'Énilia Ensmic et l'Ensaia.

### Couple emballage-produit

L'étude Transept, menée par le RMT Sensorialis, met en lumière une différence de perception, selon que l'emballage est rond ou anguleux.

L'emballage d'un produit alimentaire joue-t-il un rôle sur la perception qu'a le consommateur du produit et sur ses attentes? Dans le cadre de l'étude Transept (Transfert de sensations entre emballage et produit), le réseau Sensorialis\* a étudié la question en choisissant l'exemple du yaourt. Les chercheurs ont travaillé sur deux contenants individuels de même taille, conçus dans le même matériau, un plastique transparent, mais l'un était rond et l'autre anguleux.



## Un suivi fin de la production fromagère

◆ L'unité mixte technologique From'capt a été labellisée par la Direction Générale de l'Enseignement et de la Recherche dépendante du ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt pour la période du 1<sup>er</sup> janvier 2017 au 31 décembre 2021. Son objectif est de favoriser l'émergence de nouveaux outils de mesure pour caractériser et piloter la transformation fromagère. Les projets visent la qualité des laits, l'optimisation des procédés et la qualité des produits finis.

ACTIA NON CITÉE

PROCESS ALIMENTAIRE • Octobre 2017 – N° 1351 | 59



# André Pouzet, président de l'Actia

🕒 26.11.17



Succédant à Laurent Spanghero, après cinq années d'engagement auprès des instituts techniques agro-industriels, André Pouzet a été élu à la présidence de l'Actia.

Diplômé de l'INA-PG, de l'Orstom et de l'IAE, André Pouzet a été en charge à l'Orstom du suivi agro-pédologique des terres nouvellement mises en valeur dans le centre de la Côte d'Ivoire. Puis, il intégra le Cetiom (aujourd'hui Terres Inovia), en 1978, comme chargé d'études en agronomie et entomologie, avant de devenir responsable du département études et recherches en 1987, et assurer la direction de cet institut dès 1995. Pleinement investi dans la filière des oléo-protéagineux, il dirigea également les deux interprofessions, l'Unip et l'Onidol jusqu'à leur fusion, qui a abouti à Terres Univia, en 2015.

Conscient de l'importance des activités collectives, le nouveau Président de l'Actia poursuit ses activités au travers de ses fonctions de président de l'Iterg, Institut technique agro-industriel spécialisé dans les huiles et matières grasses d'origines végétales et animales.

**CENTRES TECHNIQUES** →**André Pouzet,  
président  
de l'Actia**

Président de l'Iterg (Institut des corps gras) depuis décembre 2015, André Pouzet a été élu en juin président de l'Actia. Cette structure de coordination fédère les activités des instituts techniques de l'agroalimentaire, ainsi que des centres partenaires, interface et techniques, soit 80 implantations. André Pouzet, succède à Laurent Spanghero, qui a présidé l'Actia pendant cinq ans.



PROCESS ALIMENTAIRE • Décembre 2017 – N° 1353 | 19

# Les MARCHÉS

LE MÉDIA DE L'ALIMENTAIRE

[Accueil](#)
[ACTU](#)
[ANALYSES](#)
[COLLECTIVITÉS](#)
[DOSSIERS](#)
[MÉTIERS](#)
[Accueil](#) » [Carnet](#) » [Actia](#)

Publié le Vendredi 15 décembre 2017

Président du conseil d'administration de l'Institut des corps gras spécialisé dans les huiles et matières grasses d'origines végétales et animales (Iterg), André Pouzet a été élu à la présidence de l'Actia (Association de coordination technique pour l'industrie agroalimentaire). Pleinement investi dans la filière des oléoprotéagineux, il a dirigé les deux interprofessions, Unip et Onidol, jusqu'à leur fusion ayant abouti à Terres Univia, en 2015.



# ARTICLES SCIENTIFIQUES

Cedric Hartard (LCPME-université de Lorraine), Sandrine Banas (LCPME-université de Lorraine), Romain Rivet (LCPME-université de Lorraine), Nicolas Boudaud (Actalia), *Rapid and sensitive method to assess human viral pollution in shellfish using infectious F-specific RNA bacteriophages: Application to marketed products*, Elsevier, *Food Microbiology* 63 (2017) 248e254, janvier 2017, 7p.

