



HAL
open science

L’emballage alimentaire et l’innovation écologique dans toutes leurs dimensions

Nathalie Gontard, Valérie Guillard, Sébastien Gaucel, Carole Guillaume

► **To cite this version:**

Nathalie Gontard, Valérie Guillard, Sébastien Gaucel, Carole Guillaume. L’emballage alimentaire et l’innovation écologique dans toutes leurs dimensions. *Innovations Agronomiques*, 2017, 58, pp.1-9. 10.15454/1.5137830815050605E12 . hal-01668195

HAL Id: hal-01668195

<https://hal.science/hal-01668195v1>

Submitted on 19 Dec 2017

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

L'emballage alimentaire et l'innovation écologique dans toutes leurs dimensions

Gontard N.¹, Guillard V.², Gaucel S.¹, Guillaume C.²

¹ INRA UMR IATE, 2 Place Pierre Viala, F-34060 Montpellier

² Université Montpellier, UMR IATE, IUF, 2 Place Pierre Viala, F-34060 Montpellier

Correspondance : nathalie.gontard@inra.fr

Résumé

Au croisement d'importants enjeux économiques, environnementaux et de santé publique, l'emballage alimentaire mérite aujourd'hui une mobilisation de tous les acteurs pour faire évoluer les matériaux et les technologies vers des solutions plus respectueuses à la fois de l'environnement et du consommateur. L'emballage s'est vu doté ces dernières années de fonctionnalités actives et intelligentes beaucoup plus étendues que celles d'un emballage conventionnel pour améliorer la qualité et la sécurité de nos aliments et réduire les pertes et gaspillages. Parallèlement, les préoccupations croissantes liées à la protection de l'environnement, ont généré d'importants efforts en termes de réduction à la source, de tri sélectif et de recyclage, ainsi que l'émergence de nouveaux concepts d'emballages de types bio-sourcés, renouvelables, biodégradables et/ou compostables. Il faut aussi ajouter que cette évolution importante du secteur des emballages alimentaires, a été jalonnée de nombreuses crises sanitaires liées au transfert de substances indésirables, qui ont généré l'élaboration de nouvelles approches de prévention des risques. Les demandes du monde socio-économique s'orientent aujourd'hui vers l'utilisation et la conception raisonnée d'emballages alimentaires capables d'offrir un bon compromis entre les exigences liés à la qualité des aliments, à la sécurité du consommateur, à la compétitivité économique des produits et à la protection de l'environnement.

Mots-clés: Emballage, Aliment, Innovation, Biomatériaux actifs intelligents, Aide à la décision, Sécurité

Abstract: Food packaging and environmental innovation at all relevant dimensions

Food packaging is a key actor of economic, environmental and public health stakes in the food field. All stakeholders are now requested to take part of changing food packaging materials and technologies for more sustainable solutions for both the environment and consumer health. Food packaging functionalities are now extended beyond passive barrier properties toward active and intelligent functions, with the aim to reduce food wastes and losses. Simultaneously, growing environmental protection concerns is generating efforts to reduce raw materials use, increase collecting, sorting and recycling as well as the emergency of new bio-packaging concept such as bio-sourced, renewable, biodegradable and/or compostable packaging materials. Safety concerns are still present through the migration of undesirable substances from the packaging toward the food and this permanently generates new approaches for risk prevention. Stakeholders demands are currently clearly moving toward the design and usage of sound and sustainable food packaging able to provide a good compromise between food quality, consumer safety, economic competitiveness and environmental protection.

Keywords: Packaging, Food, Innovation, Bio-materials, Active, Intelligent, Decision support, Safety

1. Les enjeux de l'innovation dans l'emballage alimentaire

Acteur d'importants enjeux économiques, environnementaux et de santé publique, l'emballage alimentaire impose aujourd'hui aux acteurs économiques de faire évoluer les matériaux et les technologies vers des solutions plus respectueuses à la fois de l'environnement et du consommateur.

Souvent considéré comme l'élément indésirable associé à l'aliment, l'emballage en est pourtant l'allié indispensable et indissociable. Avant de communiquer, tracer, transporter, commercialiser, l'emballage a pour fonction primaire de protéger et de stabiliser l'aliment. Qu'il soit plastique (le plus important en volume produit), papier-carton (premier matériau en valeur), verre, bois, métal ou composite (mélange de plusieurs matériaux), l'emballage est mis en œuvre, le plus souvent, à la fin de la chaîne de production de l'aliment et fait partie intégrante des technologies de conservation de l'aliment (Gontard, 2015). La fonction première de l'emballage alimentaire est en effet de protéger, transporter et stocker ces denrées périssables que sont nos aliments. Cette nécessité est apparue durant la deuxième partie du XXe siècle où l'emballage a été célébré par une intensification et une diversification considérables de ses formes et de ses utilisations. Deux prix Nobel ont été co-attribués en 1963 dans le domaine de la chimie des plastiques pour la découverte de catalyseurs permettant la polymérisation des polyéthylène et polypropylène qui sont aujourd'hui couramment utilisés comme emballage alimentaire.

La production de plastiques a ainsi été multipliée par vingt entre 1964 et 2014 et devrait encore doubler dans les 20 prochaines années. En réduisant les pertes des denrées alimentaires au cours des étapes de distribution, stockage et commercialisation, ces matériaux contribuaient ainsi déjà à d'importants enjeux de sécurité alimentaire. L'emballage définit matériellement autour de l'aliment une atmosphère favorable à la préservation des qualités gustatives, nutritionnelles et de la sécurité sanitaire des aliments. L'aliment est ainsi préservé dans une atmosphère à l'abri des contaminations (poussières, micro-organismes, substances chimiques) et agents (oxygène) extérieurs responsables de la dégradation accélérée de leur qualité et sécurité. Un rôle essentiel et historique mais qui passe aujourd'hui malheureusement souvent inaperçu aux yeux des consommateurs au profit des innovations dans le domaine de l'esthétique, de la facilité d'utilisation, du marketing vert, voire du « gadget » amusant (Guillard et Gontard, 2017).

Le sujet est pourtant très sérieux car l'emballage, sans se départir de son rôle irremplaçable de conservation de l'aliment, est aujourd'hui accusé de contaminer l'aliment et de polluer l'environnement (Figure 1).

Les grands coupables désignés sont les nombreux et complexes plastiques issus de la chimie du pétrole. Un des enjeux de la recherche en agro-alimentaire est indiscutablement le développement d'emballages « faits à façon », c'est à dire conçus pour mieux maîtriser les réactions de dégradation des aliments, tout en limitant l'empreinte environnementale et l'impact potentiel négatif sur la santé du consommateur (Figure 2).

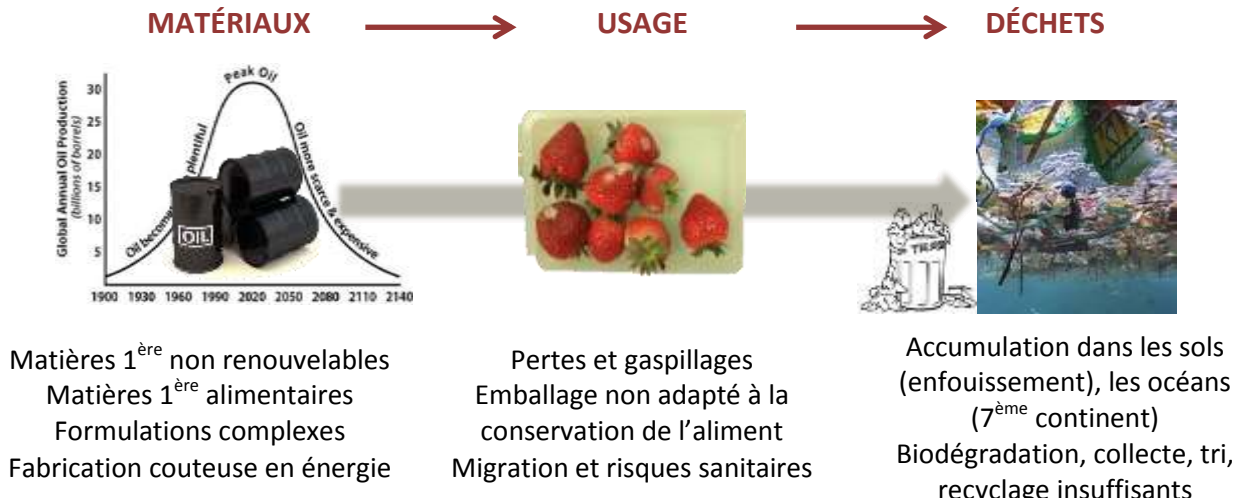


Figure 1 : Les défis à relever pour l'emballage alimentaire au début du XXI^e siècle

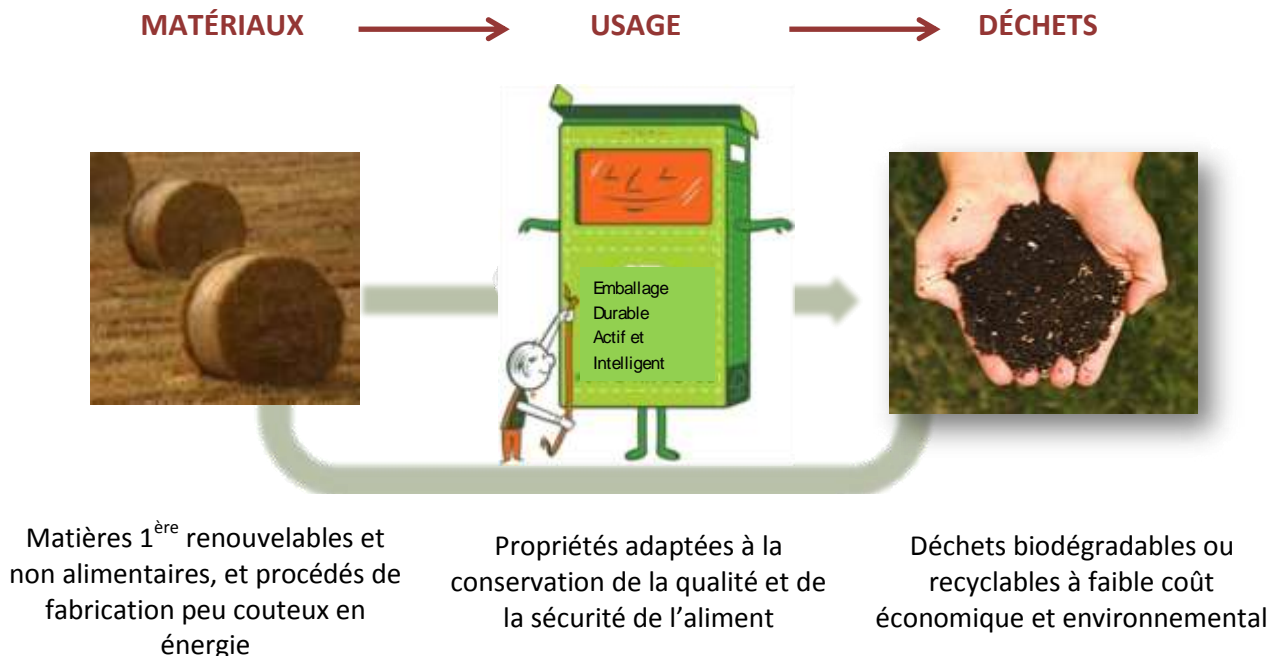


Figure 2 : Les attendus de l'innovation en emballage alimentaire dans un contexte d'économie circulaire.

2. Des bioplastiques pour limiter l'empreinte écologique des emballages

Alors que le marché des emballages plastiques continue de progresser, les industriels recherchent de nouvelles solutions dans la perspective de réduire leur empreinte environnementale non seulement en substituant les ressources fossiles par des matières renouvelables et non alimentaires, mais surtout en cherchant à limiter l'accumulation de leurs déchets dans notre environnement. Dans ce contexte de transition, les matières plastiques biodégradables ou recyclées ainsi que les matériaux bio-sourcés issus de ressources renouvelables trouvent tout leur intérêt et font l'objet de nombreuses recherches et développements.

Tout au long de leur cycle de vie, les matériaux d'emballage consomment des ressources et de l'énergie en majorité non-renouvelables. Ils génèrent des émissions de polluants atmosphériques et de déchets dans les sols, les océans et les eaux douces. Actuellement plus de 90 % des plastiques tous secteurs confondus (pas seulement l'emballage) sont issus de ressources fossiles. 6 % de la production pétrolière mondiale est dédiée à cette production, soit l'équivalent de la consommation mondiale du secteur aéronautique. Si la progression du plastique continue sur sa lancée, en 2050, le secteur représentera 20 % de la consommation mondiale de ressources fossiles et 15 % de notre « budget carbone » annuel, en se basant sur un scénario de réchauffement climatique se limitant à 2 °C à l'horizon 2050 (Ellen MacArthur Foundation, 2016).

Au niveau mondial, sur les 78 millions de tonnes d'emballages plastiques produits annuellement (valeur année 2013), 32% sont dispersés de façon incontrôlée dans notre environnement et 40 % sont stockés dans des stations d'enfouissement ce qui signifie que 72 % ne font pas l'objet d'une récupération et ont toutes les chances de finir, un jour, dispersés sur nos terres ou dans nos océans (Jambeck et al., 2015). Un vortex de déchets plastiques dans l'océan pacifique nord, encore appelé 7ème continent, s'étend sur une superficie 6 fois plus grande que la France. Ces plastiques qui ont été synthétisés massivement depuis une cinquantaine d'année mettront au moins 100 à 200 ans à se dégrader en micro-plastiques puis en nanoparticules de plastiques. Une fois cette taille nanométrique atteinte, soit approximativement d'ici la fin du XXIe siècle, les plastiques accumulés auront alors toutes les facilités pour se répandre très largement et rapidement non seulement dans notre environnement mais aussi dans tous les organismes vivants, y compris le nôtre, avec des effets potentiellement redoutables très mal évalués à l'heure actuelle (Brown et al., 2008). Sur les 28% qui sont récupérés, 14% sont incinérés et 14% seulement sont recyclés. Cependant sur ces 14 % qui sont recyclés, 4 % sont perdus au cours du processus de recyclage et 8% sont recyclés en circuit ouvert, c'est à dire pour des applications différentes par exemple pour faire un pull, un meuble ou un arrosoir, qui ne seront ensuite eux même plus recyclables. Finalement, ce sont seulement 2% des plastiques qui sont recyclés en circuit fermé, c'est à dire pour une utilisation similaire (Ellen MacArthur Foundation, 2016). Ce recyclage en circuit fermé s'effectue grâce à un procédé de décontamination thermique qui permet de prévenir tout risque vis à vis de la santé du consommateur (Barthelemy et al., 2014). D'autres approches de recyclage, microbiologiques, enzymatiques ou encore chimiques sont actuellement à l'étude (projet Thanaplast). De façon générale, les emballages plastiques sont loin d'être aussi bien recyclés que d'autres matériaux d'emballage tels que l'emballage en papier qui est recyclé à 58% et qui en plus est le plus souvent parfaitement biodégradable, les emballages en fer et acier qui sont recyclés à 70 et 90 % respectivement ou encore les emballages en verre qui sont recyclés à 75%. Ces deux derniers types de matériaux, lorsqu'ils sont dispersés dans l'environnement, se dégradent eux aussi très lentement mais plus important, ils se dégradent selon un processus de dissolution en éléments chimiques fondamentaux qui ne peuvent pas déséquilibrer fondamentalement les flux naturels de matières contrairement aux micro- ou nanoparticules de plastiques (Debure, 2012).

Des efforts considérables sont réalisés depuis les années 2000 pour encourager la minimisation des ressources (emballages plus légers, réduits au « juste nécessaire ») et le recyclage sous la forme de matériaux décontaminés (recyclage mécanique des bouteilles en PET recyclé), de compost fertilisant (des emballages biodégradables qui sont biodégradés avec les déchets organiques sans tri, ni traitement spécifique) ou encore d'énergie (incinération de plastiques non biodégradables ou digestion anaérobie de matériaux biodégradables).

La production de matériaux plastiques bio-sourcés (bio-PE, bio-PET etc.) est aujourd'hui en pleine expansion mais soulève de vives controverses sur l'utilisation de terres agricoles pour l'élaboration de produits non-alimentaires à destination des pays les plus riches. Et les problèmes d'impact environnemental liés à la gestion de leurs déchets restent les mêmes qu'avec les plastiques pétrochimiques.

Les matériaux biodégradables (amidon, polyhydroxycarboxylates, acide polylactique etc.) sont eux aussi en pleine expansion car ils ouvrent de nouvelles options de fin de vie comme la biodégradabilité, la compostabilité ou encore la digestion anaérobie. Cependant seule la biodégradabilité en conditions naturelles, permet de résoudre les problèmes liés à l'accumulation des déchets dans notre environnement. Et lorsqu'ils sont bio-sourcés, ils soulèvent les mêmes inquiétudes de compétition sur l'utilisation des ressources alimentaires. Les innovations dans le domaine des bio-emballages s'accompagnent de besoins en termes de normes et de labellisation. La norme de biodégradabilité, par exemple, est définie aujourd'hui en condition industrielle, c'est-à-dire que la dégradation se fait quand le déchet est chauffé à une certaine température et dans des conditions que l'on ne trouve pas dans la nature. De nombreux produits sont considérés comme biodégradables selon la norme, mais dans des conditions naturelles, ils ne se dégraderont guère mieux que les autres. Autre exemple, un produit étiqueté bio-sourcé selon la norme actuelle, doit être constitué d'au moins 30% de matières premières renouvelables et peut ainsi être fabriqué majoritairement avec des matériaux fossiles.

Depuis une vingtaine d'années, de nombreux plastiques bio-sourcés et/ou biodégradables ont été introduits sur le marché des matériaux d'emballage dans l'objectif principal d'être substitués aux plastiques d'origine pétrochimique (<http://www.succipack.eu>). La substitution des matériaux d'origine pétrochimique par des matériaux biodégradables et issus de ressources non seulement renouvelables mais aussi non alimentaires, par exemple les résidus des industries agro-alimentaires, constitue un défi très attendu de la recherche agro-alimentaire que certains chercheurs tentent de relever (www.ecobiocap.eu, www.noaw2020.eu). Les activités de recherche et développement portent également sur les bénéfices environnementaux, la viabilité économique, la gestion des problèmes d'ordre éthique et des impacts potentiels sur la qualité et la sécurité des aliments emballés. Le principal enjeu de la recherche et développement se situe aujourd'hui sur l'amélioration de l'impact environnemental du système « aliment emballé » dans son ensemble, non seulement en minimisant l'impact négatif du matériau d'emballage sur l'environnement mais aussi en améliorant son rôle positif sur la réduction des pertes et gaspillages alimentaires qui impactent très fortement notre environnement (Angellier et al., 2013).

3. Des emballages actifs et intelligents pour réduire les pertes et gaspillages alimentaires

L'emballage permet de maîtriser les transferts de vapeur d'eau, d'oxygène et/ou de gaz carbonique qui conditionnent les vitesses des nombreuses réactions d'oxydation des constituants de l'aliment (vitamines, acides gras essentiels, composés d'arôme etc.), le développement microbien ou encore les réactions physiologiques de maturation des produits dits « vivant » (fruits et légumes, produits fermentés tels que les fromages etc.). Au cours de cette dernière décennie, de nouvelles technologies liées à l'extension des fonctions de l'emballage se sont développées, tels que les emballages actifs (e.g. absorbeurs d'oxygène, emballages antimicrobiens etc.) et intelligents (e.g. indicateur de maturité, de bactéries pathogènes etc.) et d'importants enjeux de réduction des pertes et gaspillages des aliments se jouent dans ce domaine. Ces emballages font d'ailleurs l'objet d'une réglementation Européenne spécifique (450/2009/EC) visant à accompagner ces innovations sur le marché Européen en toute sécurité. Ce règlement établit des exigences spécifiques concernant l'utilisation et l'autorisation de matériaux et d'articles intelligents et actifs, destinés à entrer en contact avec des aliments. Il établit une liste à l'échelle de l'UE de substances qui peuvent être utilisées dans la fabrication de ces matériaux. Les emballages actifs sont définis comme étant destinés à prolonger la durée de conservation ou à maintenir ou améliorer l'état de denrées alimentaires emballées. Ils sont conçus de façon à comprendre délibérément des constituants qui libèrent ou absorbent des substances dans les denrées alimentaires emballées ou dans l'environnement des denrées alimentaires.

Les emballages dits intelligent sont conçus pour fournir à l'utilisateur des informations sur l'état des denrées alimentaires ou l'environnement des denrées alimentaires qui conditionnent l'évolution de leur qualité ou de leur sécurité.

L'emballage actif peut ainsi permettre de modifier volontairement l'atmosphère interne de l'emballage pour améliorer la conservation des produits (Guillaume et al., 2008). Les absorbeurs d'oxygène à base de fer sont ainsi couramment utilisés pour réduire, sans additif ni traitement, les réactions d'oxydation des vitamines ou acides gras essentiels. Ils retardent également le développement microbien et permettent d'augmenter significativement la durée de vie sans ajout de conservateurs ou sans mise en œuvre de traitements susceptibles d'altérer les qualités gustatives ou nutritionnelles des aliments. De nombreux autres emballages actifs sont aujourd'hui commercialisés tels que des absorbeurs d'humidité pour la conservation des produits sensibles à l'humidité ou d'éthylène pour la conservation des fruits climactériques. Par leur rôle actif sur la conservation des produits alimentaires, ces solutions d'emballages permettent d'anticiper des retombées très positives, liées à la réduction des pertes et gaspillage alimentaire. Selon l'Ademe, sur les 29 kg de nourriture jetés chaque année en moyenne par Français, on compte 7 kg d'aliments encore emballés. D'importants investissements en recherche sont consacrés au développement technique de ces nouveaux emballages depuis plus de dix ans. Les recherches se tournent beaucoup plus récemment sur l'évaluation quantitative des retombées positives qui sont escomptées sur la réduction des pertes et gaspillages avec de nouveaux défis stratégiques et méthodologiques à relever (<http://www.glofoods.inra.fr>).

Un emballage intelligent détecte et informe les différents acteurs de la chaîne, consommateurs inclus, des caractéristiques des denrées alimentaires conditionnées ou de leur environnement dans l'objectif de donner des informations sur la qualité des aliments, la sécurité et l'histoire des produits pendant le transport et le stockage. Ils contribueraient ainsi à limiter les pertes liées aux marges de sécurité sanitaire appliquées aux dates limites de consommation et à la mauvaise interprétation de ces dates. À l'échelle mondiale, on estime que les inexactitudes et la mauvaise compréhension par le consommateur des informations de date limite de consommation causent plus de 20 % des pertes évitables de nourriture encore comestible (selon l'étude préparatoire sur les déchets alimentaires dans l'UE 27, rapport de la CE en 2010). Ces emballages intelligents peuvent alors détecter la présence de bactéries pathogènes ou informer sur l'état de maturité d'un fruit sans avoir à le toucher ou à le sentir. Ils peuvent être « directs » et détecter des marqueurs de la qualité de l'aliment ou « indirects » et donner des informations sur les conditions de conservation de l'aliment comme la température et la durée de conservation, qui sont alors convertis en qualité probable. Ces emballages permettraient ainsi de réduire la fréquence des accidents sanitaires qu'une DLC ne peut pas anticiper lorsque les conditions usuelles de conservation ne sont pas respectées.

Des retombées importantes sont attendues dans le domaine de la RFID (de l'anglais radio frequency identification) (Bibi et al., 2016) qui permet d'imaginer un futur où l'aliment emballé sera connecté avec notre téléphone ou notre réfrigérateur pour nous signaler les denrées à consommer en priorité selon leur état de fraîcheur en temps réel (<http://nextgenpack.eu>).

4. Des approches préventives pour maîtriser les risques sanitaires

L'emballage est une des principales sources de contamination de l'aliment au côté des produits phytosanitaires utilisés en agriculture (Guillard et Gontard, 2017). Le matériau d'emballage reste en effet suffisamment longtemps en contact avec l'aliment pour permettre la migration de certaines substances contenues dans le matériau d'emballage, et spécialement celles de faible poids moléculaire. Il peut en résulter une exposition chronique à faible dose difficile à évaluer qui nécessite de mettre en place une démarche spécifique d'évaluation des risques telle qu'elle est pratiquée à l'EFSA (Autorité Européenne de Sécurité des Aliments).

Le risque se mesure sur la base de l'importance combinée des trois paramètres suivants: (1) la migration de la substance de l'emballage vers l'aliment, (2) le niveau d'exposition des différents types de consommateurs à cette substance via l'aliment (en sus des expositions par d'autres sources et autres voies, dermique et respiratoire) et (3) le niveau de toxicité de la substance. Les efforts actuels pour prévenir les risques liés à la migration ne doivent pas occulter le fait que l'emballage constitue l'élément essentiel de protection de l'aliment contre les risques sanitaires chimiques et microbiens (prévention des contaminations extérieures, de développements microbiens, traçage des produits contaminés etc.). Parmi les substances incriminées, figurent certains perturbateurs endocriniens suspectés d'être introduits dans les aliments par le biais de l'emballage. Il s'agit de petites molécules présentes dans le plastique qui interfèrent dans le bon fonctionnement de notre organisme.

Le dernier exemple en date concerne la crise liée au Bisphenol A ou BPA, présent dans certains contenants, comme les biberons. Ces substances, nécessaires à la mise en forme de nos matières plastiques et à leur bonne résistance, se retrouvent involontairement dans nos aliments après un contact plus ou moins long avec l'emballage. Elles présentent des effets potentiellement toxiques pour l'homme après une exposition régulière et à long terme.

La réglementation européenne protège le consommateur et impose aux fabricants d'emballages de respecter des « limites de migrations » pour toutes les molécules autorisées. Mais les découvertes régulières dans le domaine imposent une mise à jour permanente de la réglementation : ainsi, des composés et résidus d'encre d'impression des emballages, qui ne sont donc pas en contact direct avec le produit, ont été récemment retrouvés dans les aliments. Des outils et plateformes de simulation numériques et des bases de données associées sont actuellement développées en libre accès pour mieux prédire et anticiper les risques dans un contexte technique et législatif de complexité croissante (<http://www.agence-nationale-recherche.fr/?Projet=ANR-10-ALIA-0009>).

5. Des outils d'aide à la décision pour s'orienter vers des emballages durables

Ces matériaux écologiques (bio-sourcés, biodégradables, actifs, intelligents..) doivent cependant encore franchir un obstacle : s'imposer sur le marché de l'emballage en lieu et place des plastiques conventionnels d'origine pétrochimique. Dans cette optique, la recherche s'affaire sur le développement d'outils permettant à l'utilisateur de s'orienter toute connaissance de cause vers des emballages écologiques.

Actuellement, la conception et le choix de nouveaux emballages reposent sur une approche empirique privilégiant un ou deux aspects (ex. recyclabilité et propriétés barrière « absolues ») au détriment de beaucoup d'autres tout aussi cruciaux (ex. aptitude à la conservation, consommation d'énergie, disponibilité concurrentielle des matières premières, adaptabilité aux chaînes de conditionnement, acceptabilité par les consommateurs etc.) et sans intégration aucune du système « aliment/emballage » qui doit pourtant être pris dans sa globalité et toute sa complexité. Il est par exemple indispensable d'optimiser les propriétés de transfert de matière du matériau en lien avec la maîtrise des réactions de détérioration pouvant se produire dans l'aliment ou encore d'évaluer l'impact environnemental sans se limiter à la biodégradabilité ou la recyclabilité de l'emballage mais en prenant aussi en compte les gains de durée de vie de l'aliment, la consommation d'énergie de l'ensemble de la filière, les circuits de fin de vie envisageables, les impacts à très long terme etc. C'est la non-prise en compte de ce contexte multi-critères qui aujourd'hui limite les impacts sociétaux de nos innovations dans le domaine de l'emballage alimentaire. Il est donc nécessaire d'amorcer rapidement un changement dans notre approche intégrée du système «emballage/aliment» de manière à considérer de façon systémique son environnement, la filière de production et de prendre en compte les attentes des différents acteurs de la filière, le contexte socio-économique et environnemental complexe et fluctuant.

Les informations et données sont nombreuses, parfois contradictoires et constituées de données quantitatives (ex. perméabilité à l'O₂, production de gaz à effet de serre) et de données qualitatives (ex. appréciation des consommateurs). Le caractère hétérogène des informations disponibles est aujourd'hui abordé sous l'angle de type ingénierie de la connaissance qui, à long terme, a pour objectif de développer un véritable outil de recherche d'aide à la conception, au dimensionnement et au choix d'un emballage alimentaire (Tamani et al., 2014).

6. Comment atteindre les impacts escomptés des emballages innovants

L'emballage s'est vu doté ces dernières années de fonctionnalités actives et intelligentes beaucoup plus étendues que celles d'un emballage conventionnel pour améliorer la qualité et la sécurité de nos aliments et réduire les pertes et gaspillages. Parallèlement, les préoccupations croissantes liées à la protection de l'environnement, ont généré d'importants efforts en termes de réduction à la source, de tri sélectif et de recyclage, ainsi que l'émergence de nouveaux concepts d'emballages de types bio-sourcés, renouvelables, biodégradables et/ou compostables. Il faut aussi ajouter que cette évolution importante du secteur des emballages alimentaires, a été jalonnée de nombreuses crises sanitaires liées au transfert de matières indésirables, qui ont généré l'élaboration de nouvelles approches de prévention des risques.

Les demandes du monde socio-économique s'orientent aujourd'hui vers l'utilisation et la conception raisonnée d'emballages alimentaires capables d'offrir un bon compromis entre les exigences liés à la qualité des aliments, à la sécurité du consommateur, à la compétitivité économique des produits et à la protection de l'environnement. Cette demande se situe dans un environnement scientifique et technologique extrêmement évolutif dans le domaine de la modélisation des systèmes complexes mais aussi dans celui des matériaux où, par exemple, les nanosciences et les nanotechnologies ouvrent aujourd'hui de nouvelles voies de compréhension, de maîtrise et de conception de matériaux d'emballage alimentaire (Silvestre C., 2011).

Il est clair qu'une transition vers des approches extrêmement novatrices est engagée dans le domaine de la recherche et du développement d'emballages durables et responsables. Mais les impacts sociétaux et économiques escomptés de cette transition ne pourront être effectifs que si les gouvernements mettent en place des mesures incitatives et concertées à l'échelle européenne en faveur des emballages durables par exemple via un étiquetage permettant au consommateur de faire un choix éclairé sur l'empreinte écologique de l'emballage (Figure 2) en termes de matériaux (origine des matières premières et procédés de synthèse), de réduction des pertes et gaspillages alimentaire (fonction d'usage) et de gestion des déchets (option de fin de vie).

Références bibliographiques

Angellier-Coussy H., Guillard V., Guillaume C., Gontard N., 2013. Role of packaging in the smorgasbord of action for sustainable food consumption. *Agro Food Industry Hi-Tech*, 24 (3), 15–19.

Barthélémy E., Spyropoulos D., Milana M.R., Pfaff K., Gontard N., Lampi E., Castle L., 2014. Safety evaluation of mechanical recycling processes used to produce polyethylene terephthalate (PET) intended for food contact applications. *Journal: TFAC: Food Additives & Contaminants: Part A*. Vol 31(3) 490-497.

Bottero J.Y., Rose J., De Garidel C., Masion A., Deutsch T., Brochard G., Carrière M., Gontard N., Wortham H., Rabilloud T., Salles B., Dubosson B., Cathala B., Boutry D., Ereskovsky A., Auplat C., Charlet L., Heulin T., Frejafon H., Lanoner S., 2017. SERENADE: safer and ecodesign research and education applied to nanomaterial development, the new generation of materials safer by design. *Environ. Sci. : Nano*.

Bibi F., Guillaume C., Sorli B., Gontard N., 2016. Plant polymer as sensing material: Exploring environmental sensitivity of dielectric properties using interdigital capacitors at ultra high frequency Sensor and Actuators B: Chemical B230, 212-222.

Brown M.A., Dissanayake A., Galloway T.S., Lowe D.M., Thompson R.C., 2008. Ingested microscopic plastic translocates to the circular system of the mussel, *Mytilus edulis* (L.). *Env. Sci. Technol.* 42.

Debure M. 2012. Etude de la dissolution de verres borosilicatés en présence de minéraux magnésiens. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, 2012.

Ellen MacArthur Foundation, 2016. The new plastics economy. Rethinking the future of plastics.

European Bioplastics, 2015. Greenwashing misuse of EU composting standard EN 13432. 13 october. Press release.

Guillaume C., Chalier P., Gontard N., 2008. Modified atmosphere packaging using environmentally compatible and active food packaging materials. *Environ. Compat. Food Packag.*, 396-418.

Guillard V., Gontard N., 2017. Des emballages qui ne polluent pas, ça existe ! The conversation. 14 février 2017.

Gontard N., 2015. L'emballage Alimentaire. L'Alimentation à Découvert, C. Esnouf, J. Fioramonti et B. Lauriou Eds., CNRS Editions, Paris, Fr. ISBN : 978-2-271-07896-4, p90.

Guillard V., Gontard N. 2017. Des emballages qui ne polluent pas, ça existent. The conversation. Environnement et énergie, 14 février 2017.

IfBB, 2015. Biopolymers facts and statistics.

Jambeck J.R. Geyer R., Wilcox C., Siegler T.R., Perryman M., Andrady A., Narayan R., Law K.L., 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* 13, 347, 6223.

Silvestre C, Duraccio D, Cimmino S. 2011. Food packaging based on polymers nanomaterials. *Progress in Polymer Science*, 36, 1766-1782.

Tamani N., Mosse P., Croitoru M., Buche P., Guillard V., Guillaume C., Gontard, N., 2014. Eco-Efficient Packaging Material Selection for Fresh Produce: Industrial Session. In Hernandez N., Jaschke R. and Croitoru M. (Eds.), *Graph-based representation and reasoning* (Vol. 8577, pp. 305-310). Germany: Springer-Verlag Berlin

Transande L., Zoeller R.T., Hass U., Kortenkamp A., Grandjean P., Myers J.P., DiGangi J., Bellanger M., Hauser R., Legler J., Skakkebaek N.E., Heindel J.J., 2015. Estimating burden and disease costs of exposure to endocrine-disrupting chemicals in the European Union. *J. Clin. Endoc. Metab. Endocrine society*.

UNEP, 2015. Biodegradable plastics and marine litter : misconceptions, concerns and impacts on marine environment.

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0)



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « Innovations Agronomiques », la date de sa publication, et son URL)