Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
DE L'AGROALIMENTAIRE
ET DE LA FORÊT

MINISTÈRE
DE L'ÉCONOMIE,
DE L'INDUSTRIE
ET DU NUMÉRIQUE

ÉTUDES ÉCONOMIQUES

PROSPECTIVE

Les innovations technologiques, leviers de réduction du gaspillage dans le secteur agroalimentaire : enjeux pour les consommateurs et pour les entreprises

PIPAME
Pôle interministériel de Prospective et d'Anticipation des Mutations économiques

DGE
DIRECTION GÉNÉRALE DES ENTREPRISES

Date de parution : novembre 2014

Couverture : Hélène Allias-Denis, Brigitte Baroin
Édition : Martine Automme, Nicole Merle-Lamoot

ISBN : 978-2-11-138575-7

Les innovations technologiques, leviers de réduction du gaspillage dans le secteur agroalimentaire : enjeux pour les consommateurs et pour les entreprises

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
DE L'AGROALIMENTAIRE
ET DE LA FORÊT

MINISTÈRE
DE L'ÉCONOMIE,
DE L'INDUSTRIE
ET DU NUMÉRIQUE

PIPAME
Pôle interministériel de Prospective et d'Anticipation des Mutations économiques

Le Pôle interministériel de Prospective et d'Anticipation des Mutations économiques (Pipame) a pour objectif d'apporter, en coordonnant l'action des départements ministériels, un éclairage de l'évolution des principaux acteurs et secteurs économiques en mutation, en s'attachant à faire ressortir les menaces et les opportunités pour les entreprises, l'emploi et les territoires.
Des changements majeurs, issus de la mondialisation de l'économie et des préoccupations montantes comme celles liées au développement durable, déterminent pour le long terme la compétitivité et l'emploi, et affectent en profondeur le comportement des entreprises. Face à ces changements, dont certains sont porteurs d'inflexions fortes ou de ruptures, il est nécessaire de renforcer les capacités de veille et d'anticipation des différents acteurs de ces changements : l'État, notamment au niveau interministériel, les acteurs socio-économiques et le tissu d'entreprises, notamment les PME. Dans ce contexte, le Pipame favorise les convergences entre les éléments microéconomiques et les modalités d'action de l'État. C'est exactement là que se situe en premier l'action du Pipame : offrir des diagnostics, des outils d'animation et de création de valeur aux acteurs économiques, grandes entreprises et réseaux de PME/PMI, avec pour objectif principal le développement d'emplois à haute valeur ajoutée sur le territoire national.
Le secrétariat général du Pipame est assuré par la sous-direction de la Prospective, des Études et de l'Évaluation Économiques (P3E) de la direction générale des Entreprises (DGE).

Les départements ministériels participant au Pipame sont :
- le ministère de l'Économie, de l'Industrie et du Numérique/Direction générale des Entreprises ;
- le ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie ;
- le ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt ;
- le ministère de la Défense/Direction générale de l'Armement ;
- le ministère du Travail, de l'Emploi, de la Formation professionnelle et du Dialogue social/Délégation générale à l'Emploi et à la Formation professionnelle ;
- le ministère des Affaires sociales et de la Santé/Direction générale de la Santé ;
- le ministère de la Culture et de la Communication/Département des Études, de la Prospective et des Statistiques ;
- le ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche ;
- le Commissariat général à l'égalité des territoires (CGET), rattaché au Premier ministre ;
- le Commissariat général à la stratégie et à la prospective (CGSP), rattaché au Premier ministre.

Avertissement

La méthodologie utilisée dans cette étude ainsi que les résultats obtenus sont de la seule responsabilité du prestataire ayant réalisé cette étude (Euroquality) et n'engagent ni le Pipame, ni le ministère de l'Économie, de l'Industrie et du Numérique, ni le ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt (MAAF) qui ont commandé cette étude. Les parties intéressées sont invitées, le cas échéant, à faire part de leurs commentaires à la direction générale des Entreprises (DGE) et à la direction générale de l'Alimentation (DGAL).

MEMBRES DU COMITÉ DE PILOTAGE

Stéphanie BORDES	MAAF/ DGPAAT
Marie-Christine CHAPELLE	MEIN/CGEIET
Perrine COULOMB	MAAF/DGAL
Franck FAIVRE	MAAF/DGAL
Laura FARRANT	ANIA
Julien FOSSE	MAAF/DGAL
Franck FOURES	ANSES/DER
Bénédicte GARBIL	MEIN/DGE
Françoise GORGA	ANIA
Geneviève HABELLION	MAAF/DGAL
Marie-Hélène JOUIN-MOULINE	MEIN/DGE
Frédéric KAROLAK	MEIN/DGE
Marie-Christine LE GAL	MEIN/DGE
Noël LE SCOUARNEC	MEIN/DGE
Madeleine LESAGE	MAAF/SG/SSP/ CEP
Laura MARLEY	ANIA
Gérard MATHIEU	MAAF/CGAAER
Aïnhoa PARÉ	MAAF/DGAL
Sophie PERIZ-ALVAREZ	MAAF/DGAL
Charles PERNIN	CLCV
Olivier ROUXEL	MEIN/DGE
Florence SCARCI	MEDDE/CGDD/SEEI
Ariane VOYATZAKIS	BPI France Financement
Eric ZUNINO	MAAF/DGAL

La conduite des entretiens et la rédaction du présent rapport ont été réalisées par le cabinet de conseil :

EUROQUALITY
8 rue de l'Isly
75008 PARIS
Tél. : +33 (0)1 44 69 99 80
Fax : +33 (0)1 44 69 99 81
http://www.euroquality.fr

Consultants :

Hélène Bourgade (EUROQUALITY) ;
Olivier Chartier (EUROQUALITY) ;
Elodie Cluzel (EUROQUALITY) ;
Nicolas Hémon (EUROQUALITY) ;
Patrice Dole (CTCPA) ;
François Zuber (CTCPA) ;
Arnout Fischer (Université de Wageningen).

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier l'ensemble des acteurs ayant participé à cette étude, tant pour leur disponibilité, que pour la qualité des informations qu'ils nous ont délivrées au cours des différentes interactions.
Nous tenons en particulier à remercier les membres du comité de pilotage pour leur implication et les discussions et retours au cours des différentes réunions tout au long de ce projet qui témoignent de l'intérêt porté à cette étude.

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION ..... - 18 -

2. CONTEXTE, OBJECTIFS ET METHODOLOGIE ..... - 19 -

2.1. Etude bibliographique du contexte ..... - 19 -

2.2. Objectifs de l'étude ..... - 40 -

2.3. Périmètre de l'étude ..... - 41 -

2.4. Méthodologie ..... - 42 -

3. RESULTATS VOLET 1 : INVENTAIRE DES NOUVELLES TECHNOLOGIES ..... - 43 -

3.1. Objectifs et méthode ..... - 43 -

3.2. La contribution des innovations technologiques et le gaspillage alimentaire ..... - 44 -

3.3. La maturité des technologies ..... - 62 -

3.4. La présence d'acteurs au niveau national ..... - 65 -

3.5. Le contexte réglementaire ..... - 69 -

3.6. Conclusions du volet 1 ..... - 74 -

4. RESULTATS VOLET 2 : PERCEPTION DES CONSOMMATEURS ..... - 76 -

4.1. Objectifs et méthode ..... - 76 -

4.2. Les innovations technologiques et la perception des consommateurs : analyse bibliographique ..... - 81 -

4.3. Résultats des groupes de discussion ..... - 87 -

4.4. Classement des technologies de l'étude ..... - 92 -

4.5. Résultats complémentaires issus des entretiens avec les associations de consommateurs et centres techniques régionaux de la consommation ..... - 98 -

4.6. Conclusion du volet 2 ..... - 101 -

5. RESULTATS VOLET 3 : ANALYSE DES CONDITIONS D'ADOPTION DES INNOVATIONS PAR LES DIFFERENTS ACTEURS DE LA CHAINE ALIMENTAIRE ..... - 103 -

5.1. Objectifs et méthode ..... - 103 -

5.2. Challenge par filière ..... - 104 -

5.3. Equipementiers ..... - 108 -

5.4. Producteurs ..... - 115 -

5.5. Restauration Hors Foyer (RHF) ..... - 117 -

5.6. Distributeurs ..... - 121 -

5.7. Conclusions du volet 3 ..... - 125 -

6. RESULTATS VOLET 4 : EVALUATION DES TECHNOLOGIES ..... - 129 -

6.1. Objectifs et méthode ..... - 129 -
6.2. Résultats ..... - 141 -
7. VOLET 5 : RECOMMANDATIONS ..... - 148 -
7.1. Introduction ..... - 148 -
7.2. Vue d'ensemble des recommandations ..... - 149 -
7.3. Fiches actions ..... - 150 -
7.4. Plan d'actions ..... - 167 -
8. CONCLUSION ..... - 168 -
9. ANNEXE 1 ETUDE CONSOMMATEUR SUR LES DLC ..... - 169 -
9.1. Introduction ..... - 169 -
9.2. Méthodologie ..... - 169 -
9.3. Résultats ..... - 172 -
9.4. Discussion et conclusion ..... - 176 -
10. ANNEXE 2A: SCENARIOS PRESENTES AUX PARTICIPANTS DES GROUPES DE DISCUSSION - 178 -
11. ANNEXE 2B: TEST DE KENDALL ET PRECISIONS STATISTIQUES ..... - 180 -
12. ANNEXE 3A : EVALUATION – TEST DE COEFFICIENTS ..... - 182 -
13. ANNEXE 3B : EVALUATION - RESULTATS ..... - 184 -
14. SIGLES ..... - 189 -
15. DÉFINITIONS ..... - 191 -
16. INDEX DES TABLEAUX ..... - 193 -
17. INDEX DES FIGURES ..... - 194 -
18. INDEX DES GRAPHIQUES ..... - 195 -
BIBLIOGRAPHIE ..... - 198 -

RÉSUMÉ

Cette étude, commanditée par le Ministère de l'Agriculture de l'Agroalimentaire et de la Forêt dans le cadre des travaux de la section « Economie et sociologie » de l'Observatoire de l'alimentation ainsi que par le Ministère de l'Économie, du Redressement productif et du Numérique dans le cadre du Pôle Interministériel de Prospective et d'Anticipation des Mutations Economiques (PIPAME) constitue une analyse d'envergure de la possible contribution des innovations technologiques à la réduction du gaspillage alimentaire en fin de chaîne. L'étude est centrée sur les innovations technologiques pouvant être mises en œuvre par les industries agroalimentaires (IAA) pour agir sur le gaspillage au niveau de la distribution, de la restauration et de la consommation finale par les ménages. Le rapport identifie des pistes pour augmenter l'effort de recherche en fournissant des recommandations destinées aux différents acteurs de l'innovation agroalimentaire.

L'étude a consisté en une revue détaillée de 26 innovations technologiques dans le domaine des emballages et des technologies de conservation des aliments (volet 1), une analyse de leur perception par les consommateurs (volet 2), une évaluation de leur adoption par les différents acteurs de la chaîne agroalimentaire (volet 3), une évaluation de leur attractivité actuelle et à 10 ans (volet 4) ainsi qu'en l'élaboration de recommandations (volet 5).

Présentation des 26 innovations technologiques retenues dans l'étude par type de levier

Leviers	Technologies
1. Améliorer la flexibilité des systèmes de production par le suivi des produits alimentaires le long de la chaîne d'approvisionnement	Emballages avec intégrateurs temps/température Traçabilité Radio Frequency Identification (RFID) Emballages instrumentés par détection de traceurs (oxygène, CO_2, éthylène) Emballages instrumentés par détection de microorganisme
2. Prolonger la fraîcheur des produits alimentaires hautement périssables	Biopréservation Biopréservation par les phages Emballages respirants par technologie de perforation Emballages à perméabilité sélective
3. Augmenter les propriétés barrières des emballages	Nouveaux polymères d'emballages avec hautes propriétés barrières Coatings minéraux technologies plasma Coatings organiques nanochargés Matériaux d'emballage nanochargés dans la masse Emballages bio-sourcés
4. Développer et mettre en œuvre des emballages actifs	Emballages piégeurs (oxygène et composants de maturation) Emballages émetteurs de CO_2, emballages émetteurs d'éthanol Emballages à libération contrôlée de substances à effet antimicrobien
5. Développer des procédés de stabilisation et de conservation plus respectueux de la qualité des aliments	Hautes pressions Chauffage microonde Conditionnement aseptique Chauffage ohmique Lumière pulsée Ionisation Décontamination chimique de surface Décontamination des emballages par traitement plasma
6. Encourager l'utilisation d'emballage portionnables et de petites portions en rendant les technologies compatibles avec les exigences environnementales et de santé	Technologies monocouches recyclables Emballages minimisant en toutes conditions les phénomènes de migration

Volet 1 Inventaire des nouvelles technologies

Méthodologie : Chaque technologie est décrite selon une trame commune dénommée « fiche technologique », renseignée grâce à une enquête à dire d'experts et une étude de la littérature.

26 technologies avec des niveaux de maturité technologique différents

Près de la moitié des innovations technologiques étudiées (ex. : les procédés alimentaires) sont en phase de démonstration ou sont déjà en phase de déploiement industriel ; l'autre moitié nécessite encore d'importants efforts de recherche et développement, notamment dans les secteurs des emballages, de la RFID et de la biopréservation. La recherche pourra bénéficier des avancées d'autres secteurs comme le domaine médical ou les biotechnologies pour les emballages instrumentés, la microélectronique pour les RFID ou l'agronomie (biofertilisation) et l'alimentation-santé (encapsulation) pour la biopréservation.

Une réglementation qui freine le développement

Les écarts d'interprétations et de mise en œuvre de certaines réglementations entre les Etats Membres seraient de nature à entraîner des distorsions entre pays membres de l'UE, et constituent un frein à l'innovation. Une révision de la réglementation européenne Novel Food (actuellement le règlement 258/97, qui est en cours de révision), la publication d'une liste de substances autorisées dans la composition des emballages actifs ainsi que l'adoption d'une réglementation sur la biopréservation pourraient permettre de lever les freins réglementaires à la mise en œuvre des technologies.

Des acteurs français bien positionnés dans un environnement hautement concurrentiel

La revue des acteurs académiques et industriels actifs sur le territoire national indique que la France apparaît en bonne position pour la plupart des technologies retenues, à la fois en termes de savoir-faire (universités, centres techniques), et d'acteurs industriels. Certaines innovations bénéficient d'un contexte favorable avec la présence d'acteurs d'envergure internationale comme le secteur des RFID avec le CEA-LETI ou les technologies de biopréservation avec un réseau d'organismes de recherche et plusieurs acteurs industriels dont quelques start-up. Les pôles de compétitivité ainsi que plusieurs Réseaux Mixtes Technologiques (RMT) et Unités Mixte de Recherche (UMR), ainsi que le réseau des CTI et ITAI de l'ACTIA, jouent un rôle actif dans le développement de ces innovations.

Volet 2 Perception des consommateurs

Méthodologie : Une analyse bibliographique, des groupes de discussion et des entretiens avec des associations de consommateurs et des centres techniques régionaux de la consommation ont été réalisés pour étudier la perception des consommateurs.

Les consommateurs ont peu confiance en l'industrie agroalimentaire

Les récentes crises alimentaires ont contribué à créer une certaine méfiance des consommateurs vis-à-vis des industriels. Les consommateurs ne sont pas catégoriquement opposés à la mise en place de nouvelles technologies mais ils ont besoin d'être informés sur le rapport bénéfice/risque de chaque technologie.

Les nouvelles technologies doivent apporter des bénéfices pour les consommateurs

Il s'agit là d'un critère majeur dans l'acceptation des technologies par les consommateurs. Les technologies offrant naturalité, traçabilité et praticité sont perçues comme intéressantes. En revanche, les consommateurs ne reconnaissent pas spontanément la valeur ajoutée des technologies qui permettent simplement d'allonger la durée de conservation des produits.

Des campagnes d'information permettraient une meilleure acceptation

Les industries agroalimentaires aidées par le gouvernement et les interprofessions devraient lancer une campagne d'informations sur les innovations utilisées et faciliter l'accès à ces informations afin de sensibiliser et rassurer le consommateur. La thématique du gaspillage alimentaire devrait être également inscrite aux programmes d'éducation à l'alimentation dans les écoles primaires.

Volet 3	**Analyse des conditions d'adoption des innovations par les différents acteurs de la chaîne alimentaire**
Méthodologie : Des entretiens avec des entreprises (équipementiers, producteurs, distribution, restauration collective et experts techniques) ont été réalisés pour étudier les conditions de mise en œuvre des innovations par l'industrie agroalimentaire.	

Des acteurs dispersés dans un climat peu enclin à l'innovation

L'industrie de l'agroalimentaire est un secteur plutôt conservateur confronté à un climat économique et médiatique difficile. La dispersion et la multitude d'acteurs contribuent à la complexité de l'adoption de nouvelles technologies, notamment si l'équipement de toute la chaîne agroalimentaire est nécessaire comme pour la RFID.

Le coût économique, un frein majeur

Le principal frein au développement à grande échelle de ces technologies est le facteur économique. La situation économique des industries agroalimentaires ne favorise pas l'investissement des industries dans de nouvelles machines ni l'adoption de technologies augmentant le prix de revient du produit alimentaire.

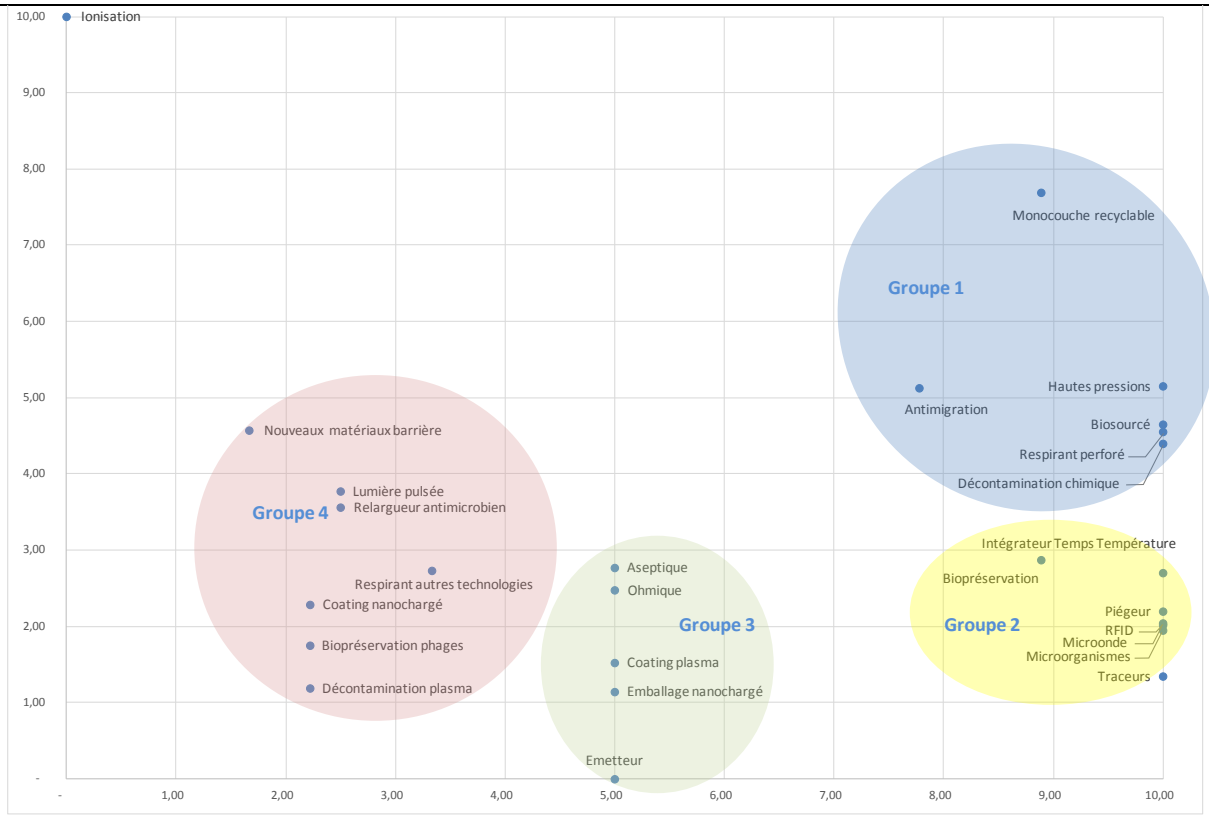
Des perspectives optimistes

Les innovations étudiées permettent aux producteurs d'atteindre de nouveaux marchés à l'export et la restauration hors foyer utilise déjà certaines technologies telles que les emballages piégeurs. Ces deux voies permettront aux technologies de pénétrer plus facilement le marché. Les innovations répondent également aux attentes des consommateurs sur les aspects de naturalité et traçabilité ce qui leur permettra d'être acceptées à moyen terme.

Volet 4	**Evaluation des technologies**
Méthodologie : Une évaluation de l'attractivité actuelle et à 10 ans des innovations technologiques au regard de leur impact et de leur faisabilité de mise en œuvre a été réalisée.	

Une classification des innovations en 4 groupes en fonction de leur attractivité à 10 ans

Le groupe présentant la plus grande attractivité (>5) est composé des technologies suivantes : monocouche recyclables, hautes pressions, emballages biosourcés, emballages respirants par technologies de perforation, décontamination chimique de surface et antimigration



Représentation graphique de l'attractivité à 10 ans des 26 technologies (faisabilité de mise en œuvre à 10 ans en abscisse impact macro-économique à 10 ans en ordonné).

Volet 5 Recommandations

Méthodologie : Des recommandations pour la mise en œuvre d'un cadre d'action publique visant à soutenir les innovations technologiques susceptibles de contribuer à la réduction du gaspillage alimentaire ont été élaborées.

Cette étude a mis en évidence un manque de données chiffrées et de consensus sur le thème du gaspillage alimentaire. Elle a par ailleurs démontré que les innovations technologiques pouvaient contribuer à améliorer les caractéristiques de nombreux produits alimentaires périssables et donc augmenter leur date limite de consommation (DLC). Cependant, différentes actions sont à mettre en place afin d'assurer l'adoption à grande échelle des technologies et la réduction du gaspillage alimentaire. Cinq principaux axes de recommandations ont été identifiés.

1 Amélioration de la connaissance sur le gaspillage alimentaire

Cet axe préconise une quantification des pertes et gaspillage par filière de production ainsi qu'un suivi du gaspillage au niveau des ménages. Cette quantification constitue un préalable indispensable au suivi des actions entreprises pour lutter contre le gaspillage et permettrait de combler le retard avec d'autres pays. Une analyse du lien entre une augmentation de la DLC des produits alimentaires périssables et la réduction du gaspillage est également jugée prioritaire.

2 Sensibilisation des acteurs aux enjeux du gaspillage alimentaire

Le lancement d'une campagne d'information à destination du grand public sur les innovations mises en œuvre par les industries agroalimentaires pour lutter contre le gaspillage alimentaire et l'inscription du gaspillage dans les référentiels de formation des établissements d'enseignement supérieur agricole et agroalimentaire permettront d'augmenter la sensibilisation des générations futures.

3 Evaluation scientifique et adaptation du cadre réglementaire

L'innocuité des nouvelles technologies doit être démontrée de façon générique afin de lever les verrous réglementaires susceptibles de bloquer les investissements dans les innovations. Une révision et une simplification de la réglementation Novel Food ainsi que l'établissement d'un statut réglementaire pour les Intégrateurs Temps-Température (ITT) vis-à-vis des DLC théoriques sont également proposés.

4 Accompagnement de la recherche

Le gaspillage alimentaire doit être pris en compte dans les priorités de recherche et intégré aux contrats d'objectifs et de performances des organismes de recherche sous tutelle des ministères. La recherche collective au niveau national comme européen et la recherche interdisciplinaire, notamment avec le secteur biomédical, est également encouragée. Finalement, l'étude recommande les thématiques de la recyclabilité et de l'alimentarité des nouveaux emballages comme sujet de recherche afin de développer des solutions compétitives et durables.

5 Soutien à l'adoption des innovations par les industries agroalimentaires

La préparation d'un livre blanc piloté par les interprofessions permettant de fournir aux entreprises des préconisations spécialisées pour la lutte contre le gaspillage et de les guider dans leurs démarches d'innovation est suggérée. Le soutien à l'adoption des innovations les plus prometteuses est encouragé à travers des aides à l'investissement par la BPI ou par la DGCIS à destination des équipementiers et des industriels et PME en industrie agroalimentaire (programmes investissement d'avenir, prêts à l'industrialisation), ou enfin à travers des aides au développement de plateformes de services et centres de R&D.

1. INTRODUCTION

Beaucoup d'initiatives ont été lancées au cours des dernières années pour lutter contre le gaspillage alimentaire. Le Parlement européen a adopté en 2012 une résolution demandant des mesures urgentes pour réduire de moitié le gaspillage alimentaire d'ici 2025[1]. Au niveau national, un pacte national de lutte contre le gaspillage alimentaire a été lancé le 14 juin 2013[2]. Ce pacte mobilise l'ensemble des acteurs de la chaîne alimentaire autour de onze mesures comprenant principalement des actions de sensibilisation comme par exemple l'instauration d'une journée nationale de lutte contre le gaspillage, le lancement d'une campagne de communication et d'un site internet[3] ou des formations dans les écoles hôtelières et les lycées agricoles.

Cette étude, initiée par le Ministère de l'Agriculture de l'Agroalimentaire et de la Forêt, dans le cadre de la section « Economie et sociologie » de l'Observatoire de l'alimentation, ainsi que le Ministère de l'Economie, de l'Industrie et du Numérique dans le cadre du Pôle Interministériel de Prospective et d'Anticipation des Mutations Economiques (PIPAME) vise à apporter un élément complémentaire dans la lutte contre le gaspillage alimentaire en considérant la contribution des innovations technologiques pouvant être mises en œuvre par l'industrie agroalimentaire.

L'objectif est de proposer un cadre d'action publique pour soutenir les innovations technologiques susceptibles de contribuer à la réduction du gaspillage. Après avoir identifié les principaux leviers d'innovation technologique susceptibles de permettre une réduction du gaspillage des biens alimentaires, l'étude analyse la perception par les consommateurs des technologies ainsi que les conditions d'adoption des innovations technologiques par l'industrie. Une évaluation de l'attractivité des différentes innovations est ensuite réalisée en prenant en compte les possibilités d'évolution des technologies à dix ans. Ces différentes analyses sont ensuite utilisées pour formuler des recommandations visant à accompagner le développement et la mise sur le marché des innovations technologiques.

[1] http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?type=TA&reference=P7-TA-2012-0014&language=FR
[2] http://alimentation.gouv.fr/pacte-national-lutte-antigaspillage
[3] www.gaspillagealimentaire.fr

2. CONTEXTE, OBJECTIFS ET METHODOLOGIE

Afin de positionner l'étude dans son contexte, une étude bibliographique relative au gaspillage alimentaire en France et en Europe est présentée dans la partie 3.1. Les objectifs de l'étude sont rappelés dans la section 3.2, le périmètre de l'étude est défini dans la partie 3.3 et la méthodologie est décrite dans la partie 3.4.

2.1. Etude bibliographique du contexte

Plus de 30% de la production d'aliments destinés à la consommation humaine est gaspillée à l'échelle de la planète (Gustavsson et al., 2011) et malgré des conséquences considérables aux niveaux économiques et environnementaux, un nombre relativement restreint d'études et d'articles scientifiques a été publié au cours de la dernière décennie. La revue bibliographique réalisée dans le cadre de cette étude a permis d'identifier une cinquantaine de sources récentes (postérieures à 2009), ce qui semble cependant indiquer un regain d'intérêt pour le sujet au cours des cinq dernières années. Les sources les plus intéressantes comprennent notamment (liste complète en fin de document, section « Bibliographie »):

- Les travaux du WRAP, une organisation anglaise qui publie depuis 2008 des travaux originaux sur le gaspillage alimentaire au Royaume-Uni (Chapagain et James, 2011 ; Quested et Johnson, 2009; Bridgwater et Quested, 2011; Quested et Parry, 2011 ; Ventour, 2008)
- Quelques rapports réalisés pour les instances internationales (Gustavsson et al., 2011 ; Jan et al., 2013) ou Européenne (Monier et al., 2010).
- Des publications visant à quantifier le gaspillage au niveau national (Beretta et al., 2012 ; DEFRA, 2010 ; Kranert et al., 2012 ; Parfitt et al, 2010) ou proposant une revue des causes du gaspillage (Bond et al, 2013 ; BSR, 2011).
- Des rapports réalisés par l'industrie : Barilla (Buchner et al., 2012) et le Conseil National de l'Emballage (2011).
- Enfin au niveau national, les rapports préparés par le Ministère de l'Ecologie (2011[4]; 2012[5]), pour le compte du Ministère de l'Agriculture (2011[6]) et dans le cadre des groupes de travail de Pacte national de lutte contre le gaspillage alimentaire (Ministère de l'Agriculture, 2013[7]).

Les statistiques pour la France reposent principalement sur trois sources : (1) l'étude MODECOM publiée par l'ADEME en 2007 sur les déchets ménagers[8] (ADEME, 2009), (2) l'étude sur le bio-déchets publiée dans le cadre du Grenelle de l'Environnement[9] (GIRUS, 2011) et (3) l'étude sur les pertes et gaspillages de la restauration et de la distribution réalisée pour le compte du Ministère de l'Agriculture en 2011[6] (Ministère de l'Agriculture, 2011). Une étude sur la caractérisation du gaspillage alimentaire dans les ordures ménagères a également été réalisée pour l'ONG FNE en 2011[10] (France Nature Environnement, 2011) et un sondage TNS Sofres sur les Français et le gaspillage alimentaire a été publié en avril 2012[11] (TNS Sofrès, 2012).

[4] http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/Rapport%20interm%C3%A9diaire_VF-1.pdf
[5] http://www.developpement-durable.gouv.fr/document136996
[6] http://alimentation.gouv.fr/IMG/pdf/Pertes-gaspillages_RAPPORT270112_cle02c35d.pdf
[7] http://www.croix-rouge.fr/content/download/720010/13928316/version/1/file/Lutte+contre+le+gaspillage+alimentaire+-+rapport+et+preconisations.pdf
[8] http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=62275&ref=23117&p1=B
[9] http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=77702&p1=00&p2=05&ref=17597
[10] http://preventiondechets.fne.asso.fr/documents/gaspillage-alimentaire/ra-sultats-caracta-risations-fne-verdicita-.pdf
[11] http://www.tns-sofres.com/etudes-et-points-de-vue/les-francais-et-le-gaspillage-alimentaire

Malgré des initiatives récentes, notamment la mise en place de groupes de travail au niveau national dans le cadre du « *pacte national de lutte contre le gaspillage alimentaire* » [12] et au niveau européen dans le cadre du « *groupe consultatif de la chaîne alimentaire et de la santé animale et végétale* » [13] ou le lancement en 2012 du projet de recherche FUSIONS[14], il n'y a pas encore d'accord sur la définition des pertes et du gaspillage alimentaire (en anglais « food loss » et « food waste », parfois « food wastage »).

L'absence de consensus sur la définition du gaspillage rend impossible la collecte systématique et homogène de données statistiques en France et en Europe. Les travaux publiés présentent souvent des résultats peu comparables et les données chiffrées utilisées dans la littérature sont basées sur un nombre limité de travaux originaux. Les données quantitatives citées dans ce rapport sont donc à considérer avec précaution, et en toute conscience des imprécisions liées à l'absence de consensus sur la définition du gaspillage alimentaire.

2.1.1. Spécificités relatives aux données sur le gaspillage alimentaire

● Une notion complexe à définir

L'une des complexités de la définition du gaspillage alimentaire réside dans la question du devenir des aliments considérés comme gaspillés ou perdus : un produit alimentaire jeté, mais ensuite revalorisé dans une autre industrie peut-il être considéré comme gaspillé ? Un point de vue consiste à dire que les denrées alimentaires données à des animaux enrichissent indirectement l'alimentation humaine en viande, œuf, lait, poissons, et ne peuvent donc pas être considérées comme gaspillées. Au niveau européen, la DG Agriculture a donné sa définition du gaspillage alimentaire en parlant de *l'ensemble des produits écartés de la chaîne agroalimentaire qui, pour des raisons économiques et esthétiques, ou pour la proximité de l'échéance de consommation, bien qu'encore comestibles et pouvant donc être destinés à la consommation humaine, vont être très certainement éliminés* ***en l'absence d'un usage alternatif possible*** (Fremiot, 2012). En revanche, la FAO considère que *toute nourriture initialement destinée à la consommation humaine et qui sort de la chaîne alimentaire est considérée comme perdue/gaspillée* ***même si elle est ensuite redirigée vers une utilisation non-alimentaire*** *(alimentation animale, bioénergies…)* (Gustavsson et al., 2011). La définition des pertes et gaspillages alimentaires ne prend généralement pas en compte les coproduits issus des industries agroalimentaires, mais certaines données quantifiées les comptabilisent (Redlingshöfer et Soyeux, 2011).

● Distinction entre gaspillage et pertes alimentaires

Un critère fréquemment utilisé pour différencier pertes et gaspillages alimentaires est la place occupée dans la chaîne alimentaire. Comme l'illustre la Figure 1 ci-dessous, les pertes alimentaires surviennent au début de la chaîne (production agricole et transformation par l'industrie agroalimentaire), tandis que le terme de gaspillage alimentaire se rapporte aux produits jetés aux stades de distribution et de consommation : restauration hors foyer (RHF), collective ou commerciale ou consommation domestique par les ménages.

[12] http://alimentation.gouv.fr/pacte-national-lutte-antigaspillage
[13] Le groupe de travail sur le gaspillage alimentaire regroupe une trentaine de représentants de la société civile (agriculture, IAA, distribution et consommateurs) et la Commission Européenne http://ec.europa.eu/dgs/health_consumer/dgs_consultations/docs/summary_08022013_en.pdf
[14] FUSION : 4 millions d'euros, 21 partenaires dont l'INRA et Bio Intelligent Service pour la France, 4 années de travaux à partir de juillet 2012, projet de recherche financé par la DG Recherche et Innovation. - http://www.eu-fusions.org/

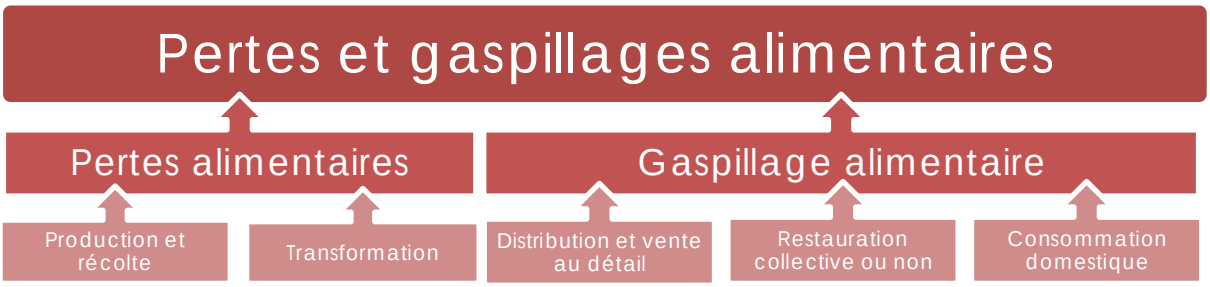


Figure 1 Schéma illustrant les différents maillons de la chaîne alimentaire contribuant aux pertes et gaspillages alimentaires (Source : Every crumb counts - HTTP://EVERYCRUMBCOUNTS.EU/)

Pour la FAO, les pertes signifient « une modification de la disponibilité, de la comestibilité ou de la qualité d'un aliment qui *le rend* impropre à la consommation », alors que le gaspillage s'applique à des produits jetés « délibérément » alors que « leur état initial » leur permettait d'être consommés (Redlingshöfer et Soyeux, 2011). Les pertes seraient principalement localisées dans les pays du Sud, alors que le gaspillage est caractéristique des pays développés du Nord (Buchner et al., 2012 ; Gustavsson et al., 2011; Redlingshöfer et Soyeux, 2011). Ainsi, d'après les données de la FAO de 2009, les pertes (exprimées en Kcal) représenteraient 40% de la totalité des pertes et gaspillages en Europe contre 83% en Afrique (Lipinski et al., 2013). Il est important de souligner que le gaspillage en fin de chaîne (distribution et consommation finale) représenteraient un coût économique et environnemental plus important que les pertes en début de chaîne (production agricole et transformation) (Bond et al., 2013).

- **Distinction entre le caratère évitable et inévitable**

De nombreuses études (Beretta et al., 2012 ; Bridgwater et Quested, 2011; Hafner et al., 2012; Ministère de l'écologie, 2012; Parfitt et al., 2010; Quested et Johnson, 2009; Questet et Parry, 2011; Venture, 2008) différencient le gaspillage en fonction du caractère évitable. Trois catégories sont utilisées: le gaspillage évitable, potentiellement inévitable et inévitable.

Une définition pour chaque catégorie a été donnée par le WRAP au niveau du gaspillage par les ménages (Quested et Johnson, 2009).

- Le **gaspillage évitable** : denrées alimentaires qui étaient consommables à un moment donné mais qui ont été jetées. Ce sont donc les produits entamés, périmés ou encore les restes cuisinés non consommés.
- Le **gaspillage potentiellement évitable** : les denrées que certaines personnes mangent et d'autres non, comme la croûte de pain, les peaux de fruits et légumes, les fanes de radis etc. mais qui pourraient être consommées si la nourriture était préparée de façon différente.
- Le **gaspillage inévitable** : les denrées issues de la préparation de la nourriture qui ne sont pas consommables dans des circonstances normales : os, coquilles d'œufs, écorce d'ananas, etc.

Cette définition est reprise dans de nombreuses publications, notamment dans le « *Rapport intermédiaire de l'étude relative au gaspillage alimentaire* » (Ministère de l'écologie, 2011) ou dans l'étude de l'Université de Stugart financée par le Ministère de l'agriculture Allemand

« *Determination of discarded food and proposals for a minimization of food wastage in Germany* » (Hafner et al., 2012). Une étude récente sur la quantification du gaspillage en Suisse, étend ces définitions à l'ensemble des maillons de la chaîne alimentaire en proposant une liste des causes pour chaque catégorie (Beretta et al., 2012). Le groupe de travail « Définition et évaluation du gaspillage alimentaire » du Pacte National de lutte contre le gaspillage alimentaire (Ministère de l'Agriculture, 2013) a proposé un périmètre qui tient compte à la fois du caractère évitable ou inévitable et de la place occupée dans la chaîne alimentaire (cf figure 2). Les définitions proposées par ce groupe de travail sont présentées ci-dessous.

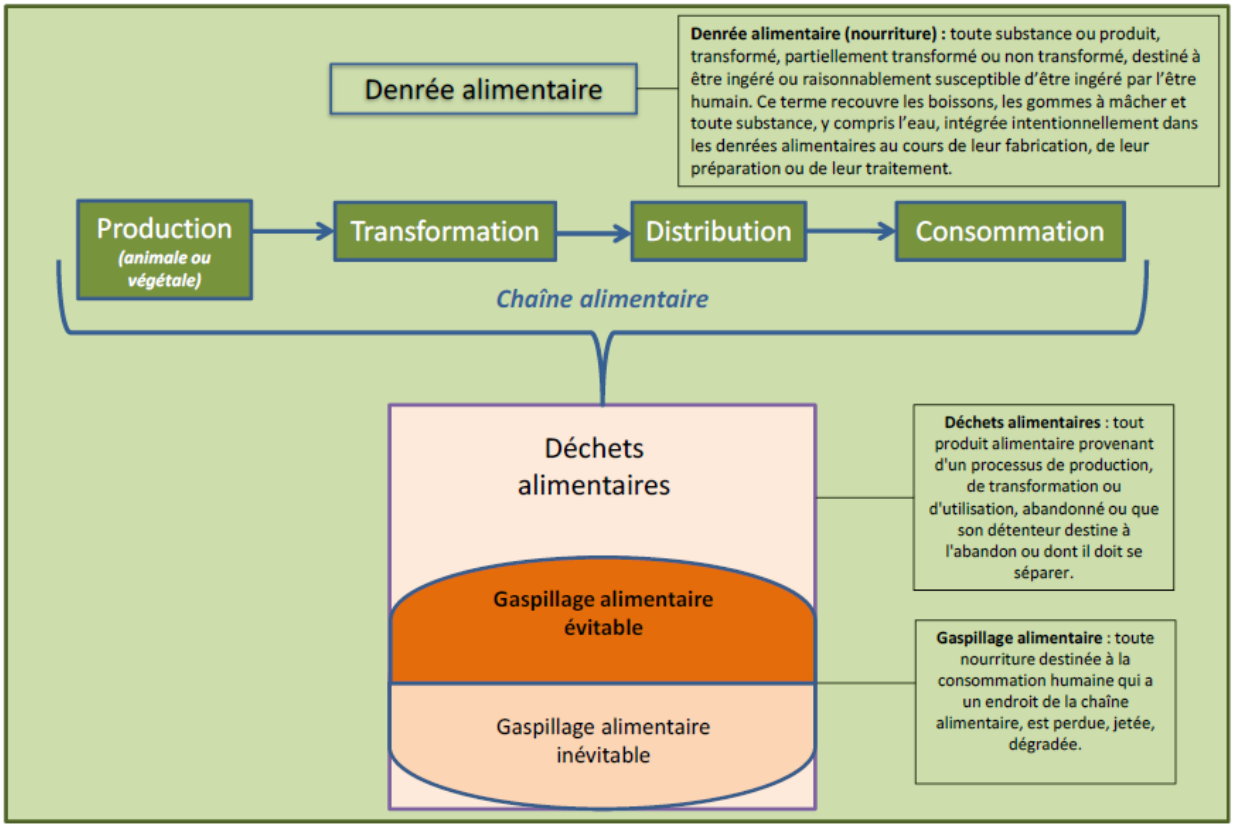


Figure 2 Définitions proposées par le groupe de travail « Définition et évaluation du gaspillage alimentaire » du Pacte National de lutte contre le gaspillage alimentaire (Mai 2013)

Tableau 1 Périmètre du gaspillage alimentaire en fonction des acteurs concernés et du caractère évitable du gaspillage, préparé par le groupe de travail « Définition et évaluation du gaspillage alimentaire » du Pacte National de lutte contre le gaspillage aliment

SECTEURS CONCERNES	Périmètre du gaspillage alimentaire		
	Evitable		Inévitable
	Evitable	Potentiellement évitable	
Producteurs - agriculteurs - coopératives	**Mauvaise planification, mauvaise gestion & erreurs humaines…**	- Retrait et écarts de tri - Produits **non récoltés ou non livrés** - Pertes dues aux dégâts mécaniques et/ou rejets durant les opérations de récolte - Rejets de poissons (poissons morts, mourants ou gravement détériorés) liés aux méthodes de pêche industrielles	Pour le responsable du site de production : - **mauvaises conditions climatique**s, - **maladies** dans un élevage, mastites pour les vaches laitières…
Distributeurs	**Opérations après récolte et stockage : pertes dues aux rejets et détériorations durant les opérations de manipulation, stockage, transport entre lieux d'exploitation agricole et lieux de distribution** - Palettes entières **refusées car produits du bas abîmés** (emballages trop fins, superposition des produits peu raisonnables) - Camions entiers **refusés car retard** (aléa du trafic)		- **Pannes d'électricité** pour les frigos et congélateurs - les produits à **DLC dépassée**, si elle ne résulte pas d'une mauvaise gestion ou les fruits et légumes vendus en lot en vrac si plus de 10% des produits ne correspondent pas aux spécifications de qualité prévues
Industriels	**Pertes dues aux rejets et détériorations durant les opérations de transformations industrielles : lavage, épluchage, découpage, cuisson, mise en conserve mais aussi rejets dues aux pannes de machines** - Pertes alimentaires causées par les machines de transformations non optimales - Palettes entières refusées car matière première trop abîmée		Pannes techniques des machines de transformations
Marchés de gros	- Palettes entières refusées car produits du bas abîmés (emballages trop fins, superposition des produits peu raisonnables)		
Consommateurs	**- DLUO et DLC dépassées** car mauvaise gestion du frigo et des stocks de nourriture **- Produits décongelés** ne pouvant être consommés..	- Comportements variables en fonction des **cultures/aspirations/traditions mais aussi habitudes de consommation** - Aliments ou restes qui auraient pu être **congelés** en cas de non consommation	
Restauration (collective et traditionnelle)	- Gaspillage dû à des **erreurs de prévision** de fréquentation du restaurant évitables (par une meilleure information) - Gaspillage de denrées en stock du fait d'une **gestion des stocks non optimale** - Denrées **choisies et non consommées par le convive** ("les yeux plus gros que le ventre") - Gaspillage dû à l'**obligation** contractuelle éventuelle de **présenter 100% de la variété de l'offre du début à la fin du service** - Portions servies **trop généreusement** par rapport à l'appétit du convive		- Gaspillage dû à des **erreurs de prévision de fréquentation inévitables** - Gaspillage lié aux **denrées invendues en fins de service** qui ne peuvent être réemployées du fait de **la règlementation hygiène**
Associations	**- Mauvaise gestion des stocks (PPPS non respecté, sur-stockage)** **- Mauvaises conditions de transport, de manipulation et de stockage** **-Mauvaise maintenance du matériel de froid** **- Produits attaqués par rongeurs ou insectes**	- Produits reçus déjà **trop abîmés ou dégradés par les différentes étapes de la chaîne** - **DLC dépassée** car reçue à J-1 seulement - **DLUO dépassée mais refusée** par les bénéficiaires-démunis de l'aide alimentaire - **Panne** fortuite de chambre froide	- **Produits interdits à la ramasse** au regard du **GBPH** (Guide officiel des Bonnes Pratiques d'Hygiène de l'aide alimentaire) - **DLC dépassée** si elle ne résulte pas d'une mauvaise gestion des stocks des associations - **Produits non consommables** reçus de la ramasse en GMS - **Retrait & Rappel sanitaires**

2.1.2. Quantification des pertes et du gaspillage alimentaire

Cette section présente une revue des données relatives à la quantification des pertes et du gaspillage alimentaire. Comme indiqué en introduction du point 3.1, il est difficile d'obtenir des données comparables car toutes les études ne reposent pas sur les mêmes définitions et couvrent souvent des périmètres différents. Il est également difficile d'obtenir des données fiables pour des raisons méthodologiques, par exemple pour mesurer les quantités de produits gaspillés au niveau des ménages : la plupart des études effectuées reposent surtout sur des enquêtes déclaratives, biaisées par le caractère péjoratif et culpabilisant du gaspillage alimentaire (TNS Sofrès, 2012). Des études sur des foyers-témoins ont déjà été effectuées, mais les résultats obtenus pour ces derniers étaient bien inférieurs aux moyennes nationales calculées par ailleurs (Fremiot A., 2012). Le nombre relativement faible d'études originales entraîne des biais importants dans les publications : par exemple la quantification du gaspillage par les ménages en Suisse réalisée par Beretta et al. (2012) repose sur les pourcentages d'aliments gaspillés identifiés au Royaume Uni (Quested et Johnson, 2009).

Les données sont présentées pour l'Europe et pour la France en trois parties : (1) pertes et gaspillage total, (2) pertes et gaspillage aux différents maillons de la chaîne alimentaire et (3) pertes et gaspillage par produit alimentaire. Les données sont principalement exprimées en quantité (en kg par habitant et par an).

- **Pertes et gaspillage alimentaire total**

Selon le rapport de la FAO « Global food losses and food waste » publié en 2011, un tiers des aliments produits dans le monde serait perdu ou gaspillé, pour un total de 1,3 milliards de tonnes par an. Dans les pays d'Europe et d'Amérique du Nord les pertes et le gaspillage seraient estimées entre 280 et 300 kg par habitant et par an (Gustavsson et al., 2011). Ces estimations sont réalisées principalement à partir des bilans d'approvisionnement de la FAO et couvrent l'ensemble de la chaîne alimentaire, y compris la production agricole.

Selon le rapport de Bio Intelligence Services préparé pour le compte de la Commission européenne en 2010, les pertes et gaspillages au sein de l'UE-27 s'élèveraient à environ 89 million de tonnes en 2006, soit 179 kg par an et par habitant (Monier et al., 2010). Ces estimations
sont réalisées à partir des quantités de déchets par secteur publiées par EUROSTAT et ne couvrent pas la production agricole.

En utilisant les sources Eurostat, Buchner et al. (2012) estime le total pour la France à 144 kg/an/habitant. Comme pour l'étude de Monier et al. (2010), ces données ne couvrent pas la production primaire.

Ces données peuvent être comparées avec les résultats de travaux réalisés récemment dans d'autres pays Européens :

- En Suisse, Beretta et al. ont estimé un total de 299 kg/habitant/an à partir d'une analyse détaillée des flux en masse et en énergie des principaux produits consommés au niveau national (Beretta et al., 2012). Ces chiffres sont comparables aux résultats de l'étude FAO, ils couvrent l'ensemble de la chaîne alimentaire.
- En Allemagne, Kranert et al. (2012). ont estimé les pertes et gaspillages à 11 million de tonnes soit pour une population de 81,75 millions d'habitants un total de 135 kg/habitant/an. Ces données ne prennent pas en compte la production agricole.

● Pertes et gaspillage aux différents maillons de la chaîne alimentaire

La plupart des rapports identifiés excluent les pertes au niveau de la production primaire (production agricole et transport) et analysent le gaspillage aux niveaux de (1) la transformation par les industries de l'agroalimentaire (IAA), (2) la distribution, (3) la restauration et (4) la consommation par les ménages. Les données les plus pertinentes sont compilées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2 Quantification des pertes et du gaspillage aux différents maillons de la chaîne alimentaire (Source : Ministère de l'Ecologie 2011 pour la France, le Royaume Uni et la moyenne UE, Kranert et al., 2012 pour l'Allemagne, (*hors coproduits et boues, **hors boissons et compost)

	France			Grande Bretagne			Allemagne			Moyenne européenne	
	kT	%	kg/hab.	kT	%	kg/hab.	Kt	%	kg/hab.	%	kg/hab.
IAA	150*	2	8,5	2 591	18	41,8	1 850	17	22,6	39	70
Distribution	750	10,5	12,5	366	3	5,9	550	5	6,7	5	9
Restauration	1 080	15	18	3 000	21	48,4	1 900	17	23,2	14	25
Marchés	400	6	6,7	-	-	-	-	-	-	-	-
Ménages	4 740	67	79	8 300**	58	133,9	6 670	61	81,6	42	75
Total	7 120	100	118,7	14 257	100	230	10 970	100	134,2	100	179

Malgré les écarts observés entre les sources, le tableau ci-dessus permet de classer les différents maillons par ordre d'importance. Le premier poste serait la consommation finale qui comprend la restauration et la consommation par les ménages. Le gaspillage au niveau des ménages arriverait en première position avec plus de la moitié du gaspillage total (58% au Royaume Uni, 61% en Allemagne, 67% en France et 75% pour l'UE), suivi par la restauration (21% pour le Royaume Uni, 17% pour l'Allemagne, 15% pour la France, 14% pour l'UE). Les chiffres pour les pertes au niveau de l'industrie ne sont pas comparables du fait de l'utilisation de définitions différentes entre les études (la source française ne comptabilise pas les coproduits pour l'industrie agro-alimentaire). Les quantités gaspillées au niveau de la distribution oscilleraient entre 6 et 12 kg/an/habitant selon les sources (entre 3 et 10% du gaspillage total). Pour la France, le gaspillage indiqué au niveau des marchés pourraient être ajoutés au poste « distribution ».

Gaspillage au niveau de la distribution et de la restauration

Pour la France, les données sont principalement issues du rapport « *Pertes et gaspillage alimentaire. Marges de manœuvre et verrous au stade de la remise directe au consommateur (distribution et restauration) et en restauration collective* » préparé pour le compte du Ministère de l'agriculture en 2011 (Ministère de l'Agriculture, 2011). Les résultats (en g/personne/repas pour la restauration et en tonne/établissement/an pour la distribution) sont résumés dans la figure présentée ci-dessous. Pour la restauration, le gaspillage moyen est estimé à 167g/personne/repas pour la restauration collective et à 211g/personne/repas pour la restauration commerciale. Pour la distribution, le gaspillage moyen est estimé à 197t/établissement/an pour les supermarchés et hypermarché (plus de 400m^2) et à 1,6t/établissement/an pour les épiceries.

	Catégorie		Pertes et gaspillages alimentaires moyens	Denrées les plus souvent perdues ou gaspillées	Causes potentielles en amont	Causes potentielles en service
Métiers de la restauration	Restauration collective : 167 g/personne/repas	Milieu scolaire	**147 g** Primaire : 120 g Secondaire : 185 g Supérieur : 135 g	Potentiellement évitables (par ordre d'importance) : Pain, trop cuisiné, restes non-servis, accompagnement du plat principal (restauration collective scolaire). Inévitables : Produits bruts de 1ère gamme (produits frais en l'état)	Surévaluation des quantités à préparer. Pratiques professionnelles en cuisine. Grande variété de profils nutritionnels (27-30). La présentation augmente le volume des restes non servis.	La fluctuation d'effectifs Quantités servies trop grandes. Qualité gustative. Le temps pour déjeuner. La valeur accordée à la nourriture. Des préférences culturelles ou personnelles. Temps pour se restaurer interrompus. La qualité gustative du plat. Température. Les difficultés physiques de se nourrir. Les portions mal adaptés. L'anorexie secondaire. Des préférences culturelles ou personnelles. Impossibilité de ré usage de produits ultrafrais ayant subi une rupture de chaleur.
		Établissements médico-sociaux et de santé	**264 g** Hôpital court séjour : 362 g Hôpital long séjour / maison de retraite : 166 g			
		Entreprises	**125 g**		Non renseigné (NR)	NR
	Restauration commerciale : 211 g/personne/repas	Restauration traditionnelle	**230 g**		Difficulté dans la commande (juste le nécessaire) Gestion de stocks Aux minimas de commandes imposées pour certains fournisseurs. Produits brut et frais travaillés, standards de qualité imposés par le restaurant. Règles de sécurité sanitaires.	Difficulté à prévoir le nombre de couverts. Quantités servies trop grandes.
		Restauration gastronomique	**229 g**		NR	NR
		Restauration rapide	**175 g**		NR	NR
Métiers de la distribution	Grande distribution 197 t/établissement/an	de 50 à 199 salariés	139 t/établissement/an	Potentiellement évitables (par ordre d'importance) : Produits des rayons suivant : boucherie, fruit et légumes, traiteur, boulangerie-pâtisserie, poissonnerie, charcuterie	Dans l'approvisionnement : mauvais équilibre entre stock et demande et l'intention de proposer un choix très large. Facteurs d'influence : les clauses de la reprise des invendus. Standards de marketing.	En magasin : Retrait des produits alimentaires de rayons à DLC J-3 (rotation). Retrait de produits non-conformes commercialement. Le client (fluctuation d'achat, météo...) Manipulations excessives. Le peu de valeur accordée à la nourriture par les clients.
		+ de 200 salariés	507t/établissement/an			
	Métier de bouche/ artisanat alimentaire : 2,6 t/établissement/an	Épicerie	1,6 t/établissement/an		NR	NR
		Boulangerie artisanale	3,6 t/établissement/an		NR	NR

Figure 3 Synthèse des résultats sur le gaspillage au niveau de la distribution et de la restauration d'après l'étude « *Pertes et gaspillage alimentaire. Marges de manœuvre et verrous au stade de la remise directe au consommateur (distribution et restauration) et en restauration collective* » (source Pre-Waste, 2013)

Gaspillage au niveau des ménages

Le gaspillage au niveau des ménages représenterait la source de gaspillage alimentaire la plus importante et fait l'objet d'une grande attention dans les publications sur le gaspillage alimentaire en Europe. Les données mentionnées dans les différents rapports sont reprises ci-dessous.

Selon le rapport de la FAO « Global food losses and food waste » publié en 2011, le gaspillage des consommateurs représenterait 95 à 115 kg par habitant et par an (Gustavsson et al., 2011).

Selon le rapport du Medde de novembre 2012, en France, les déchets alimentaires représenteraient près de 120kg par personne en France, dont 79kg sont produits directement au foyer du consommateur. Sur ces 79kg, 20kg au moins seraient évitables, soit 1,200 millions de tonnes pour le pays (Ministère de l'Agriculture, 2013).

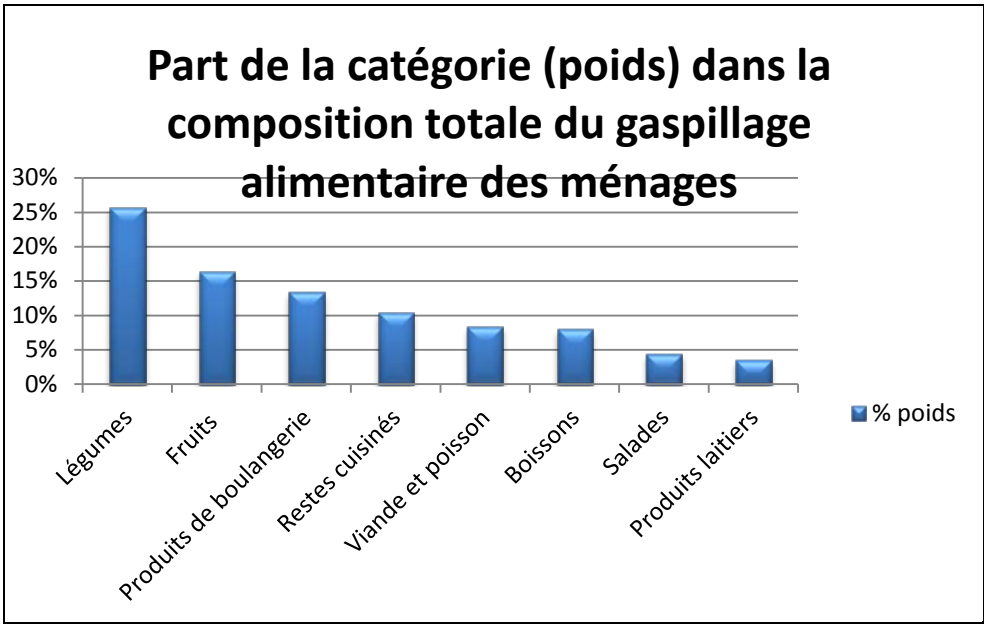
Ces estimations peuvent être comparées aux données identifiées pour d'autres pays européens :

- En Allemagne, Kranert et al. (2012) ont estimé le gaspillage au niveau des ménages à 81,6 kg/habitant/an, (Cofresco, 2011) à 80 kg/habitant/an (sans les boissons).
- Aux Pays-Bas, (van Westerhoven et Steenhuisen, 2010) ont calculé 73 kg/habitant/an.
- Pour le Royaume Uni, (Langley et al., 2010) ont évalué le gaspillage des ménages à 71 kg/habitant/an. Les données estimées par le WRAP sont cependant significativement plus élevées avec une estimation à 330 kg par foyer et par an soit environ 140kg/habitant/an.

● **Pertes et gaspillage par produit alimentaire.**

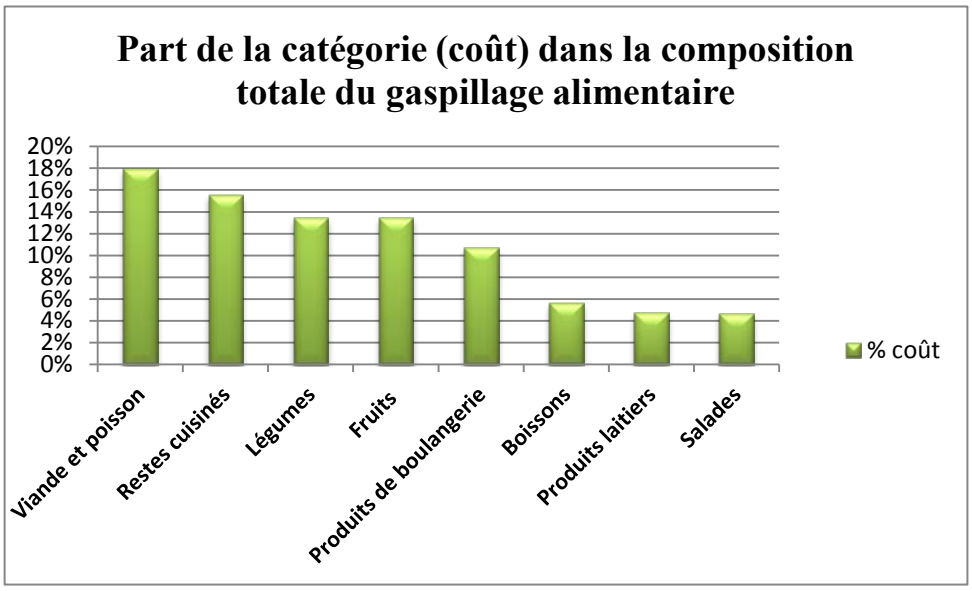
Il existe peu de données sur les pertes et le gaspillage sur l'ensemble de la chaîne par produit alimentaire : la plupart des études portant sur le gaspillage sont réalisées au niveau de la consommation par les ménages.

La campagne britannique « Love Food Hate Waste » qui s'est intéressée à l'existence d'une tendance concernant les denrées alimentaires gaspillées grâce à l'étude des déchets alimentaires présents dans les poubelles britanniques parue en novembre 2009[15], a différencié deux paramètres : quantités et coût du gaspillage en fonction de la nature des aliments jetés. Le graphique ci-dessous, représente la répartition du gaspillage en poids entre les différentes catégories de produits alimentaires alors que la graphique 2 représente la contribution des catégories de produits alimentaires au coût total du gaspillage alimentaire.



Graphique 1 Contribution des catégories de produits alimentaires à la quantité totale du gaspillage des ménages au Royaume Uni (Source : Ventour, 2008)

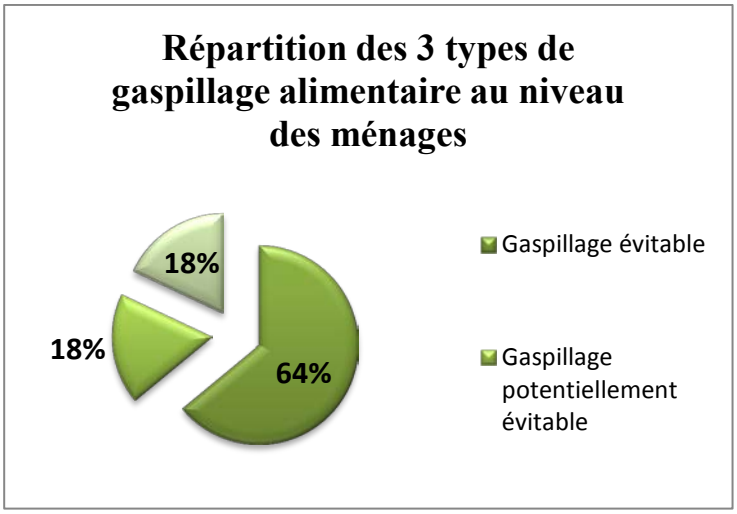
[15] Waste and Resources Action Programme, Campagne Love Food Hate Waste, 2007



Graphique 2 Contribution des catégories de produits alimentaires au coût total du gaspillage des ménages au Royaume Uni (Source : Ventour, 2008)

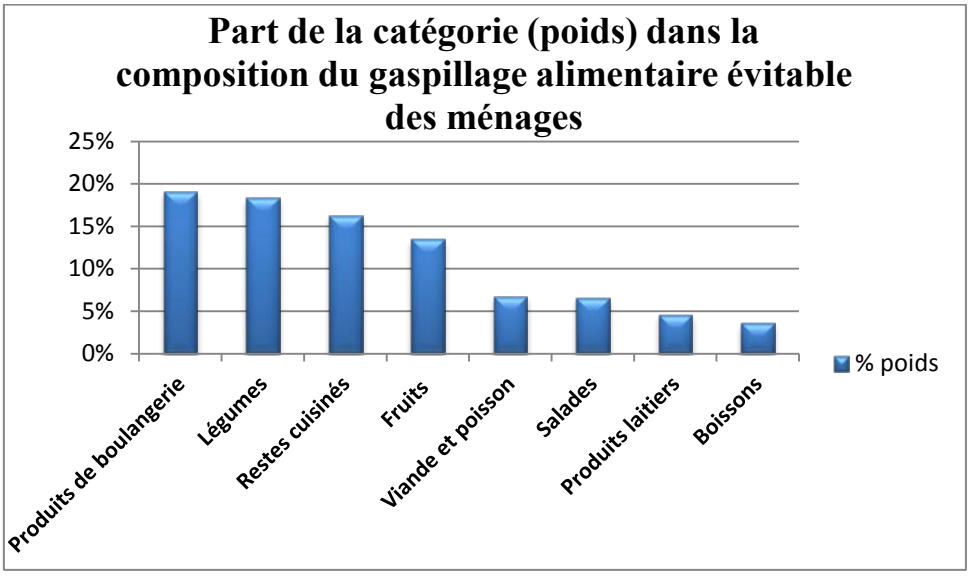
Cette étude mettrait en évidence la prédominance de la catégorie légumes et fruits frais dans le gaspillage alimentaire des ménages en termes de poids et celle de la viande et poisson en termes de coût. Cette classification en termes de poids se retrouve dans d'autres pays comme la Turquie qui consomment beaucoup de fruits et légumes frais (Parfitt et al., 2010), mais dans d'autres pays européens comme les Pays-Bas ou l'Autriche, les produits de boulangerie contribueraient le plus au gaspillage en terme de poids, (Thönissen, 2009). Plusieurs études mentionnent également une variabilité saisonnière des catégories de produits jetés, en relation avec les changements de régime alimentaire en fonction des saisons (Parfitt et al., 2010).

Certaines sources incluent une distinction supplémentaire en fonction de la nature des denrées jetées, qui définit s'il s'agit de gaspillage évitable, potentiellement évitable ou inévitable. Une étude du WRAP (Ventour, 2008) estime ainsi que le gaspillage évitable et potentiellement évitable représentent 82% du gaspillage total, le gaspillage inévitable 18%.

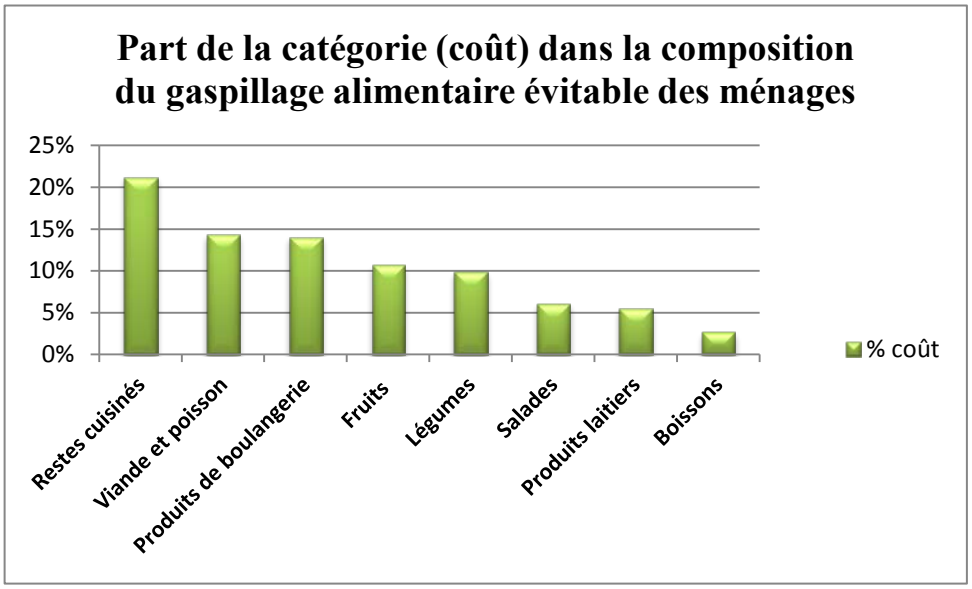


Graphique 3 Répartition des trois types de gaspillage alimentaire identifiés par le WRAP en 2008 (Ventour, 2008) (données pour la Grande-Bretagne)

Même s'il est difficile de définir les causes du gaspillage alimentaire dans les ménages (variabilité infinie de comportements, de propensions à gaspiller, de connaissances culinaires…), le WRAP a identifié deux principales causes de gaspillage évitable dans les ménages britanniques : le fait de cuisiner, préparer ou servir en trop grande quantité (correspondant à 2,2 Mt et 4,8 milliards de livres), et le fait de ne pas manger les denrées à temps (2,9 Mt et 6,7 milliards de livres). Les autres causes du gaspillage évitable représentent 0,2 Mt et 0,7 milliard de livres (Parfitt et al., 2010; Quested et Johnson, 2009). Les graphiques ci-dessous représentent la répartition de ce gaspillage évitable entre les différents groupes d'aliments.



Graphique 4 Contribution des catégories de produits alimentaires au poids du gaspillage évitable (Source : Ventour, 2008)



Graphique 5 Contribution des catégories de produits alimentaires au coût du gaspillage évitable (Source :Ventour, 2008)

L'étude montre dans ce cas que les produits de boulangeries sont les plus grands contributeurs au gaspillage alimentaire évitable en termes de quantité jetée alors que les restes cuisinés (ex : pizzas) constituent le groupe alimentaire contribuant le plus au coût du gaspillage alimentaire évitable.

Les résultats de cette étude WRAP ont été confirmés par une enquête quantitative menée par le FNE et PikPik Environnement en France en 2012 (FNE, 2011). Ainsi, cette enquête conclut que les aliments les plus gaspillés sont les produits frais (77%), suivis par les conserves (10%) puis les produits secs (7%) et finalement les produits surgelés (6%). Une analyse des déchets conduite en 2011 auprès de 17 collectivités par le FNE (figure ci-dessous) a permis d'évaluer la composition du gaspillage des ménages de la façon suivante : restes de repas (24%), fruits et légumes non consommées (24%), produits partiellement ou non consommés encore contenus dans leur emballage (20%), le pain (14%), les produits non consommés non déballés (13%) et enfin les liquides alimentaires (FNE, 2011).

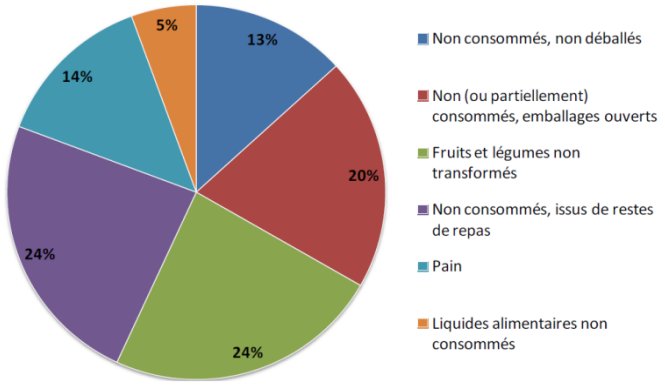


Figure 4 Répartition du gaspillage alimentaire des ménages en France en poids (Source : France Nature Environnement, 2011)

D'autres études s'attachent à estimer la part d'aliment gaspillé pour chaque catégorie d'aliment. Beretta et al. (2012) ont ainsi estimé les pourcentages gaspillés au niveau de la restauration :

Tableau 3 Répartition du gaspillage alimentaire dans la restauration (en % d'aliment jeté dans des cantines suisses) - (Source : Beretta et al., 2012)

Catégories d'aliment	Gaspillage dans la restauration		
	Inévitables (III)	Potentiellement évitables (I-II)	
		Déchets de cuisine	Déchets d'assiette
1. Pommes	7.1%	15.6%	2.5%
2. Autres fruits frais	32.2%	9.5%	2.4%
3. Baies	3.2%	11.7%	0.5%
4. Fruits en conserve	0.0%	6.9%	4.0%
5. Pommes de terre	14.5%	15.1%	1.0%
6. Légumes frais	14.5%	16.5%	3.2%
7. Légumes secs	14.5%	13.4%	3.2%
8. Légumes transformés	0.0%	6.1%	3.2%
9. Pains et pâtisseries	0.0%	16.9%	3.4%
10. Pâtes	0.0%	13.9%	4.7%
11. Riz	0.0%	13.9%	4.8%
12. Maïs	11.3%	12.1%	7.5%
13. Sucre	0.0%	5.2%	8.1%
14. Huile et graisses	1.8%	6.8%	9.9%
Catégories d'aliment	Gaspillage dans la restauration		
	Inévitables (III)	Potentiellement évitables (I-II)	
		Déchets de cuisine	Déchets d'assiette
15. Lait et autres produits laitiers	0.0%	3.9%	1.2%
16. Fromage	4.8%	6.1%	1.2%
17. Beurre	0.0%	3.5%	1.2%
18. Œufs	29.0%	3.9%	3.3%

19. Porc	8.0%	7.3%	3.0%
20. Volaille	40.2%	7.1%	3.0%
21. Bœuf et autres viandes/abats	8.0%	5.1%	4.3%
22. Poisson	13.8%	5.9%	2.6%
1-22 Toutes catégories	**8.1%**	**8.9%**	**2.9%**

Pour les ménages, les données disponibles concernent principalement le Royaume-Uni grâce aux travaux du WRAP. Le tableau ci-dessous reprend les estimations disponibles.

Tableau 4 Répartition du gaspillage alimentaire par les ménages (en % d'aliment jeté) (Source : Beretta et al., 2012)

Catégories d'aliment	Gaspillage chez les ménages			
	Inévitables	Potentiellement évitables	Evitables	Source
Fruits				
1. Pommes	4.4%	12.%	24.0%	Defra
2. Autres fruits frais	20.0%	3.0%	19.0%	Quested
3. Baies	2.0%	3.0%	24.0%	
4. Fruits en conserve	0.0%	0.0%	15.8%	Quested
Légumes				
5. Pommes de terre	9.0%	17.5%	17.4%	Defra
6. Légumes frais	9.0%	17.0%	21.0%	Quested
7. Légumes secs	9.0%	17.0%	14.0%	
8. Légumes transformés	0.0%	0.0%	14.0%	Quested
Céréales				
9. Pains et pâtisseries	0.0%	6.0%	33.0%	Quested, Defra
10. Pâtes	0.0%	3.0%	29.0%	Quested, Defra
11. Riz	0.0%	3.0%	29.0%	Quested, Defra
12. Maïs	7.0%	3.0%	14.0%	
Sucre				
13. Sucre	0.0%	0.0%	12.0%	Quested
Huiles et graisses				
14. Huile et graisses	1.1%	11.9%	3.7%	Quested
Produits laitiers				
15. Lait et autres produits laitiers	0.0%	0.0%	9.0%	Quested, Defra
16. Fromage	3.0%	0.0%	14.0%	Quested, Defra
17. Beurre	0.0%	0.0%	8.0%	Quested, Defra
Œufs				
18. Œufs	18.0%	0.0%	9.0%	Quested, Defra
Viande				
19. Porc	5.0%	3.7%	13.1%	Defra
20. Volaille	25.0%	3.7%	12.8%	Defra
21. Bœuf	5.0%	2.6%	9.1%	Defra
Poisson				
22. Poisson	8.6%	3.0%	10.5%	Defra
1-22 Toutes catégories	3.6%	6.2%	15.6%	

2.1.3. Impacts du gaspillage alimentaire

Le gaspillage alimentaire impacte de manière négative les trois piliers du développement durable. L'exemple des foyers britanniques peut être cité : la nourriture et la boisson gaspillées qui auraient pu être consommées représentent une valeur d'environ 12 milliards d'£, et les gaz à effet de serre émis pour produire, transformer, transporter, stocker, préparer et disposer de cette nourriture sont équivalents à 20 millions de tonnes CO_2 (Chapagain et James, 2011).

● **Impact environnemental**

La production d'aliments qui ne seront pas consommés utilise inutilement des ressources naturelles générant ainsi des gaz à effet de serre, et des déchets (Buchner et al. 2012).
En effet, *« Il faut par exemple 1 000 litres d'eau pour produire 1 kilo de farine et 16 fois plus pour un kilo de viande rouge. On jette une baignoire d'eau virtuelle pour chaque baguette rassise ! »*[16].

Analyse de cycle de vie (ACV), la méthode de référence
Dans le domaine de l'évaluation globale et multicritère des impacts environnementaux, l'outil le plus abouti est l'Analyse du cycle de vie (ACV), qui consiste en une analyse globale des impacts environnementaux dus à un produit tout au long de son cycle de vie, depuis l'extraction des matières premières jusqu'au traitement final des déchets[17].

D'après le référentiel de bonnes pratiques de l'AFNOR concernant l'affichage environnemental[18] des produits de grande consommation (octobre 2012) et élaboré par la plate-forme ADEME / AFNOR (RBPX 30323), les impacts environnementaux considérés comme pertinents pour les produits alimentaires sont les suivants :

- Impact sur le changement climatique ;
- Impact sur l'eau ;
- Impact sur la biodiversité.

Les impacts environnementaux peuvent être générés lors de différentes étapes du cycle de vie des produits telles que la production d'emballage, la fin de vie du produit et de son emballage. La fin de vie du produit inclut dans le cas particulier des produits alimentaires, le gaspillage alimentaire, qui doit être pris en compte et a une importance dans la répartition de l'impact environnemental entre le produit alimentaire lui-même et son emballage. En effet, la thèse de Kaisa Grönman, 'Importance of considering food waste in the development of sustainable food packaging systems' (2013) illustre ce fait et montrerait que le fait de jeter une tranche de jambon augmente plus le potentiel de réchauffement planétaire que produire et recycler l'emballage des 9 tranches de jambon[19].

Cependant, le gaspillage alimentaire n'est pas toujours pris en compte dans les analyses de cycle de vie à cause d'un manque de données. Il serait donc crucial que des valeurs par défaut de gaspillage alimentaire pendant la phase de consommation finale par type de produits alimentaires soient définies[20].

Plus le gaspillage est aval, plus l'impact environnemental est grand
L'impact environnemental d'un produit, pour l'indicateur empreinte carbone par exemple, va varier suivant les étapes de la chaîne alimentaire. La consommation représente l'étape la plus grande contributrice à l'empreinte carbone globale d'un produit alimentaire. Les pertes et gaspillages concernent des produits transformés qui ont un impact plus important que ceux des produits agricoles non transformés (Jan et al., 2013). Cela peut s'expliquer par le fait que l'impact d'une unité de déchet alimentaire augmente tout au long de la chaîne : plus un produit est perdu en aval de la chaîne alimentaire, plus l'impact par kg est élevé. Il convient de souligner que lorsque le gaspillage alimentaire survient à un stade donné de la chaine, l'empreinte carbone associée provient

[16] http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/_Analyse_5_La_lutte_contre_le_gaspillage.pdf
[17] http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=12908
[18] http://affichage-environnemental.afnor.org/
[19] http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/94028/isbn9789522655356.pdf?sequence=2
[20] Envifood protocol 2013 (version 1.0 – November 2013)

de 1) les impacts de la phase elle-même, 2) les impacts associés à la fin de vie des déchets et 3) les impacts des phases précédentes, le cas échéant (Jan et al., 2013).

Le type de produit alimentaire ainsi que les quantités jetées impactent l'empreinte carbone. Ainsi les produits importants contributeurs au gaspillage en volume ne sont pas forcément les produits avec l'empreinte carbone la plus élevée. Par exemple, les fruits et légumes sont la catégorie de produits qui contribue le plus largement au gaspillage alimentaire en volume et ce à hauteur de 43% alors que leur contribution à l'empreinte carbone totale du gaspillage alimentaire est significativement inférieure (Buchner et al., 2012).

La figure ci-dessous montre que les principaux contributeurs à l'empreinte carbone du gaspillage alimentaire sont les céréales (34% du total), la viande (21%) et les légumes (21%). Les produits d'origine animale représentent environ 33% de l'empreinte carbone totale, alors que leur contribution au volume de gaspillage alimentaire est d'environ 15%.

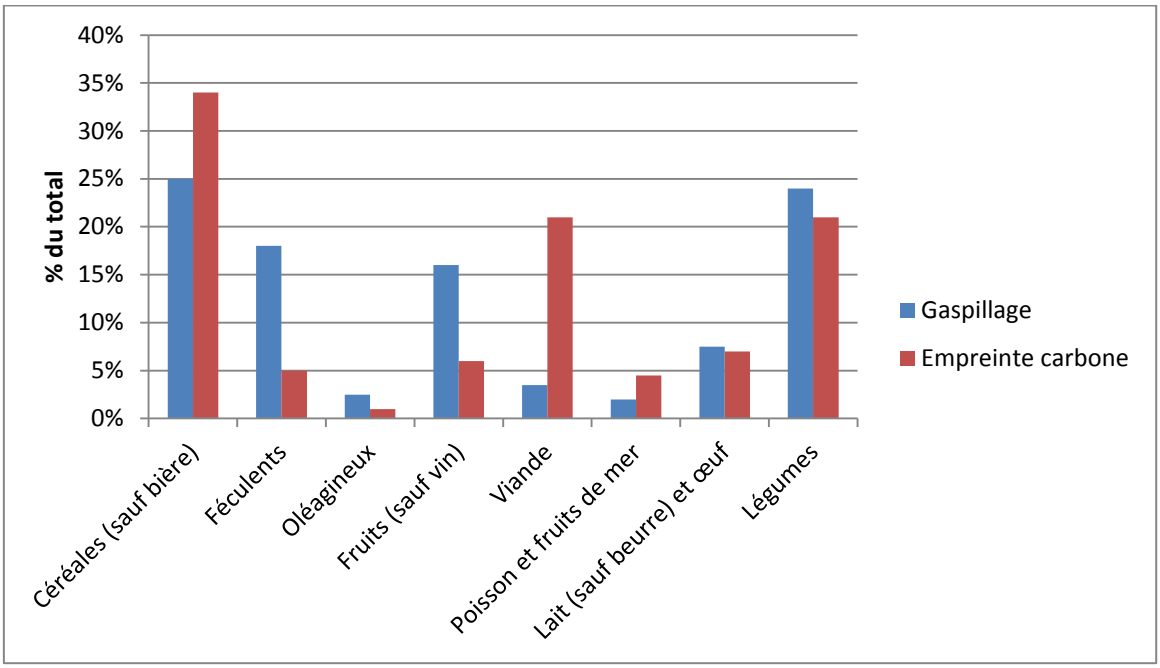


Figure 5 Contribution de chaque catégorie d'aliment au gaspillage alimentaire et à l'empreinte carbone (Buchner et al. 2013)

En 2011, Escaler montre que les plus importants contributeurs aux émissions de carbone évitables sont des déchets de lait, des déchets de café et de produits issus du blé tel que le pain (Escaler & Teng, 2011)[21].

- **Impact économique**

L'évaluation de l'impact économique des déchets alimentaires peut-être abordé de deux principales façons : soit en se référant au **coût de production** soit au **prix du marché des biens** (Buchner et al., 2012).

[21] Escaler, Margarita et Paul Teng, 2011, '"Mind the Gap": Reducing Waste and Losses in the Food Supply Chain', NTS Insight, June, Singapore: RSIS Centre for NonTraditional Security (NTS) Studies

Dans le premier cas, la valeur d'un bien est proportionnelle aux ressources qui sont nécessaires pour le produire. Par conséquent, l'impact économique peut être estimé comme la "valeur perdue par les déchets", en utilisant un critère de calcul comprenant aux coûts d'obtention des produits individuels.

Dans le second cas, la valeur d'un bien ne dépend pas du coût de production, mais de son utilité, représentée par le prix du marché. Par conséquent, l'impact économique des déchets pourrait être estimé en utilisant " le prix des produits individuels "en tant que critère de calcul.
Une évaluation fondée sur la théorie de l'économie du bien-être[22], économie s'intéressant à la définition et à la mesure du bien-être social, qui estime le gaspillage alimentaire comme « l'impact sur l'utilité de toute la société » peut également être considérée. Par conséquent, le prix du marché doit être inclus dans le calcul ainsi que les externalités négatives produites, résumant ainsi l'estimation de la volonté d'une société à payer le prix de l'impact sur l'environnement. Dans le même sens et pour aller plus loin, l'impact économique peut être évalué en calculant le coût de l'opportunité de la surface agricole utilisée pour produire des produits jetés (Buchner et al., 2012).

Les **conséquences économiques** du gaspillage alimentaire sont estimées au niveau du ménage au Royaume-Uni à environ £480 (Quested et Johnson, 2009). Plus généralement au niveau mondial, le coût économique - sur la base des prix à la production 2009 – correspondant au total des pertes et gaspillage alimentaires en 2007 est d'environ 750 milliards de dollars (Jan et al., 2013). En Grande-Bretagne, les estimations montrent également que 30-40% de la production annuelle de nourriture qui est gaspillée a une valeur économique estimée équivalente à environ 18 milliards € (Buchner et al., 2012).

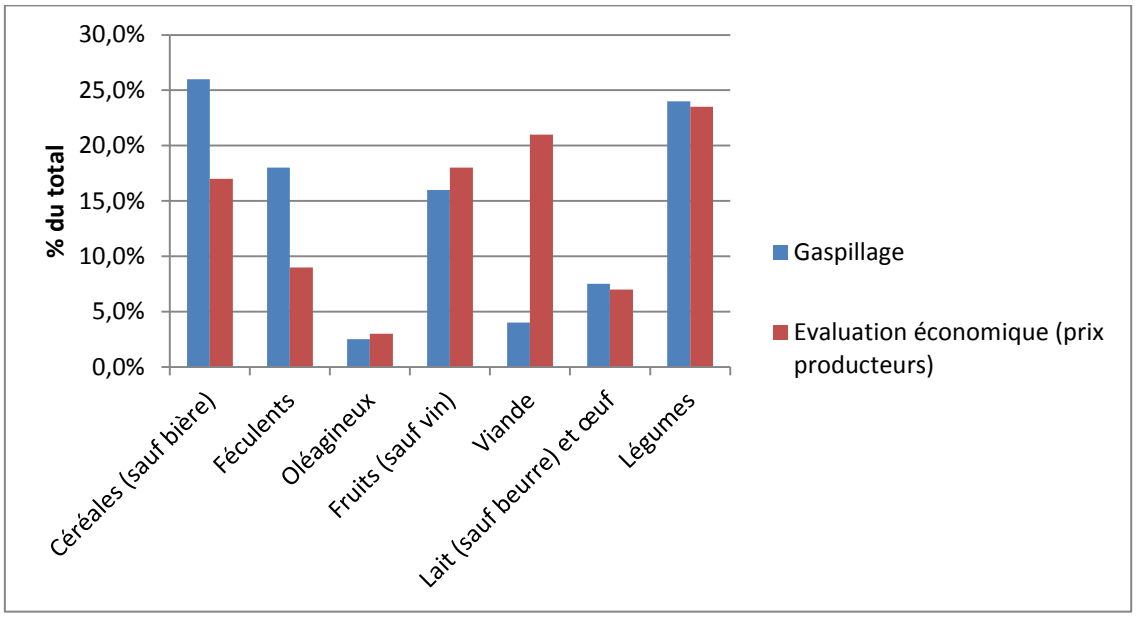


Figure 6 Contribution de chaque catégorie au gaspillage alimentaire et au coût économique (Jan et al., 2013)

Les principaux contributeurs au coût économique du gaspillage alimentaire total (Figure 6 Contribution de chaque catégorie au gaspillage alimentaire et au coût économique) sont les légumes (23% du coût total), la viande (21%), les fruits (19%) et les céréales (18%).

En ce qui concerne la viande, cette contribution au coût total du gaspillage alimentaire s'explique par un coût de production élevé par kg de viande. En effet la viande représente environ 4% du

[22] http://hbr.org/2012/01/the-economics-of-well-being/ar/1

gaspillage alimentaire total mais compte pour environ 20% du total des coûts économiques de ce gaspillage. Pour les céréales, d'autre part, la contribution au coût total est principalement expliquée par des volumes élevés de gaspillage alimentaire. Les fruits et légumes contribuent de manière assez égale au gaspillage en termes de coût et de volume (Jan et al., 2013).

- **Impact social**

Il est estimé qu'à l'échelle de la planète, un tiers des aliments produits pour la consommation humaine est perdu ou gaspillé soit environ 1,3 milliard de tonnes de denrées alimentaires par an. Près de 50 % d'aliments sains sont gaspillés chaque année dans l'Union européenne, par les ménages, les supermarchés, les restaurants et la chaîne alimentaire, alors que 79 millions de citoyens vivent en-dessous du seuil de pauvreté et que 16 millions dépendent de l'aide alimentaire ou d'œuvres de charité (Gustavsson et al., 2011).

L'impact social des déchets alimentaires peut en partie être abordé en utilisant les concepts de la sécurité alimentaire et de l'accès à la nourriture (Buchner et al., 2012).

- La **sécurité alimentaire** existe lorsque tous les êtres humains ont, à tout moment, la possibilité physique, sociale et économique de se procurer une nourriture suffisante, saine et nutritive leur permettant de satisfaire leurs besoins et préférences alimentaires pour mener une vie saine et active[23].

- Dès sa constitution, l'ONU a identifié **l'accès à une nourriture** suffisante à la fois comme un droit de l'individu et une responsabilité collective. La Déclaration universelle des droits de l'homme (1948) proclamait que, "Toute personne a droit à un niveau de vie suffisant pour assurer sa santé, son bien-être et ceux de sa famille, notamment pour l'alimentation…". Près de 20 ans plus tard, le Pacte international relatif aux droits économiques, sociaux et culturels (1966) approfondissait ces concepts, en soulignant "le droit de toute personne à … une nourriture adéquate" et en précisant "le droit fondamental de chaque être humain à être libéré de la faim"[24].

- Le 19 janvier 2012, le Parlement européen fait entrer le gaspillage alimentaire dans les priorités européennes en adoptant la résolution «Éviter le gaspillage des denrées alimentaires: stratégies pour une chaîne alimentaire plus efficace dans l'Union européenne».

La réduction du gaspillage couplée au développement d'initiatives de distribution alternative (ex. : banques alimentaires) permettrait d'assurer la sécurité alimentaire d'une population en forte croissance d'ici 2050, tout en minimisant l'impact sur la production agricole et sur l'environnement et en limitant les coûts.

2.1.4. Etat des lieux des initiatives publiques existantes

Au niveau mondial, les préoccupations relatives aux pertes et gaspillage alimentaires ne sont pas récentes. Suite à la Conférence mondiale de l'Alimentation organisée en 1974, la FAO lance son premier programme de lutte contre les pertes alimentaires dans les pays du Sud, baptisé *Prevention of Food Losses*, qui a pour but principal d'assurer une plus grande sécurité alimentaire dans un

[23] http://www.fao.org/cfs/fr/
[24] http://www.fao.org/focus/f/rightfood/right1.htm

contexte où les crises alimentaires se multiplient et se médiatisent (famine d'Ethiopie de 1984..). C'est à cette époque que naissent également les nombreuses associations de lutte contre la faim dans le monde (Action contre la Faim en France). Si les sociétés occidentales sont sensibilisées dès les années 80 aux problématiques des pertes alimentaires dans les pays du Sud, il faudra attendre la fin des années 90 et les années 2000 pour voir apparaître les premiers rapports et initiatives contre le gaspillage alimentaire dans les pays du Nord. Ainsi, le rapport publié par la FAO en 2011 intitulé « *Global food losses and food waste Extent, Causes and Prevention* » (Gustavsson et al., 2011) est particulièrement médiatisé et constitue l'élément déclencheur de nombreuses initiatives de lutte.

Relayant cette prise de conscience mondiale au niveau européen, le Parlement Européen a émis le 19 Janvier 2012 une résolution (Parlement Européen, 2012) sur le thème « Éviter le gaspillage des denrées alimentaires: stratégies pour une chaîne alimentaire plus efficace dans l'Union européenne ». Cette résolution fixe pour l'Union Européenne l'objectif de diminuer de moitié ses quantités gaspillées d'ici 2025, et presse le Conseil et la Commission européenne de déclarer l'année 2014 « Année de Lutte contre le gaspillage alimentaire ».

Comme toute résolution adoptée au niveau européen, celle-ci est relayée par les gouvernements des Etats Membres. La France étant un acteur majeur dans le paysage agricole et agroalimentaire européen, il paraît indispensable d'y mettre en œuvre de véritables actions pour diminuer le gaspillage alimentaire à tous les échelons. Ainsi, la France s'est fixé des objectifs plus sévères que ceux exigés par l'Union Européenne : le Ministère de l'Agriculture déclare en 2013 vouloir diminuer le gaspillage alimentaire français de moitié d'ici *2025* (Laisney et al., 2013). Afin d'atteindre cet objectif, un Pacte national de lutte contre le gaspillage alimentaire est donc signé par les acteurs de la filière agroalimentaire, du champ à l'assiette (Ministère de l'Agriculture, 2013).

Ce pacte est complété aux niveaux national, européen et mondial par de nombreuses autres initiatives qui peuvent être regroupées comme suit, en fonction de leur objectif principal :

- Initiatives de lutte contre les pertes au niveau de la production agricole, avant la transformation ;
- Initiatives visant à quantifier précisément le gaspillage alimentaire ;
- Initiatives reposant sur la communication et la collaboration entre des acteurs transversaux ;
- Initiatives de recyclage/réutilisation/redistribution ;
- Initiatives de sensibilisation.

● Initiatives de lutte contre les pertes au niveau de la production agricole

Dans les pays industrialisés, les pertes aux stades précoces de la chaîne alimentaire ne représentent plus qu'une petite part dans les pertes et gaspillages totaux (Gustavsson et al., 2011 ; Buchner et al., 2012 ; Redlingshöfer et Soyeux, 2011). Les initiatives récentes de lutte contre les pertes au niveau de la production, du stockage et du transport ont donc été pour la plupart mises en place dans les pays en développement. Certaines ciblent les pertes ayant lieu lors du stockage. Ces initiatives ont un double avantage : elles permettent de réduire les pertes agricoles, et constituent un avantage économique pour les agriculteurs qui peuvent mieux s'adapter à la fluctuation des prix des matières premières.

● Initiatives visant à quantifier le gaspillage alimentaire

L'obtention de données chiffrées concernant le gaspillage alimentaire est difficile et complexe. Certains projets ont donc été mis en place afin d'obtenir des données précises aidant à cibler ensuite

les actions. C'est le cas de l'Opération « **Famille Témoins** » [25] mise en place dans le Pas-de-Calais par le Symevad (Syndicat Mixte d'Elimination et de Valorisation des Déchets) qui implique 24 famille témoins mettant en œuvre des actions anti-gaspillages pendant 4 mois, et pesant précisément leurs déchets, par types de produits, avant et après avoir mis en place ces actions.

Au Royaume-Uni, une étude quantitative dont le but était la mesure des déchets dans plus de 9000 foyers témoins a été menée par le **Waste and Resources Action Programme** (WRAP) en 2009. (Quested et al.,2009). L'étude a permis de mettre en place des initiatives ciblées de diminution du gaspillage.

- **Initiatives reposant sur la communication et la collaboration entre des acteurs transversaux**

En France, le **Pacte National** de Lutte contre le Gaspillage Alimentaire (Ministère de l'Agriculture, 2013) se divise en plusieurs chartes signées par les différents acteurs de la chaîne alimentaire. Il en est ainsi pour les traiteurs et restaurateurs.

Au niveau européen, le projet européen **FUSIONS**[26] lancé en août 2012 dans le cadre du 7ème Programme Cadre rassemble de nombreux acteurs de la recherche, de l'industrie et de l'innovation et doit collecter des données, les harmoniser et proposer des lignes directrices pour une politique commune de réduction du gaspillage alimentaire. Un autre projet européen, **GreenCook**[27], réunit depuis 2010 une douzaine d'associations, des collectivités et entreprises de cinq pays d'Europe du Nord-Ouest (Allemagne, Belgique, France, Pays-Bas, Royaume-Uni), qui mettent en commun leurs expériences et compétences pour lutter contre le gaspillage alimentaire.

Les initiatives **ForWard**[28], et **EveryCrumbCounts**[29] rassemblent elles des acteurs européens des Industries Agro-Alimentaires. EveryCrumbCounts repose sur une charte dont les signataires s'engagent à mettre en place un certain nombre d'actions anti-gaspillage. Le projet ForWard développe un guide pratique en ligne à destination des industries agroalimentaires pour mettre en place une politique de réduction adaptée à leur nature et leurs besoins.

Au niveau mondial, le projet **Save Food !** [30]vise à mutualiser les compétences des industries agro-alimentaires en R&D et les organismes de recherche pour mettre en place une politique globale de réduction du gaspillage alimentaire.

- **Initiatives de recyclage, redistribution, réutilisation des denrées**

En relation avec la définition que nous avons retenue du gaspillage alimentaire, nous n'évoquerons pas les initiatives visant à revaloriser les déchets alimentaires dans d'autres industries (alimentation animale, bio-méthanisation, fermentations anaérobies…).

De nombreuses initiatives ont pour objectif de favoriser la redistribution des denrées gaspillées en mettant en lien des acteurs situés à différents échelons de la chaîne alimentaire. Les **banques alimentaires**, dont le but est de collecter, gérer et partager les denrées alimentaires pour aider

[25] http://www.symevad.org/L-operation-Familles-temoins.html
[26] http://www.eu-fusions.org/
[27] http://green-cook.org/
[28] http://foodrecoveryproject.eu/
[29] http://everycrumbcounts.eu/
[30] http://www.save-food.org/index.php

l'homme à se restaurer (Fédération française des Banques Alimentaires, 2013), font partie intégrante de cette catégorie d'initiatives. Au niveau français, les banques alimentaires sont mutualisées par la Fédération française des Banques Alimentaires[31], au niveau européen par la Fédération Européenne des Banques Alimentaires (FEBA)[32]. Ces banques n'ont pas pour premier objectif de réduire le gaspillage alimentaire, mais plutôt de lutter contre la faim dans les pays développés. C'est cependant un des moyens de lutte les plus fédérateurs et efficace, qui implique des acteurs de « la fourche à la fourchette ». De nombreuses enseignes de distributeurs, comme Leclerc ou Carrefour, se sont ainsi engagés dans des partenariats avec des banques alimentaires. Des associations comme les « Les restos du Cœur » sont actuellement en train de mettre en place des partenariats avec les agriculteurs. Ces initiatives sont favorisées au niveau règlementaire. Le Pacte National de Lutte contre le Gaspillage Alimentaire a compris cette tendance et prévoit la mise en place d'une plateforme numérique dédiée au don alimentaire par les citoyens : **Eqosphère** (Ministère de l'Agriculture, 2013).

L'association française « **Disco Soupe** » recycle les restes de fruits et légumes des marchés, les cuisine sous forme de salades et soupes et organise des repas festifs.

Parfois, ce sont les distributeurs eux-mêmes qui sont initiateurs de la redistribution de leurs produits, comme le programme « **Walmart Zero waste Program** » mis en place par la grande enseigne américaine *Walmart*.

D'autres initiatives reposent sur le développement récent des nouvelles technologies de communication, comme la société française « **Zéro Gâchis** » qui propose aux consommateurs de consulter ce qui va être prochainement jeté, et donc disponible à des prix plus bas dans les magasins les plus proches. L'application **LeftoverSwap** développée par l'entreprise anglaise *Greased Watermelon* propose elle un système d'échange de denrées proches de la DLC entre les consommateurs, par la mise en place d'une application pour Smartphone.

- **Initiatives de sensibilisation**

La plupart des initiatives ci-dessus possèdent un axe communication/sensibilisation afin d'engager les différents acteurs et de communiquer leurs résultats. Cependant, il existe des initiatives qui reposent uniquement sur la sensibilisation des différents acteurs aux enjeux portés par la réduction du gaspillage alimentaire. Au niveau français, le **Pacte National de Réduction du Gaspillage Alimentaire** prévoit entre autres la mise en place de nombreux évènements et campagnes de sensibilisation.

Il prévoit par exemple des formations dans les écoles, la mise en place d'une Journée Nationale de lutte contre le Gaspillage Alimentaire ainsi qu'une grande campagne de communication dans les médias sur la lutte contre le gaspillage alimentaire (Ministère de l'Agriculture, 2013).

Au Royaume-Uni, la campagne « **Love Food, Hate Waste** » [33] mise en place par le WRAP (Waste and Resources Action Programme) est composée de nombreuses actions impliquant des acteurs transversaux (industries, distributeurs, autorités locales) : distribution de brochures, diffusion de newsletters et d'un journal spécifique, démonstrations de cuisine dans l'ensemble du pays.

[31] http://www.banquealimentaire.org/
[32] http://www.eurofoodbank.org/
[33] http://england.lovefoodhatewaste.com/

L'association internationale « **Feeding the 5000** » organise elle des évènements de communication à grande échelle dans toute l'Europe. L'évènement phare de cette association est de mettre en place des banquets géants à base de restes issus des consommateurs ou des industries agroalimentaires, gratuits et festifs, mais elle œuvre également pour que la législation autorise la réutilisation des restes par exemple pour nourrir les cochons

2.2. Objectifs de l'étude

L'objectif de l'étude est de proposer un cadre d'action publique complétant les actions de sensibilisation des consommateurs, pour soutenir les innovations technologiques pouvant être mises en œuvre par l'industrie agroalimentaire française et susceptibles de diminuer le gaspillage alimentaire. L'ambition est d'élaborer des recommandations permettant l'accompagnement du développement et de la mise sur le marché des innovations technologiques.
L'adoption et la mise en œuvre d'innovations technologiques par l'industrie agroalimentaire est conditionnée par différents facteurs comme :

- La compétitivité que confère l'innovation : le maintien ou l'amélioration de la position économique de l'industrie pour un produit alimentaire donné sera lié à un avantage technologique ou à un avantage prix.
- L'accueil par les consommateurs, en distinguant les produits plutôt destinés à une clientèle de masse (exemple : produit standardisé avec un prix attractif) soit de niche (prix premium, population ciblée plus spécifique) à court ou moyen terme. L'acceptabilité des technologies en tant que telle par les consommateurs (hors coût) joue également un rôle très important dans leur diffusion.
- L'impact environnemental des innovations.
- L'identification des risques sanitaires liés à la mise en place de ces technologies.

Ces différents facteurs sont analysés pour chaque innovation technologique couverte par cette étude. L'étude a ainsi quatre objectifs spécifiques.

(1) Recenser les innovations technologiques les plus prometteuses en dressant un état des lieux des innovations susceptibles de contribuer à la réduction du gaspillage alimentaire. Cette analyse qualitative prend notamment en compte le degré de maturité de chaque innovation technologique, le cadre réglementaire de leur mise en œuvre par l'industrie agroalimentaire ainsi que la présence d'acteurs nationaux susceptibles de contribuer à la R&D et à la mise sur le marché des innovations.

(2) Evaluer la perception et l'acceptation des consommateurs. L'étude de la perception des consommateurs de nouvelles technologies contribuant à réduire le gaspillage alimentaire a pour principal objectif l'établissement d'une typologie des innovations technologiques au regard de leur acceptabilité par les consommateurs.

(3) Etudier les conditions nécessaires à leur mise en œuvre par l'industrie en déterminant l'impact des technologies sur la compétitivité des industries agroalimentaires et sur l'environnement. L'objectif est de dresser un bilan des avantages et des inconvénients de leur mise en œuvre par les entreprises à partir d'entretiens avec des industriels et fournisseurs d'équipements.

(4) Evaluer l'attractivité des innovations en prenant en compte les évolutions possibles à 10 ans. L'objectif est d'évaluer l'attractivité des technologies au regard de leur faisabilité de mise en œuvre (peut-on facilement mettre en œuvre la technologie ?) et de leur impact macro-économiques (a-t-on intérêt à mettre en place la technologie ?) en prenant en compte leurs perspectives d'évolution à 10 ans. Un atelier de prospective a été réalisé afin d'évaluer les évolutions des innovations technologiques. Un modèle d'évaluation basé sur la construction d'indices a été développé pour regrouper les technologies en fonction de leur attractivité.

2.3. Périmètre de l'étude

Malgré les difficultés de quantification liées à l'absence de consensus sur la définition des pertes et du gaspillage alimentaire, l'étude bibliographique a permis d'établir qu'en Europe, une large majorité du gaspillage des produits alimentaires distribués se situerait au niveau de la consommation finale : les ménages représentent entre 60 et 70% du gaspillage total et la Restauration Hors Foyers entre 15 et 20% (gaspillage mesuré sans la production primaire). Ces deux étapes de la chaîne représenteraient donc entre 75 et 90% du gaspillage alimentaire.

En France, on estime les déchets alimentaires au niveau des ménages à environ 80 kg/habitant/an dont 20 kg seraient considérés comme des déchets alimentaires évitables. L'étude couvre principalement les innovations technologiques susceptibles de réduire cette part du gaspillage évitable : l'étude porte sur les **innovations technologiques ayant un impact sur la consommation finale des produits alimentaires**.

Pour réduire le gaspillage au niveau de la consommation finale, le principal levier technologique est l'amélioration des produits alimentaires, en particulier à travers une meilleure qualité sanitaire et une meilleure qualité organoleptique. Une attention particulière est portée aux innovations dans le domaine des emballages alimentaires. Les technologies alternatives de conservation des produits alimentaires et l'optimisation de technologies existantes sont également couvertes. Les techniques de stabilisation par des additifs conservateurs ne sont pas couvertes, car l'étude de leur mise en œuvre nécessiterait une analyse fine produit par produit alimentaire. Par ailleurs, leur mise en œuvre fait l'objet de strictes limitations réglementaires, et que leur acceptabilité consommateur est connue pour être médiocre.

Les pertes au niveau (i) de la production primaire par l'agriculture et (ii) de la transformation par les entreprises agroalimentaire ne rentrent pas dans le périmètre de l'étude. Au niveau de l'industrie agroalimentaire, les pertes sont principalement dues aux rejets et détériorations durant les opérations de transformations : lavage, épluchage, parage, découpe, pertes à la cuisson, freintes techniques diverses, rejets dues aux pannes de machines, erreurs d'étiquetage impossibles à corriger, etc. Les pertes peuvent également être causées par les machines de transformations non optimales (Ministère de l'Agriculture, 2013), et par des erreurs ou mauvaises prévisions commises en logistique de fabrication, de stockage, de transport, de distribution (chaîne du froid en particulier). Le levier de réduction des pertes est principalement l'optimisation des procédés existants même si certains équipementiers développent de nouveaux outils permettant de réduire les pertes de certaines opérations, par exemple les machines à couper le caillé, qui économisent 3 % de matière, citées par Laisney et al. (2013).

Enfin, en accord avec le cahier des charges des commanditaires, les innovations dans le domaine des équipements électro-ménagers domestiques ne rentrent pas dans le périmètre de l'étude.

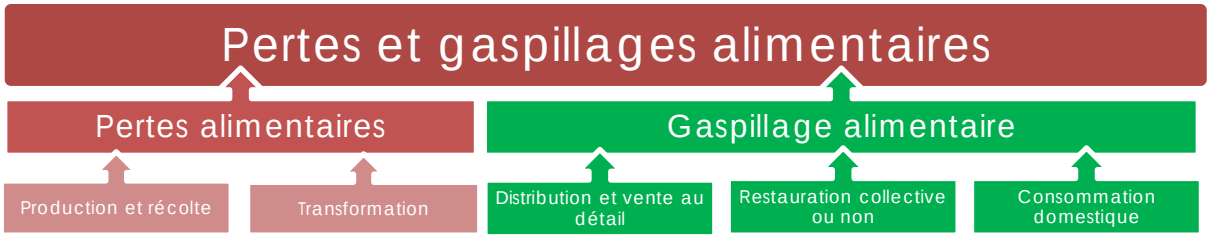
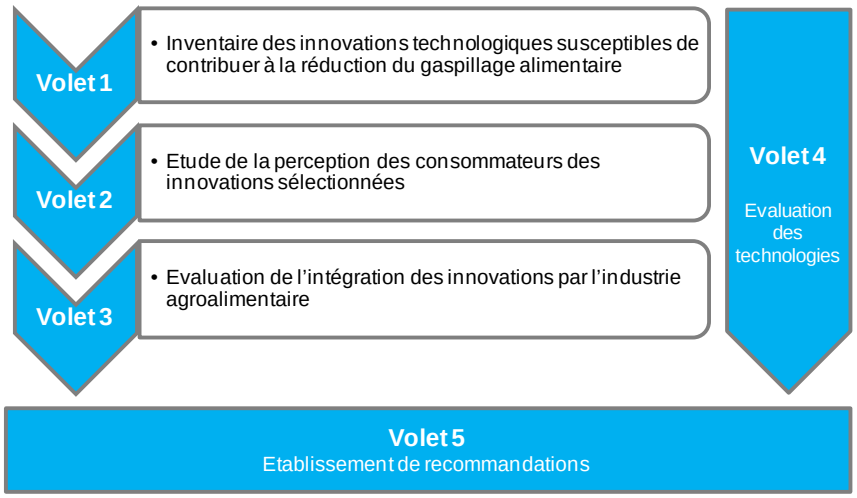


Figure 7 Périmètre de l'étude (Parties rentrant dans le périmètre de l'étude en vert)

2.4. Méthodologie

L'approche générale repose sur cinq volets principaux représentés ci-dessous. Chaque volet correspond à un chapitre du rapport. La méthodologie de chaque volet est détaillée en introduction des différents chapitres du rapport.

Figure 8 Représentation des actions réalisées durant l'étude



Volet 1

Le volet 1 a pour objectif de faire un état des lieux des innovations susceptibles de contribuer à la réduction du gaspillage alimentaire. Chaque innovation a été décrite selon une trame commune (rédaction de « fiches technologiques » présentées en annexe du rapport). Le chapitre 4 synthétise les informations avec notamment une description du cadre réglementaire et des principaux acteurs nationaux.

Volet 2

La perception des consommateurs a été évaluée sur l'ensemble de ces technologies à travers l'analyse de 10 « études de cas » représentatives des différentes technologies, en les associant à des applications types pour illustrer à l'aide d'exemples concrets : aliment / emballage / technologie.

Volet 3

Des entretiens avec des entreprises (équipementiers, distribution, restauration collective et transformation de produits alimentaire) ont ensuite été réalisés pour étudier les conditions de mise en œuvre des innovations par l'industrie agroalimentaire.

Volet 4

Une évaluation de l'attractivité des innovations technologique au regard de leur impact et de la faisabilité de leur mise en œuvre a été réalisée. Cette analyse prend en compte les perspectives d'évolution des technologies à dix ans identifiées lors d'un atelier de prospective.

Volet 5

La dernière étape a consisté à établir des recommandations pour la mise en œuvre d'un cadre d'action publique visant à soutenir les innovations technologiques susceptibles de contribuer à la réduction du gaspillage alimentaire

Figure 9 Schéma méthodologique global de l'étude

3. RESULTATS VOLET 1 : INVENTAIRE DES NOUVELLES TECHNOLOGIES

3.1. Objectifs et méthode

L'objectif de ce premier volet est de dresser un inventaire des technologies innovantes susceptibles de réduire le gaspillage alimentaire. Cet état des lieux a été réalisé grâce à une enquête à dire d'experts : des chercheurs impliqués dans le développement de nouvelles technologies ont été consultés pour recueillir les informations nécessaires à la description de chaque technologie. Chaque technologie est décrite selon une trame commune définie dans l'encadré ci-dessous. Ces « fiches technologiques » sont présentées dans l'annexe 'Fiches technologiques'.

Encadré : structure des 26 fiches technologiques

1-Description de la technologie et de son impact sur le gaspillage

- 1.1 Présentation de la technologie
- 1.2 Impact sur le gaspillage alimentaire
- 1.3 Comparaison avec l'existant

2- Mise en œuvre de la technologie

- 2.1 Risque sanitaire et contrainte réglementaire
- 2.2 Maturité de la technologie
- 2.3 Les freins possibles à la mise en œuvre de la technologie
- 2.4 Evolution possible de la technologie à l'horizon 2025
- 2.5 Principaux acteurs
- 2.5 Mise en œuvre au niveau national : forces et faiblesses

3- Impact environnemental

4- Perception des consommateurs

5- Dimension économique

Bibliographie

L'approche mise en œuvre a consisté tout d'abord en une recherche documentaire qui s'est appuyée à la fois sur les connaissances, les outils et le réseau du CTCPA (presse professionnelle, publications scientifiques, veille Internet, et interactions avec les autres Centres Techniques des filières IAA, réseau d'experts, notamment Universitaires et INRA). Une première version des fiches de présentation des technologies a été réalisée par les experts du CTCPA. Ces premières versions ont ensuite été discutées avec des experts des technologies et les fiches ont été mises à jour (la liste des personnes consultées est présentée dans la section 0 du rapport).

3.2. La contribution des innovations technologiques et le gaspillage alimentaire

3.2.1. Contexte : l'innovation dans l'industrie agroalimentaire

Les résultats de la dernière enquête disponible sur l'innovation dans le secteur agroalimentaire [34] révèlent que la moitié des entreprises du secteur innovent : entre 2008 et 2010, 55% des entreprises de plus de 10 salariés déclarent avoir innové. Ce taux d'innovation est supérieur à la moyenne des entreprises françaises (46 %) et très proche de celui des autres industries manufacturières (54 %).

Les quatre formes d'innovations sont représentées dans l'industrie agroalimentaire : entre 35 et 40% des industries agroalimentaires déclarent avoir réalisées à des innovations de produits, de procédés, d'organisation et de marketing. Les dernières enquêtes indiquent une progression des innovations technologiques (innovations de produits et de procédés) par rapport aux innovations d'organisation et de marketing.

Les quatre formes d'innovation

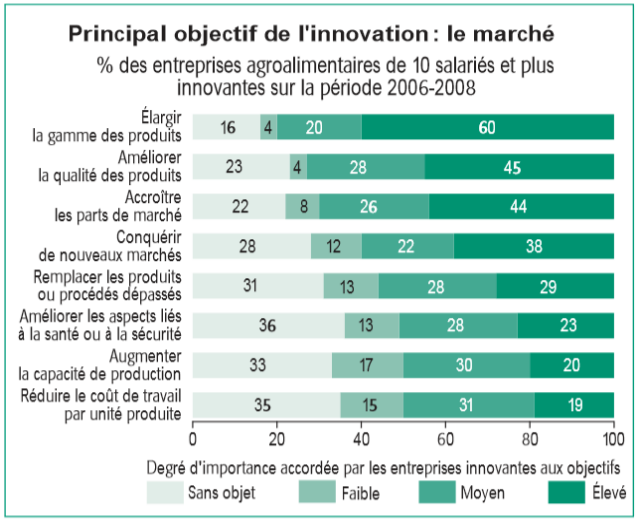
Innovation de produit : introduction sur le marché d'un produit (bien ou service) nouveau ou significativement amélioré au regard de ses caractéristiques essentielles.

Innovation de procédé : mise en oeuvre d'un procédé de production, d'une méthode de distribution, d'une activité de soutien ou de support nouveau ou significativement amélioré pour les biens ou services.

Innovation d'organisation : mise en place d'un nouveau mode de fonctionnement, d'une nouvelle méthode d'organisation du travail ou des relations externes qui doit résulter de décisions stratégiques prises par la direction.

Innovation de marketing : mise en oeuvre de concepts ou de stratégies de vente nouveaux ou qui diffèrent significativement des méthodes de vente existant auparavant.

Source : Manuel D'Oslo



Source : Insee - Enquête statistique publique innovation CIS 2008, traitements SSP - Agreste

En termes de priorités, les entreprises de l'agroalimentaire innovent principalement pour s'adapter aux évolutions de la demande des consommateurs : les principaux objectifs des innovations dans les industries agroalimentaires visent à élargir leurs gammes de produits, à améliorer la qualité des produits, à gagner des parts de marché ou à conquérir de nouveaux marchés. La réduction du coût du travail ou l'augmentation des gains de productions arrivent en dernières positions des motivations. L'enquête n'identifie pas le gaspillage alimentaire comme une priorité des entreprises.

L'enquête 2006-2008 apporte cependant un

[34] Enquête communautaire sur l'innovation (CIS2010 pour la période 2008-2010, CIS2008 pour la période 2006-2008) . Les résultats pour la période 2010-2012 seront diffusés à l'automne 2014 voir http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/enquetes/industries-agroalimentaires-529/innovation-entreprise-des-iaa/

éclairage intéressant sur l'innovation environnementale avec notamment une analyse des motivations pour la mise en œuvre d'innovations ayant un impact bénéfique pour l'environnement : à l'image des autres entreprises françaises, les principales motivations sont la réduction des coûts (51% des entreprises), la conformité avec la réglementation (41%). Seulement 16% des entreprises citent la demande de clients comme une motivation à la mise en œuvre d'innovation environnementale. Enfin, l'existence d'aides est un élément incitatif à l'innovation environnementale pour seulement 11% des entreprises.

3.2.2. Bibliographie : innovations technologiques et réduction du gaspillage alimentaire

La plupart des initiatives lancées au cours des dernières années visant à limiter le gaspillage alimentaire concernent des actions de sensibilisation des acteurs de la chaîne alimentaire (cf section 3.1.4 « *Etat des lieux des initiatives publiques existantes* »). Les changements de pratiques aux différents maillons de la chaîne alimentaire (production, distribution, restauration) ainsi que l'éducation des consommateurs et la modification des habitudes alimentaires constituent le principal levier dans la lutte contre le gaspillage alimentaire. Les innovations technologiques peuvent également contribuer à réduire le gaspillage alimentaire même si très peu d'initiatives ont été identifiées, au regard des enjeux économiques et environnementaux que constitue le gaspillage alimentaire.

L'initiative « *Every Crumb Count* » lancée par l'association *FoodDrinkEurope* en 2013 encourage les industries du secteur alimentaire et de l'emballage à développer des innovations permettant de garantir et de préserver la qualité des aliments, notamment par la recherche de solutions d'emballage et de procédés qui permettent de prolonger la durée de conservation des produits. L'utilisation d'emballages adaptés (portionnables, refermables) ainsi que les innovations qui aident à garder l'emballage intact tout au long de la chaîne d'approvisionnement sont également encouragées. La « *boite à outil* » développée par l'association européenne de l'industrie agroalimentaire[35] inclut des recommandations sur la contribution des industries agroalimentaires à la réduction du gaspillage au niveau du consommateur : augmenter la durée de conservation des produits à travers l'innovation de procédé et les emballages, fournir une variété de tailles de portion ou améliorer l'information pour le consommateur avec des instructions claires de conservation sur les emballages.

Le rapport « *Food waste within global food systems* » publié par Bond et al. en septembre 2013[36] propose une analyse des causes du gaspillage et identifie des priorités de recherche. Il est basé sur une analyse de la bibliographie ainsi que sur une enquête menée au Royaume Uni. Les priorités de recherche pour l'industrie agro-alimentaire reposent principalement sur deux leviers : l'amélioration de l'efficacité de la chaîne alimentaire et une meilleure valorisation des produits alimentaires.
Le premier levier (amélioration de l'efficacité de la production et des chaînes logistiques) repose principalement sur l'adoption de technologies d'ingénierie : le souci principal est de proposer des systèmes de productions « agiles », c'est-à-dire capables de réagir à des modifications rapides et régulières de la demande. La mise en œuvre de systèmes de productions flexibles, modulables et automatisés est ainsi identifiée comme une des priorités à long terme. Le rapport recommande également d'inclure la réduction des pertes et du gaspillage alimentaires dans la problématique plus large de l'optimisation des ressources (eau et énergie). Au niveau des technologies, les innovations dans le domaine des capteurs et des emballages sont identifiées comme prioritaires.
Le second levier consiste en l'amélioration des emballages alimentaires, en particulier à travers une meilleure qualité sanitaire et une meilleure qualité organoleptique. Cette amélioration peut être abordée grâce à des nouvelles solutions de stockage, de conservation, par la reformulation ou par la

[35] http://www.fooddrinkeurope.eu/industry-in-focus/foodwaste-toolkit/how-food-manufacturers-can-help-consumers-reduce-food-waste/
[36] http://www.foodsecurity.ac.uk/assets/pdfs/food-waste-report.pdf

mise en œuvre d'emballages innovants. Les technologies d'emballage ont déjà apporté des progrès significatifs dans la réduction de la détérioration des produits et la contamination microbienne, prolongeant ainsi la durée de vie et la réduction des déchets.

D'après le rapport, il existe encore un potentiel important dans l'utilisation de nouveaux matériaux de conditionnement et de procédés de conservation. Les futures priorités de recherche comprennent notamment : (1) les emballages actifs, (2) les emballages intelligents, (3) l'utilisation d'applications anti-bactériennes et antimicrobiennes. Enfin, le rapport relève que ces innovations soulèvent des questions concernant l'acceptation par les consommateurs des nouvelles technologies et des nouveaux aliments.

Les technologies permettant d'allonger la durée de conservation des produits sont identifiées comme un levier permettant de réduire le gaspillage dans plusieurs autres publications :

- Le Groupe de Travail de la Commission Européenne[37] mentionne la nécessité de soutenir la recherche sur les emballages optimisés (innovation pour améliorer la durée de conservation des fruits et légumes frais et transformés).
- Quested et al. (2011) reconnait l'importance des emballages dans la réduction du gaspillage le long de la chaîne alimentaire et indique que l'impact environnemental d'une augmentation du poids du paquet, pour ajouter par exemple la fonctionnalité de refermer un paquet, est plus que compensé par le potentiel de réduction des déchets alimentaires apporté par la nouvelle fonctionnalité.
- Lipinski et al. (2013) recommande trois approches pour la réduction du gaspillage au niveau de la transformation : (1) l'amélioration des procédés de fabrication (réingénierie des procédés), (2) l'amélioration de la gestion des chaînes d'approvisionnement et (3) l'amélioration des emballages pour garder les produits plus frais plus longtemps.

Le *Conseil National de l'Emballage* a proposé en juillet 2011 les choix de conception de l'emballage pouvant intervenir dans la réduction des pertes et du gaspillage alimentaire. Les actions ci-dessous peuvent être notamment citées:

Mieux concevoir :

- Assurer l'adéquation entre le volume du contenu et le besoin du consommateur (grands conditionnements ou formats individuels adaptés à la taille du foyer et au mode de vie)
- Assurer la préservation du produit : emballages refermables, portionnables, assurant la juste dose de produit
- Assurer la bonne restitution du produit : vidage facile et complet de l'emballage
- Concevoir un emballage permettant une conservation la plus longue possible du produit
- Concevoir et fabriquer l'emballage de manière à limiter son volume et sa masse au minimum nécessaire pour remplir son rôle

Sensibiliser le consommateur :

- Informer le consommateur sur les quantités nécessaires de produit
- Aider le consommateur à doser et conserver le produit une fois ouvert
- Faciliter la lecture et la compréhension des dates limites de consommation (DLC) ou d'utilisation optimale (DLUO)

Source : CNE, 2011

Les premiers appels à projet du programme de recherche européen Horizon 2020 renseignent également sur les priorités identifiées par la Commission Européenne en matière de recherche. Le texte de l'appel à projets « Une approche intégrée pour la réduction, le recyclage et la réutilisation des déchets alimentaires » est donné dans l'encadré ci-dessous.

[37] Cf page 8 http://ec.europa.eu/food/food/sustainability/docs/background_08022013_en.pdf

DECHETS-2-2014: Une approche systémique pour la réduction, le recyclage et la réutilisation des déchets alimentaires [38]

Défi spécifique: le gaspillage alimentaire a pris des proportions inquiétantes dans le monde entier dans toutes les étapes de la chaîne de production et d'approvisionnement alimentaire mais surtout au niveau des consommateurs. Avant de définir des mesures pour réduire ce gaspillage à tous les stades, il est nécessaire de développer une meilleure compréhension de l'entreprise et du comportement des consommateurs par rapport à la production de déchets, la manipulation, la réutilisation et la valorisation des sous-produits. Les technologies pour la collecte, le tri / classement, la stabilisation et la valorisation des déchets alimentaires, des sous-produits et des matériaux d'emballage nécessitent des améliorations ou des développements. L'objectif est d'optimiser la performance de l'ensemble du système alimentaire, y compris l'emballage, de la restauration et des consommateurs, et de parvenir à un approvisionnement alimentaire sûr et durable, aussi pour les pauvres.

Champ d'application: Les propositions doivent à la fois adresser les approches de réduction des déchets alimentaires et des matériaux d'emballage générés aux étapes appropriées de la chaîne alimentaire et étudier les moyens de convertir les déchets alimentaires en des sous-produits à valeur ajoutée. Une méthodologie complète pour évaluer les déchets alimentaires dans toutes ses composantes doit être élaborée prenant en compte la qualité, la sécurité, la durabilité, la législation et les coûts. Des méthodes de recherche interdisciplinaire comprennent des approches pratiques, proche du marché pour caractériser de possibles nouveaux aliments et alimentation et identifier les risques et les avantages liés aux nouveaux procédés de production. Une base de données / inventaire des matériaux recyclables, molécules de valeur, substances et matériaux provenant de déchets et sous-produits devrait être développé notamment en vue de futures analyses de cycle de vie (ACV). Une grande implication des sciences sociales et humaines et de la société civile est une condition préalable à une meilleure compréhension de la dimension socio-économique, culturelle et environnementale des déchets alimentaires et à la promotion du changement pour l'innovation sociale dans l'environnement des entreprises et des consommateurs, tandis que l'utilisation des outils TIC devrait contribuer à son accélération.

Impacts attendus:
- *Une contribution importante à la réalisation de l'objectif de la politique européenne de la réduction des déchets alimentaires de 50% d'ici 2030, y compris au niveau des consommateurs.*
- *Une réduction des coûts de gestion des déchets, et des impacts environnementaux, y compris les émissions de gaz à effet de serre.*
- *Soutien à une approche harmonisée de la législation européenne sur les déchets d'aliments et à l'amélioration de la mise en œuvre nationale, ainsi qu'à la contribution à de nouvelles normes.*
- *Une augmentation de la compétitivité de l'industrie chimique et agroalimentaire européenne, en particulier pour les PME, mesurée en termes de parts de marché, chiffre d'affaires, rentabilité, emploi et propriété intellectuelle, à travers le développement d'applications innovantes des déchets alimentaires.*
- *Evolution vers des modes durables de consommation alimentaire conduisant à des consommateurs en meilleur santé et par conséquent à des coûts de santé nationaux réduits.*

Enfin, la résolution du Parlement Européen du 19 janvier 2012 sur le thème "*Éviter le gaspillage des denrées alimentaires: stratégies pour une chaîne alimentaire plus efficace dans l'Union européenne*" (2011/2175) indique dans l'article 30 que :

«*l'optimisation et l'utilisation efficace des emballages alimentaires peuvent jouer un rôle important dans la prévention du gaspillage alimentaire en réduisant globalement l'impact environnemental des produits, notamment grâce à la conception industrielle écologique, qui comprend des mesures comme la diversification de la taille des conditionnements visant à aider les consommateurs à acheter les volumes qu'ils souhaitent et à prévenir la consommation excessive des ressources, mais aussi la fourniture de conseils sur la conservation et la consommation des produits, en créant des emballages permettant la prolongation de la conservation des marchandises et le maintien de leur fraîcheur, en garantissant toujours l'utilisation de matériaux adaptés pour l'emballage et la conservation des aliments qui ne sont pas nuisibles à la santé ou à la durée de conservation des produits* ».

3.2.3. Présentation des innovations technologiques retenues dans l'étude

L'étude porte sur les innovations technologiques de produits et de procédés, incluant les technologies de transformation, de conservation et de conditionnement des aliments frais ou transformés (Technologies Produits / Procédés - TPP), et susceptibles de diminuer le gaspillage alimentaire. La revue de la littérature sur les innovations et la réduction du gaspillage, a permis

[38] WASTE-2-2014: A systems approach for the reduction, recycling and reuse of food waste

d'identifier également différents leviers comme par exemple l'amélioration de la flexibilité des systèmes de production ou l'amélioration des produits alimentaires.

Les innovations technologiques analysées dans cette étude sont présentées succinctement dans cette section. La description complète des technologies est disponible dans l'annexe 'Fiches technologiques'.

Levier 1 : améliorer la flexibilité des systèmes de production par le suivi des produits alimentaires le long de la chaîne d'approvisonnement

D'après Bond et al (2013), l'amélioration de la flexibilité des systèmes de production et des chaînes logistiques constitue un levier de réduction du gaspillage alimentaire.

L'une des pistes d'amélioration est la mise en place de systèmes de production « agiles », capables de s'adapter aux changements rapides de la demande. L'une des méthodes d'optimisation les plus répandue est celle du *Lean manufacturing* : ce concept vise à optimiser les processus et l'utilisation de ressources en utilisant le juste niveau de ressources nécessaires[39]. Le *Lean manufacturing* peut être étendu à l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement, on parle alors du concept de « *Lean supply Chain* ». Le concept est mis en œuvre dans l'industrie agroalimentaire, notamment dans les démarches visant à optimiser la consommation en énergie, en matière première ou en eau, par exemple dans le programme FACEEA (Formation à l'Action pour la Compétitivité Energétique des Entreprises Agroalimentaires[40]). Il s'agit ici d'innovation d'organisation. L'étude se concentrant principalement sur les innovations technologiques de produits et de procédés (TPP), ce type d'innovation n'est pas développé dans la suite du document.

Au niveau des TPP, les innovations dans le domaine des capteurs et des emballages peuvent faciliter l'amélioration des chaînes d'approvisionnement en permettant un meilleur suivi des produits alimentaires le long de la chaîne d'approvisionnement.

L'utilisation d'emballages intelligents avec des capteurs capables d'acquérir, de stocker et de communiquer automatiquement des informations sur les produits pourront faciliter la mise en œuvre de nouvelles solutions logistiques. Les avancées dans le domaine de la micro-électronique avec le développement de microsystèmes plus performant pourront ainsi faciliter la mise en place de système de traçabilité automatisé et optimiser la gestion des flux. La technologie RFID joue à ce titre un rôle important ; plus largement les technologies de traçabilité, en cours d'intégration en amont de la chaîne de production, sont susceptibles d'apporter une plus-value sur l'ensemble de la chaîne de valeur jusqu'au niveau du consommateur.

Les emballages instrumentés qui détecte rapidement des défauts de conservation permettent également une plus grande réactivité le long de la chaîne d'approvisionnement. Les emballages instrumentés par détection de traceurs (oxygène, CO_2, éthylène) ou de microorganisme permettent ainsi une caractérisation immédiate de produits et la mise en place d'actions correctives immédiates de retraitement de lots ou d'aiguillage de lots différenciés.

[39] http://groupe.afnor.org/pdf/guide-10-questions-apopeco.pdf
[40] http://www.formation-competitivite-energetique.fr

Quatre technologies ont été retenues pour cet axe :

- EMBALLAGES AVEC INTEGRATEURS TEMPS/TEMPERATURE (ITT)

Plus connue sous le nom de « puce fraîcheur », l'ITT est une technologie informative constituée d'une étiquette à l'extérieur de l'emballage qui change de couleur en fonction de l'historique cumulé de stockage à température dirigée, historique qui peut être indirectement relié à l'état supposé d'altération du produit, et permet ainsi de renseigner l'utilisateur sur la consommation du « capital de durée de conservation » restant. En France, cette technologie est essentiellement utilisée en « B-to-B », sur les palettes, pour détecter des ruptures de la chaîne de froid et repérer les produits non conformes. Elle est également utilisée dans la restauration.

- TRAÇABILITE & RFID

L'étiquette RFID peut être considérée comme un code-barre de nouvelle génération qui permet de stocker un volume important d'informations, qui peuvent être dynamiquement implémentées ou modifiées tout au long du monitoring de la chaîne technologique. Au-delà de l'identification détaillée d'un lot et de ses différentes étapes logistique et de transformations, les capteurs RFID (lorsque associés à des capteurs ad-hoc) peuvent permettre une traçabilité complète de données physiques de base telles que l'historique de température ou le monitoring d'humidité relative. Ces données peuvent être exploitées dans une démarche de correction de défauts, ou pour améliorer la gestion des flux de produits. A partir de données statistiques collectées, elles permettent une meilleure gestion des durées de vie des produits en fonction de leurs parcours technologiques. Elles permettent également une priorisation de l'écoulement de lots en fonction de leur provenance et de leur historique, par une gestion « First In / First Out ». La RFID est déjà utilisée pour le marquage de lots sur containers.

- EMBALLAGES INSTRUMENTES PAR DETECTION DE TRACEURS (OXYGENE, CO_2, ETHYLENE)

La technologie a pour objectif de détecter visuellement une anomalie ou plus directement un indicateur de qualité. La détection de gaz ou de composés volatils peut ainsi être effectuée par une puce ou une encre qui change de couleur. Les applications existantes concernent par exemple des emballages renseignant sur l'état de maturation des fruits frais.

- EMBALLAGES INSTRUMENTES PAR DETECTION DE MICROORGANISMES

Ces emballages instrumentés permettent une détection directe ou indirecte du développement des microorganismes. Dans le cas d'une détection directe, le capteur intègre les anticorps des microorganismes ciblés. La mesure indirecte repose sur une détection de composés volatils. Les applications sont pour des produits types viande et poisson frais.

Levier 2 : Prolonger la fraîcheur des produits alimentaires hautement périssables

Une part importante du gaspillage concerne les produits hautement périssables : l'enquête réalisée en France par le FNE en 2012 estime que 77% des aliments gaspillés par les ménages sont des produits frais (FNE, 2012). Au Royaume Uni, les études menées par le WRAP démontrent que les fruits et légumes ainsi que les produits de boulangerie représentent environ 50% du gaspillage évitable des ménages en termes de quantité (Ventour, 2008). Prolonger la fraîcheur des produits frais et ultra-frais, et des produits prêts à consommer (plats cuisinés, sandwichs, salades) est ainsi identifié comme un levier pertinent de réduction du gaspillage alimentaire.

Une première possibilité est d'utiliser la biopréservation (aussi appelée bioconservation) en maîtrisant la croissance des flores pathogènes ou d'altération des aliments grâce à l'utilisation de micro-organismes inoffensifs venant en compétition avec les microorganismes indésirables. Une seconde possibilité consiste à utiliser des emballages adaptés aux produits respirants comme les fruits et légumes. Trois technologies ont été retenues pour cet axe :

- BIOPRESERVATION

La biopréservation correspond à l'utilisation de microorganismes (souvent des bactéries lactiques, parfois des levures) afin de favoriser un développement microbien au détriment d'un autre. Les bactéries lactiques bioprotectrices sont généralement pulvérisées à la surface des aliments. Le procédé permet d'augmenter très sensiblement la DLC de produits ultra-frais tels que les poissons ou crustacés frais. Le gain correspondant peut résulter de la diminution des pertes avant achat au niveau de la distribution (gestion des stocks plus souples) et chez le consommateur. En améliorant la maîtrise du développement de micro-organismes pathogènes, les ferments bioprotecteurs peuvent aussi limiter les retraits de lots pour non conformités et contribuer à améliorer la maîtrise du risque microbiologique par la filière des produits de la mer. Ce concept de biopréservation peut être étendu à la conservation d'autres produits alimentaires particulièrement sensibles : viandes fraîches, plats cuisinés prêts à consommer, certains fruits et légumes frais ou transformés.

- BIOPRESERVATION PAR LES PHAGES

La biopréservation par les phages consiste en l'introduction de virus qui sont les bactériophages sur des produits alimentaires. Les bactériophages vont aller attaquer des bactéries type *Listeria monocytogenes* présentes sur les produits alimentaires. Cette technologie permet d'augmenter les qualités sanitaires des produits sans affecter ses propriétés organoleptiques. La recherche avancée sur cette technologie dans le domaine du médical laisse envisager des possibilités de transfert intéressantes pour le secteur des industries agroalimentaires.

- EMBALLAGES RESPIRANTS PAR TECHNOLOGIES DE PERFORATION

La protection des fruits et légumes frais contre une dégradation rapide repose essentiellement sur un contrôle de leur respiration : on recherche généralement un apport d'oxygène limité et la possibilité d'évacuer le CO_2 formé au cours des processus de respiration. La microperforation répond à ce besoin en permettant de moduler les propriétés de transfert des films plastiques. Les produits concernés sont essentiellement les fruits et légumes frais pour lesquels les niveaux de respiration souvent élevés rendent les microperforations nécessaires (fruits et légumes de première gamme améliorée (emballés) et végétaux frais prêt à l'emploi dit de 4ème gamme).

- EMBALLAGES A PERMEABILITE SELECTIVE

Cette innovation technologique vise principalement la maîtrise de la conservation des fruits et légumes frais par la réalisation de nouveaux emballages permettant une sortie importante de CO_2 et une entrée contrôlée d'O_2. Cette sélectivité CO_2 / O_2 pourrait être atteinte par l'association de différents matériaux (dépôts de polymères sur des supports poreux ou mélanges de polymères).

Levier 3 : Augmenter la DLC et la DLUO des produits alimentaires par l'amélioration des propriétés barrières des emballages.

La revue bibliographique (Bond et al. 2013, Quested et al. 2011, Lipinski et al. 2013) a permis d'identifier l'augmentation de la durée de conservation des produits alimentaire périssables, en particulier des produits réfrigérés soumis à une Date Limite de Conservation (DLC), comme un levier de réduction du gaspillage alimentaire.

Une corrélation entre la date limite de conservation des produits alimentaires périssables et les quantités gaspillées au niveau des ménages a été établie dans plusieurs études. Les produits les plus gaspillés par les consommateurs sont ceux qui se conservent le moins : l'enquête quantitative menée par le FNE et PikPik Environnement en France en 2012 (FNE, 2011) indique que plus des trois quart des aliments les plus gaspillés sont les produits frais. Une enquête réalisée par la TNS Sofres en 2012 indique que la Date Limite de Consommation (DLC) est une cause majeure de rejet d'un produit : 78% des Français déclarent savoir que cette date n'est qu'informative mais en pratique, 55% des personnes interrogées déclarent jeter directement le produit lorsque la DLC est dépassée. D'après cette étude, la DLC est la deuxième cause de rejet après l'aspect du produit.

Aucune étude établissant un lien de causalité entre une augmentation de la DLC et une réduction du gaspillage alimentaire n'a pu être identifiée dans la littérature. Dans le cadre de cette étude, une enquête a été réalisée pour évaluer l'influence de la DLC des aliments sur le comportement des consommateurs vis-à-vis du gaspillage alimentaire. Les résultats de l'enquête sont donnés en Annexe 1 Etude consommateur sur les DLC du rapport. Les principales conclusions sont reprises dans l'encadré ci-dessous.

Etude de l'influence de la DLC des aliments sur le comportement des consommateurs vis-à-vis du gaspillage alimentaire.

Une enquête réalisée par Euroquality en Novembre 2013 a été réalisée afin d'identifier l'influence de la DLC des aliments sur le comportement des consommateurs et notamment dans quelle mesure elle influence le choix des produits alimentaires. Les résultats démontrent une attention moyenne de 6,4/10 de la part des consommateurs vis-à-vis de la DLC avec des variations importante selon le genre (7,2/10 pour les femmes contre 4,7/10 pour les hommes) et selon l'âge (7,5/10 pour les plus de 60 ans contre 5,8/10 pour les 18-30 ans). Plus de 50% des consommateurs interrogés traduisent cette attention dans leurs choix d'aliments, quel que soit leur âge ou sexe. L'enquête a ainsi permis d'établir que la DLC est un paramètre majeur de la fonction de décision de consommation des consommateurs, elle-même cause de gaspillage. Elle a également permis de démontrer que les intentions de consommation chutent rapidement après le dépassement de la DLC, ce qui semble indiquer que l'information DLC est un facteur contribuant au gaspillage alimentaire. Des travaux complémentaires restent cependant nécessaires pour quantifier l'impact d'une augmentation de la DLC sur le gaspillage alimentaire en prenant en compte l'impact d'une augmentation de la DLC aux différents maillons de la chaîne alimentaire (notamment au niveau de la distribution) et en étudiant les arbitrages qui peuvent être effectués par les consommateurs au moment de l'achat et les conséquences d'une augmentation de la DLC sur la gestion des approvisionnements des ménages.

Source : Euroquality (cf résultats détaillés en annexe 1)

Les innovations technologiques dans le domaine des emballages et des technologies de transformation, peuvent contribuer à améliorer la durée de conservation des aliments. L'une des stratégies d'amélioration repose sur le développement d'emballages barrières à l'oxygène.

Les principaux produits concernés sont :

(i) les aliments à DLUO (souvent stables à température ambiante et/ou à longues durées de vie), mais sensibles à l'oxydation,

(ii) ainsi que les produits périssables réfrigérés à DLC moyenne ou longue, conditionnés ou non sous atmosphère protectrice.

Cinq technologies ont été retenues pour cet axe :

- NOUVEAUX POLYMERES D'EMBALLAGES AVEC HAUTES PROPRIETES BARRIERES

Cette catégorie concerne le développement de polymères originaux combinant de bonnes propriétés barrières (notamment à l'oxygène) et excellentes tenues thermiques, autorisant la réalisation de conserves appertisées : stabilisées par la chaleur. Ces nouveaux polymères de spécialité pourraient par exemple être issus de la chimie verte (nouveaux monomères biosourcés). Les copolymères époxy thermoplastiques pourraient également constituer un scénario majeur d'innovation.

- COATINGS MINERAUX TECHNOLOGIES PLASMA

La technologie de dépôt plasma correspond au dépôt d'une couche minérale de très faible épaisseur en surface des emballages. La technologie permet de limiter la perte des arômes en appliquant une couche d'environ un micron de silice (technologie TETRAPAK™) ou de carbone hydrogéné (technologie SIDEL™) sur les emballages en Polytéréphtalate d'éthylène (PET) et le polyéthylène (PE) en majorité. Les produits alimentaires concernés sont principalement les boissons, mais aussi d'autres produits comme les cornichons ou les petits pots pour bébés. Ces technologies permettent d'augmenter les propriétés barrières des matériaux plastiques permettant notamment d'améliorer la durée de conservation des aliments appertisés en barquettes plastiques. On peut ainsi espérer dépasser les DLUO actuelles de 12 à 18 mois maximum pour les aliments appertisés en barquettes plastiques, ainsi que pour les sachets souples et opercules n'utilisant pas de couche d'aluminium.

- COATINGS ORGANIQUES NANOCHARGES

La technologie consiste à appliquer un revêtement nanochargé sur la face extérieure des emballages alimentaires afin d'augmenter leurs propriétés barrières. Le principe repose sur le phénomène d'augmentation de la tortuosité, qui confère aux diffusants comme l'oxygène un chemin de diffusion plus long. Les produits concernés sont les produits à DLUO sensibles à l'oxydation, et les produits à DLC moyenne ou longue, conditionnés ou non sous atmosphère protectrice.

- MATERIAUX D'EMBALLAGE NANOCHARGES DANS LA MASSE

Comme pour les coating organiques nanochargés, le principe repose sur une augmentation de la tortuosité, permettant une réduction très élevée de la perméabilité gazeuse des matériaux d'emballage. Le principe repose sur l'addition d'une nanocharge comme additif supplémentaire dans la formulation de matière comme le PET ou le polyamide (PA). Les produits concernés sont les mêmes que pour les coatings organiques nanochargés.

- EMBALLAGES BIO-SOURCÉS

Ces technologies regroupent les procédés de transformation des agro-ressources pour la fabrication de nouveaux polymères. Deux principales innovations sont envisagées : le PBS (polymère bio-sourcé à base d'acide succinique) et le PEF (polyester furanique). Ces matériaux présentent des propriétés barrières à l'oxygène bien plus élevées que les emballages existants : le PBS, d'aspect et de comportement mécanique proche du polypropylène, présente des propriétés barrières à l'oxygène au moins 50 fois plus élevées. Le PEF, de comportement mécanique proche du PET, présente des propriétés barrières à l'oxygène 6 fois plus élevées. De par les niveaux de perméabilité, le PBS pourrait avoir un intérêt pour l'augmentation de DLC des produits à DLC longue. Le PEF pourrait

avoir un intérêt pour l'emballage des produits à DLC longue conditionnés sous atmosphère modifiée (MAP), ainsi que pour l'emballage des produits à DLUO moyenne et longue.

Levier 4 : Augmenter la DLC des produits alimentaires périssables par la mise en œuvre d'emballages actifs

Les emballages actifs modifient les conditions du produit emballé (par piégeage ou par dégagement de substances) afin de ralentir le développement microbien, et/ou de préserver les propriétés organoleptiques des aliments et ainsi d'augmenter leur durée de conservation. Ils constituent donc un moyen d'augmenter la DLC des produits alimentaires périssables et pourraient ainsi contribuer à diminuer le gaspillage. Trois technologies ont été retenues pour cet axe :

- EMBALLAGES PIEGEURS (OXYGENE ET COMPOSANTS DE MATURATION)

Les emballages absorbeurs interviennent principalement pour limiter l'accumulation d'oxygène, d'éthylène ou d'eau. Ils se présentent sous la forme de sachets ou d'étiquettes disposées dans l'emballage ou peuvent être dispersés dans la masse du polymère d'emballage (bouchons, films, barquettes). Les emballages absorbeurs d'oxygène ont un impact direct sur la DLC des produits réfrigérés: l'utilisation d'un absorbeur d'oxygène peut généralement augmenter d'au moins 20% la Durée de Vie Microbiologique d'un aliment frais réfrigéré. La maîtrise de l'eau ou de l'éthylène par l'utilisation de technologies d'absorption permet d'augmenter la durée de vie des produits, de par la limitation de phénomènes biochimiques ou microbiologiques. Elle permet également de limiter le gaspillage alimentaire, de par la meilleure maîtrise des défauts d'aspect. Ce type d'emballage peut être appliqué à de nombreux produits : les fromages frais, les produits carnés, les charcuteries, les produits de panification ou les fruits.

- EMBALLAGES EMETTEURS DE CO_2 OU D'ETHANOL

Le CO_2 est très largement utilisé en conditionnement sous atmosphère modifiée (MAP), procédé consistant à remplacer l'air à l'intérieur des emballages par un mélange de gaz aux propriétés bactériostatiques et antioxydantes, pour augmenter la durée de conservation des produits. Le CO_2 peut aussi être généré par l'action d'acides organiques (acides citrique, malique, tartrique ou acide ascorbique) sur un substrat minéral. Les applications concernées par cette technologie sont les pâtes fraîches, les pains et croissants précuits, les saucisses et viandes fraîches, les plats cuisinés et plateaux repas. Les émetteurs d'éthanol peuvent se présenter sous forme d'étiquettes adhésives ou de sachets contenant de l'éthanol encapsulé. Les applications se situent principalement dans le domaine de la boulangerie / pâtisserie / viennoiserie préemballée.

- EMBALLAGES A LIBERATION CONTROLEE DE SUBSTANCES A EFFET ANTIMICROBIEN

L'incorporation de substances à effets antimicrobiens dans les emballages, ou leur greffage sur face interne des emballages, permet une action progressive au cours du temps ainsi qu'une action concentrée sur la surface de l'aliment. Pour retarder ou empêcher le relargage des substances, différentes méthodes sont employées : l'encapsulation, l'incorporation dans des couches internes de matériaux multicouches, l'immobilisation sur des charges minérales de haute surface spécifique, l'incorporation dans des films de protéines qui libèrent l'actif après contact uniquement avec un aliment de forte activité d'eau, etc. Les antimicrobiens offrent des perspectives d'amélioration très sensibles de la DLC des produits périssables réfrigérés. Les principales applications concernent les produits carnés et le poisson, et certains produits laitiers.

Levier 5 : Augmenter la durée de conservation des produits alimentaires par des procédés de stablisation et de conservation plus respectueux de la qualité des aliments.

Plusieurs innovations dans le domaine des procédés agroalimentaires permettent d'augmenter la durée de conservation des produits tout en améliorant leurs qualités organoleptiques ou nutritionnelles. D'après Bond et al (2013), la mise en œuvre de procédés de préservation permet de prolonger la durée de vie des produits et d'améliorer leur qualité nutritionnelle, contribuant ainsi à diminuer la quantité de déchets. D'après le rapport, il existe encore un potentiel important dans l'utilisation de nouveaux procédés de stabilisation des produits alimentaire périssables.
L'optimisation des technologies traditionnelles (notamment la préservation par la chaleur, pasteurisation, appertisation) est abordée au point 1.2.5

Les technologies permettant de mieux décontaminer les produits alimentaires périssables permettent d'une part d'allonger la DLC des produits emballés avant leur ouverture rendant ainsi possible une meilleure gestion des flux et des stocks au niveau de la distribution. D'autre part, elles permettent souvent une amélioration de la qualité microbiologique après l'ouverture des emballages, rendant ainsi possible une augmentation de la durée de conservation dans les réfrigérateurs des consommateurs. Huit technologies déjà mises en œuvre industriellement, ou plus récentes et en cours d'industrialisation, ou enfin encore au stade de la R&D, ont été retenues pour cet axe :

- HAUTES PRESSIONS

Les hautes pressions permettent de décontaminer à température ambiante ou réfrigérée des aliments pré-emballés grâce à l'application d'une très forte pression hydrostatique. Les hautes pressions agissent sur les micro-organismes et ont une faible action sur les petites molécules (vitamines, arômes, lipides, sucres, etc..). Comparé aux traitements thermiques comme la pasteurisation, le procédé est donc plus respectueux de la valeur nutritionnelle et organoleptique des aliments. Les applications identifiées, potentielles et/ou déjà industrialisées sont nombreuses, essentiellement pour les produits frais, crus ou cuits, réfrigérés (produits végétaux, produits carnés, plats cuisinés et plats préparés frais réfrigérés, sauces et condiments, produits laitiers et produits de la mer. Par son action décontaminante, le procédé permet d'allonger significativement la DLC des produits réfrigérés préemballés, à valeur organoleptique égale y compris certains aliments pour lesquels aucun traitement thermique n'est techniquement possible : aliment crus et/ou fragiles, produits tranchés et reconditionnés (charcuteries, fromages). Une DLC allongée avant ouverture et une meilleure qualité microbiologique à l'ouverture autorisent une meilleure gestion des flux et des stocks, et limitent ainsi les gaspillages au niveau de la distribution et du consommateur. Cette technologie permet par exemple une multiplication par 3 de la DLC du jambon cuit prétranché, par rapport au produit classique, et une moindre contamination en bactéries lactiques après tranchage/reconditionnement.

- MICRO-ONDE

La technologie microonde permet d'obtenir, par génération interne de chaleur, un chauffage assez rapide du contenu de produits préemballés. Elle permet ainsi d'appliquer une pasteurisation thermique intense en un temps court. Le chauffage par microonde s'applique principalement aux aliments humides (solides et/ou liquides) préemballés en emballage non métallique : sachet plastiques, barquettes operculées, etc. Par son action décontaminante par pasteurisation thermique, le chauffage microonde permet d'obtenir les DLC recherchées pour des produits préemballés cuits, pasteurisés puis réfrigérés, en particulier les plats cuisinés fragiles, les produits de la mer, etc. Le traitement s'accompagne d'une amélioration sensible du rendement matière et des qualités sensorielles. A qualité organoleptique équivalente ou améliorée (faible cuisson), la pasteurisation microonde permet également d'obtenir des DLC plus longues comparé aux traitements thermiques

conventionnels. La pasteurisation industrielle par microondes se prête tout particulièrement au traitement des portions individuelles. A titre d'exemple, la technologie permet d'obtenir une DLC de 28 jours pour un plat cuisiné composé de saumon, légumes, sauce, présentant une très bonne qualité sensorielle.

❖ CONDITIONNEMENT ASEPTIQUE

Le conditionnement aseptique est appliqué en association après le traitement de stabilisation thermique d'un produit en vrac. Le traitement thermique de pasteurisation ou de stérilisation est généralement réalisé en continu pour des produits pompables et suivi du conditionnement dans l'emballage final préalablement décontaminé. Le remplissage du produit refroidi et la fermeture étanche ont lieu à l'abri de toute recontamination. La technique est notamment utilisée pour le lait UHT (ultra haute température) en brique, les potages, sauces ou compotes de fruits. Le conditionnement aseptique, couplé aux traitements thermiques pratiqués, permet la fabrication de produits stables à température ambiante, avec des DLUO de plusieurs mois, pouvant atteindre 24 mois environ. Il permet de réaliser des conditionnements de petite taille et autorisent une utilisation facile avec un minimum de perte. Le produit étant généralement stabilisé pour une conservation à température ambiante (conserves), il est de fait parfaitement décontaminé à l'ouverture, et sa conservation réfrigérée après ouverture est donc facilitée et assez durable, surtout si un dispositif de bouchage refermable par l'utilisateur prévient au moins partiellement les recontaminations excessives lors du stockage dans le réfrigérateur du consommateur.

❖ CHAUFFAGE OHMIQUE

Le chauffage ohmique est un traitement thermique innovant qui consiste à chauffer très rapidement un aliment, par circulation directe dans cet aliment d'un courant électrique alternatif de fort voltage et forte intensité. Le produit est mis en circulation dans un tube isolant et isolé électriquement, équipé d'électrodes annulaires à ses extrémités. Ce traitement est essentiellement appliqué sur des produits pompables avec ou sans particules (potages, compotes, sauces, légumes cuisinés…). Le procédé doit être couplé au conditionnement aseptique et aura les mêmes effets sur la conservation du produit : (i) possibilité de fabrication de produits stables à température ambiante avec des DLUO de plusieurs mois, (ii) possibilité de conditionnements de petite taille et (iii) augmentation de la durée de conservation dans le réfrigérateur du consommateur. Ce procédé thermique à faible impact de cuisson préserve remarquablement les qualités organoleptiques et nutritionnelles des aliments.

❖ LUMIERE PULSEE

Le traitement par Lumière Pulsée ou ILHDE (Impulsions Lumineuses à Haute Densité Energétique) consiste à décontaminer une surface (d'un emballage, d'un matériel ou directement d'un aliment) au moyen de flashs de lumière blanche de très haute intensité, générés par des lampes au xénon. C'est un procédé de décontamination microbiologique et de détoxification athermique. Il permet la décontamination de surface des emballages et de matériels en contact alimentaire, la décontamination de surface d'aliments, la décontamination des liquides clairs ou peu colorés et la détoxification des molécules chimiques. Par son action décontaminante à froid et en surface des aliments, le procédé permet d'allonger significativement la DLC des produits préemballés tout en réduisant l'utilisation de certains conservateurs. Il s'applique aux aliments crus et/ou fragiles, produits tranchés et reconditionnés (charcuteries, fromages, produits de panification). A titre d'exemple la décontamination du pain par lumière pulsée permet une augmentation de la DLC de 14 jours à 5 mois, la décontamination de mini cakes préemballés permet une augmentation de 26 jours à 6 mois.

❖ IONISATION

L'ionisation des aliments ou des emballages consiste à soumettre les aliments à un rayonnement ionisant de forte énergie. Deux méthodes peuvent être utilisées : les rayons gamma émis par une source radioactive et les faisceaux d'électrons accélérés produits par un dispositif électrique. Le procédé est strictement encadré par une réglementation avec un principe de la liste positive : toute ionisation de produit alimentaire non autorisé, est interdite. L'ionisation, par sa capacité technique de décontamination des bactéries, levures, moisissures, sans échauffement, de pratiquement toutes les denrées alimentaire (fraiches ou transformées, y compris déshydratées ou congelées), permettrait techniquement de préparer des aliments avec des durées de vies très améliorées. Le procédé pourrait ainsi permettre de multiplier par 3 les Durées de Vie Microbiologique des fruits et légumes frais et par 2 la durée de vie microbiologique (DVM) du jambon cuit prétranché. La technologie pourrait également permettre de retarder la maturation d'un produit ou des désinfecter les emballages. Certaines de ces applications ne sont toutefois pas encore autorisées dans l'UE.

❖ DECONTAMINATION CHIMIQUE DE SURFACE

La décontamination de surface à l'aide de substances chimiques consiste à exposer l'aliment par contact direct à une substance chimique ayant des propriétés antimicrobiennes pour réduire la contamination de surface après une courte durée de contact, suivie d'une phase d'élimination de la substance (rinçage, évaporation..). La décontamination chimique agit uniquement en surface, ce qui réduit l'impact sur la matrice alimentaire. Par nature, ces technologies ne peuvent que diminuer la contamination globale de l'aliment, n'ayant aucun effet en profondeur. En revanche si la contamination est présente uniquement en surface, l'efficacité peut être remarquable. Il existe deux types de technologie : les substances sous forme de gaz (ozone, dioxyde de Chlore, vapeur de peroxyde d'hydrogène, etc..) utilisés principalement pour décontaminer les solides secs divisés (poudres, produits déshydratés, graines de céréales), et les substances liquides (substances chlorés, eau ozonée, acide peracétique, H_2O_2, etc..) employés pour le lavage décontaminant des aliments. Les principales applications concernent les produits secs, les fruits et légumes, les poissons, les viandes crues, notamment carcasses : volailles entières, bovins. La technologie permet d'allonger significativement la DLC des produits préemballés. Elle est déjà notamment utilisée pour la décontamination des végétaux crus prêt à l'emploi (IVème gamme) pour lesquels aucun autre traitement, notamment thermique, n'est techniquement possible. Les applications à la décontamination d'emballages vides avant remplissage s'inscrivent dans la réflexion sur l'amélioration des techniques de conditionnement aseptiques.

❖ DECONTAMINATION DES EMBALLAGES PAR TRAITEMENT PLASMA

Cette technologie utilise la génération d'un plasma de gaz froid mis en contact quelques secondes avec la surface interne d'un emballage (métallique, plus généralement plastique) pour le décontaminer microbiologiquement. Un plasma froid est obtenu par décharge électrique à haute tension dans un gaz inerte (azote, argon ou hélium). Dans le domaine alimentaire, seules les applications sur les matériaux d'emballages sont maitrisées et envisagées : l'application des plasmas froids directement à la surface des aliments n'a pas fait l'objet de beaucoup de recherches, même si le concept est détecté comme potentiellement très intéressant. Les aliments concernés sont donc indirectement, tous ceux qui sont périssables et qui pourraient bénéficier d'un conditionnement parfaitement décontaminé microbiologiquement. La technologie des plasmas froids, par sa capacité à décontaminer les emballages plastiques, permettrait techniquement de conditionner des aliments avec des durées de vies améliorées. Le traitement plasma ne peut s'appliquer qu'à la face interne de l'emballage vide immédiatement avant conditionnement: cette technique est à associer avec le conditionnement aseptique et/ou ultrapropre, ou le conditionnement en salles blanche.

Levier 6 : Encourager l'utilisation d'emballages portionables et de petites portions en rendant les technologies compatibles avec les exigences environnementale et de santé

Il y a un consensus dans la littérature (CNE, 2011, FDE, 2013 ; Lipinski et al., 2013 ; Suested et al., 2011) pour encourager l'utilisation de portions adaptées aux usages des consommateurs. Les emballages portionnables, refermables et assurant la juste dose du produit sont ainsi identifiés comme des leviers de réduction du gaspillage alimentaire. Ces approches pourraient mener à une multiplication des emballages, avec le développement des petites portions et des modes de consommation nomade. Cette approche se justifie d'un point de vue environnemental global, car l'addition d'emballages ou de nouvelles fonctionnalités est en général plus que compensé par le potentiel de réduction des déchets alimentaires apporté par le nouvel emballage. L'augmentation du volume des emballages usagés générés devra cependant s'accompagner d'une amélioration des performances de la filière de recyclage. Des efforts devront à la fois améliorer le taux de recyclage des matériaux aujourd'hui collectés, mais également élargir le gisement collecté.

Deux technologies ont été retenues pour cet axe :

- TECHNOLOGIES MONOCOUCHE RECYCLABLE

Pour consolider l'intérêt environnemental des emballages portionnables il convient d'améliorer leur recyclabilité et leur fin de vie : l'innovation consiste à rendre compatibles les caractéristiques des emballages aux impératifs de recyclabilité. Différentes pistes techniques peuvent être envisagées : (i) le développement de matériaux d'emballages barrières monocouches (utilisation de polymères barrières qui assurent en même temps de façon satisfaisante les autres fonctions de l'emballage) ; (ii) matériaux barrières assimilés à des monocouches, c'est-à-dire comportant des composants mineurs qui seront dispersés dans la masse au cours du recyclage matière, (iii) les emballages à composants multiples mais non solidarisés, et donc séparables au cours de l'opération de tri afin de permettre de recycler séparément des composants matériaux purs ou (iv) les emballages « multicouches monomatière » avec l'utilisation d'un seul et même matériau de base formulé de façon différenciée pour apporter les différentes propriétés recherchées dans un emballage.

- EMBALLAGES MINIMISANT EN TOUTES CONDITIONS LES PHENOMENES DE MIGRATION

Le développement des emballages portionnables a pour conséquence une augmentation du ratio entre les surfaces moyennes des emballages et le volume de produits consommés. Les emballages portionnables et/ou de faible volume font ainsi face à une contradiction : si leur développement améliore l'ACV (Analyse Cycle de Vie) du produit emballé via la réduction du gaspillage alimentaire, il implique par ailleurs l'augmentation de l'exposition du consommateur à l'ensemble des composés migrant des emballages. Le développement d'emballages portionnables doit donc s'accompagner d'une recherche de minimisation du risque chimique associé à l'utilisation des matériaux d'emballages. Cette catégorie d'innovations regroupe de nouveaux matériaux d'emballages alimentaires conçus à partir d'une approche de « safe-formulation ». Cette « safe-conception » des matériaux d'emballage repose sur l'utilisation d'outils prédictifs du danger des substances chimiques (outils QSAR) ou de l'exposition (outils de prédiction du partage des substances entre l'emballage et les aliments, outils de prédiction de la diffusion des substances, base de données de sources d'exposition).

Tableau 5 aperçu des 26 innovations technologiques retenues dans l'étude

1. Améliorer la flexibilité des systèmes de production par le suivi des produits alimentaires le long de la chaîne d'approvisionnement	- Emballages avec intégrateurs temps/température - Traçabilité RFID - Emballages instrumentés par détection de traceurs (oxygène, CO_2, éthylène) - Emballages instrumentés par détection de microorganisme
2. Prolonger la fraîcheur des produits alimentaires hautement périssables	- Biopréservation - Biopréservation par les phages - Emballages respirants par technologie de perforation - Emballages à perméabilité sélective
3. Améliorer les propriétés barrières des emballages	- Nouveaux polymères d'emballages avec hautes propriétés barrières - Coatings minéraux technologies plasma - Coatings organiques nanochargés - Matériaux d'emballage nanochargés dans la masse - Emballages bio-sourcés
4. Développer et mettre en œuvre des emballages actifs	- Emballages piégeurs (oxygène et composants de maturation) - Emballages émetteurs de CO_2, emballages émetteurs d'éthanol - Emballages à libération contrôlée de substances à effet antimicrobien
5. Développer des procédés de stabilisation et de conservation plus respectueux de la qualité des aliments.	- Hautes pressions - Chauffage microonde - Conditionnement aseptique - Chauffage ohmique - Lumière pulsée - Ionisation - Décontamination chimique de surface - Décontamination des emballages par traitement plasma
6. Encourager l'utilisation d'emballage portionnables et de petites portions en rendant les technologies compatibles avec les exigences environnementales et de santé	- Technologies monocouches recyclables - Emballages minimisant en toutes conditions les phénomènes de migration

3.2.4. Les possibilités de combinaisons des innovations technologiques

Les innovations technologiques couvertes par cette étude sont analysées de façon individuelle. Dans la pratique, l'industrie agroalimentaire a souvent recours à une combinaison d'avancées technologiques. Cette section présente à titre d'exemple quelques possibilités de combinaison d'innovations ainsi que les types d'emballages susceptibles de bénéficier des avancées technologiques retenues dans l'étude.

- **Pasteurisation industrielle par micro-ondes / Emballages portionnables et praticité pour le consommateur**

Le procédé de pasteurisation industrielle par microonde des plats cuisinés réfrigérés prêts à la consommation est particulièrement adapté au traitement des emballages de tailles moyenne ou petite, notamment les portions individuelles.

- **Décontamination des emballages / Conditionnement aseptique**

Le conditionnement aseptique s'applique sur des aliments décontaminés préalablement au moyen de traitements thermiques mis en œuvre sur le produit pompable circulant en vrac. Cela requiert une parfaite décontamination séparée de l'emballage final. Les technologies de décontamination innovantes des emballages peuvent reposer sur l'utilisation de biocides chimiques ou l'utilisation de technologies physiques (décontamination des emballages par traitement plasmas froids, lumière pulsée ou ionisation in situ par faisceaux d'électrons). De façon symétrique, le conditionnement aseptique nécessite des technologies performantes pour le traitement des produits alimentaires en ligne des produits pompables, telles que le chauffage ohmique.

- **Hautes Pression / Biopréservation et Hautes Pressions / Emballages actifs**

Les hautes pressions, utilisées pour décontaminer très efficacement les flores pathogènes et d'altération des produits périssables réfrigérés, présentent par ailleurs un impact modéré sur les bactéries lactiques les plus résistantes. Il est donc séduisant d'associer les hautes pressions appliquées à des niveaux d'intensité réduits, procédé moins couteux et moins impactant sur les produits crus, avec l'ajout de ferments de biopréservation résistant suffisamment au traitement haute pression pour exercer une action dans le produit fini. De la même façon, le fait que les Hautes Pressions soient appliquées à froid et en général sur des aliments conditionnés sans espace de tête (bouteilles totalement remplies, sachets sous vides, etc.) permet d'envisager l'utilisation en combinaison de matériaux d'emballages actifs plaqués sur l'aliment, portant des actifs fragiles mais insensibles aux hautes pressions. Ces combinaisons de technologies innovantes complémentaires / cumulatives répondent au concept « Hurdle Technology » permettant de réduire l'impact de la transformation sur les produits pour en préserver la naturalité, tout en sécurisant vis-à-vis du risque pathogène et en allongeant les DLC.

- **La traçabilité à associer à toutes les technologies**

Elément incontournable de la maîtrise de la chaîne technologique, la traçabilité est appelée, sous toutes ses formes, à être associée aux autres technologies, dans tous les cas en amont du processus de production, mais également au niveau de la distribution et du consommateur. Plusieurs innovations relatives aux emballages peuvent s'appliquer aux emballages de ventes ou aux emballages groupés, notamment les emballages avec intégrateurs temps/température, les puces RFID ainsi que les emballages instrumentés (par détection de traceurs ou de microorganismes). Les contraintes de coûts rendent notamment attractif la mise en œuvre de puce RFID et d'intégrateurs

temps/température sur les emballages secondaire, comme démontré dans le projet de recherche européen PASTEUR[41].

3.2.5. Autres innovations non couvertes par l'étude et susceptibles de contribuer à la réduction du gaspaillage alimentaire : le transfert de « produit à DLC » à « produit à DLUO »

Les technologies thermiques dites « traditionnelles » notamment d'appertisation peuvent également constituer un vecteur d'innovation pour proposer des aliments transformés permettant de lutter contre le gaspillage.

Si la relation entre DLC et gaspillage est difficile à établir pour les produit frais ou réfrigérés, le **basculement** de certains *produits cuits périssables* (pasteurisés puis réfrigérés, avec DLC de quelques jours à quelques semaines) vers des *aliments non périssables* de bonne qualité (produits appertisés autorisant un stockage à température ambiante, avec DLUO de plusieurs mois à plusieurs années, etc…) **peut également présenter un fort intérêt**.

Les contraintes techniques fortes pour réussir la stabilisation pour l'ambiance de ce type de produits représentent toutefois de vrais challenges en termes d'innovation technologiques, et ont donc naturellement leur place dans ce rapport, car l'innovation technologique requise est élevée.
Le cahier des charges à satisfaire est le suivant :

- ✓ aliments (cuits, traités thermiquement) se conservant à l'ambiance au moins 6 mois , idéalement 12 mois à 24 mois ;
- ✓ produits de qualité organoleptique et nutritionnelle très proches des aliments pasteurisés – réfrigérés de référence ; notamment en terme de texture, couleur, saveur ;
- ✓ emballages adaptés aux différents consommateurs, de type « portion » et/ou « familial » permettant un usage à 100% après ouverture, sans gaspillage ;
- ✓ respect des contraintes environnementales des emballages.

Ce type de changements représente un gisement de progrès et d'innovation très important.
Les innovations technologiques pouvant être mobilisées pour la mise au point des tels produits / process sont notamment les suivantes :

- ➢ Formulation spécifiques des produits appertisés utilisant : (i) des acidifiants discrets permettant de réduire le pH sans impact organoleptique majeur (autorise d'alléger considérablement le traitement thermique requis ; contribue à la stabilité des produits finis) et (ii) : des sauces formulées pour améliorer la pénétration de la chaleur à haute température ;
- ➢ Traitements thermiques de nouvelle génération : Barèmes à Température Variable minimisant l'impact de cuisson, tout en garantissant la Valeur Stérilisatrice nécessaire et suffisante à cœur). *Ces process thermiques modernes sont calculés par des logiciels de simulation numérique.* L'optimisation fine des traitements thermiques permet souvent de réduire la durée des traitements d'au moins 15% ;
- ➢ Technologies d'autoclaves avec innovations équipementiers (agitations spéciales, etc..) pour réduire la durée des traitements thermiques, et donc l'impact de cuisson ;
- ➢ Matériaux d'emballage hautement barrières à l'oxygène (voir les technologies d'emballages décrites dans le Levier 3).

[41] http://www.wageningenur.nl/en/show/Food-waste-reduction-thanks-to-chip.htm

Les traitements thermiques traditionnels (aliments en conserves) présentent par ailleurs l'intérêt d'une excellente acceptabilité par les consommateurs. La stabilité obtenue par la chaleur permet aussi de réduire voire de supprimer les additifs conservateurs (clean label).

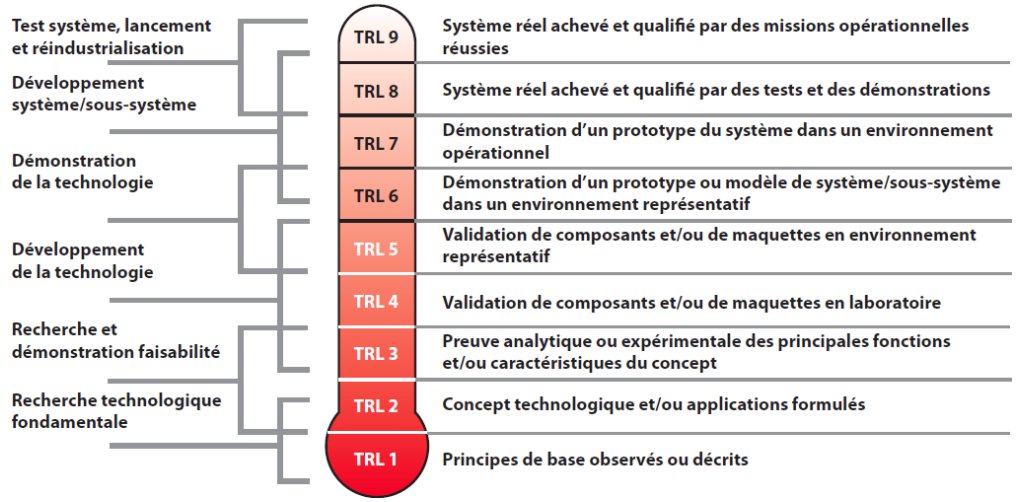
Cette approche technique pour stabiliser des denrées périssables requiert toutefois beaucoup de R&D et d'accompagnement des industriels et PME française, mais la France dispose de nombreux atouts industriels :

- Industriels , PME et artisans très nombreux dans le secteur des produits appertisés, secteur très exportateur ;
- Equipementiers français de premier plan international pour la fabrication des autoclaves (LAGARDE , STERIFLOW , ACB , STERITECH, TECHNA, AURIOL, BROUILLON, etc..) secteur exportateur leader mondial ;
- Savoir-faire spécifique dans les domaines clés :
  - mise au point des traitements thermiques optimisés (en batch et/ou en continu/aseptique)
  - thermobactériologie des sporulés , pour la sécurité sanitaire
  - science des matériaux pour les packagings plastiques barrières à l'O_2, autorisant des DLUO longues.

3.3. La maturité des technologies

La présentation des innovations technologiques annexées au rapport renseigne sur le degré de maturité de chaque technologie. Les estimations sont réalisées en utilisant l'échelle TRL (en anglais « Technology Readiness Level », en français « Niveau de Maturité Technologique ») présentée ci-dessous.

Figure 10 échelle de niveau de maturité technologique TRL (Technology Readiness Level)



❖ **Innovations technologiques en phase de démonstration (TRL 7 à 9)**

La moitié des innovations technologiques couvertes par l'étude sont considérées matures avec un TRL estimé entre 7 (démonstration de prototype en environnement opérationnel) et 9 (système réel validé).

La plupart des innovations relatives aux emballages actifs et intelligents se retrouvent dans cette catégorie. Certaines innovations décrites recouvrent cependant différentes voies technologiques avec différents degrés de maturité. Par exemple les indicateurs temps température basés sur des technologies actuelles (simple changement de couleur) sont considérés en pleine maturité alors que les voies alternatives reposant sur des indicateurs délivrant des informations exploitables numériquement nécessitent encore un effort conséquent de recherche.

Deux innovations relatives aux matériaux d'emballages sont considérées comme matures : le dépôt sur film de coatings minéraux et les technologies plasma (dépôt sur film) ainsi que les matériaux d'emballage nanochargés dans la masse : les technologies peuvent être considérées comme matures dans le sens où des démonstrations techniques montrent la plus-value en termes de propriétés barrières.

Enfin, toutes les innovations relatives à la préservation des aliments par hautes pressions, chauffage microonde, conditionnement aseptique, chauffage ohmique, lumière pulsée, ionisation et décontamination chimique de surface sont considérés comme mature. Ces technologies sont déjà en phase d'industrialisation pour certaines applications. La recherche académique se poursuit

notamment pour accompagner les industriels dans l'optimisation des procédés et leur adaptation à une plus large gamme de produits.

❖ **Innovations technologiques en phase de développement (TRL 4 à 6)**

Cinq innovations technologiques rentrent dans cette catégorie :

- Les emballages instrumentés permettant une détection directe ou indirecte du développement des microorganismes ne sont aujourd'hui développées que pour la détection de quelques pathogènes. Généralement, un capteur ne répond qu'à une espèce donnée et des travaux additionnels sont nécessaires pour la mise au point de capteurs multi-détection. Ce type d'innovation pourrait bénéficier des avancées réalisées dans d'autres domaines comme le domaine médical ou les biotechnologies.
- Certains coatings permettant d'améliorer les propriétés barrières des emballages nécessitent des travaux complémentaires pour adapter leur usage aux applications alimentaires. C'est le cas des coatings minéraux par technologies plasma reposant sur la technologie de dépôt sous-vide et des coatings organiques nanochargés.
- Beaucoup de travaux de recherche sont en cours de réalisation pour le développement d'emballages bio-sourcés. A ce jour, les deux matériaux retenus dans cette étude (le PBS et le PEF) ne sont produits qu'à échelle laboratoire. Les monomères sont en cours de validation au stade de productions pilotes.
- Concernant les innovations relatives aux technologies monocouches recyclables, il existe une grande diversité de maturité des différentes pistes à envisager pour favoriser la recyclabilité des matériaux d'emballages.

❖ **Innovations en phase de recherche (TRL 1 à 3)**

Sept innovations technologiques doivent encore faire l'objet d'importants travaux de recherche. Elles peuvent être regroupées en quatre familles :

- Les emballages avec intégrateurs temps/température ainsi que les système de traçabilité basé sur le RFID avec un besoin de recherche important sur des puces RFID à technologies adaptées, beaucoup moins couteuses que les actuelles puces qui sont assez complexes dans leur élaboration, et qui seraient compatibles avec les produits agroalimentaires.
- La biopréservation appliquée à certains aliments traditionnels (par exemple les crevettes cuites) est considérée comme mature. La technologie est cependant une méthode difficile à maîtriser pour la conservation des produits frais et ultra-frais et encore mal valorisée par rapport à ses capacités. Elle pourra bénéficier des développements réalisés dans d'autres secteurs comme par exemple la biofertilisation par des micro-organismes dans le domaine agronomique ou encore de l'encapsulation de bactéries probiotiques dans le domaine de l'alimentation-santé.
- D'importants travaux de recherche seront nécessaires pour le développement de nouveaux matériaux d'emballages notamment pour les polymères originaux comme les copolymères époxy thermoplastiques, les emballages à perméabilité sélective basé sur des associations de différents matériaux ou les nouveaux matériaux d'emballages alimentaires conçus à partir d'une approche de « safe-formulation ».

- Enfin, la technologie de décontamination par plasma froid est déjà mature et en usage assez largement pour la décontamination de dispositifs médicaux, mais n'est pas ou peu utilisée actuellement pour la décontamination des emballages destinés aux aliments. L'utilisation des plasmas pour la décontamination directe de surface des aliments est un concept séduisant mais pour le moment encore au stade de la recherche académique

Tableau 6 : degré de maturité des 26 innovations technologiques retenues dans l'étude

1 Innovations technologiques matures (TRL 7 à 9)	Emballages instrumentés par détection de traceurs Emballages piégeurs Emballages émetteurs de CO_2, emballages émetteurs d'éthanol Emballages à libération contrôlée de substances à effet antimicrobien Coatings minéraux technologies plasma (dépôt sur film) Matériaux d'emballage nanochargés dans la masse Emballages respirant par technologie de perforation Hautes pressions Chauffage microonde Conditionnement aseptique Chauffage ohmique Lumière pulsée Ionisation Décontamination chimique de surface
2 Innovations technologiques en phase de développement (TRL 4 à 6)	Emballages instrumentés par détection de microorganisme Coatings minéraux technologies plasma (dépôt sous-vide) Coatings organiques nanochargés Emballages bio-sourcés Technologies monocouches recyclables
3 Innovations technologiques en phase de recherche (TRL 1 à 3)	Emballages avec intégrateurs temps/température Traçabilité RFID Biopréservation et Biopréservation par les phages Nouveaux polymères d'emballages avec hautes propriétés barrières Emballages à perméabilité sélective Décontamination des emballages par traitement plasma Emballages minimisant en toutes conditions les phénomènes de migration

3.4. La présence d'acteurs au niveau national

Les fiches technologiques présentées dans l'annexe 'Fiches technologiques' incluent une description des principaux acteurs impliqués dans la recherche et le développement des innovations couvertes par cette étude. Cette section du rapport présente une synthèse des acteurs académiques et industriels identifiés. Cette liste n'est pas exhaustive.

❖ **Principaux organismes de recherche**

Dans le domaine des matériaux d'emballages, les principaux acteurs de la recherche incluent :

- L'université Pierre et Marie Curie, l'IMP Lyon et la Faculté de Pharmacie de Montpellier (polycondensation de nouveau matériaux).
- L'institut des molécules et matériaux du Mans, UMR CNRS-université du Mans 6283 (polymère et dépôt plasma).
- L'institut Laplace de Toulouse et l'université de Perpignan (dépôt plasma).
- Les universités de Lyon et Grenoble (Coating nanochargés).
- Les universités de Rouen et de Lyon (matériaux nanochargés).

La recherche sur les emballages perforés (application au domaine des fruits et légumes) implique le CTIFL, l'INRA, le CIRAD, les universités d'Avignon et de Montpellier (assistance logicielle à la conception d'emballages respirant).

Dans le domaine des technologies RFID et des intégrateurs temps température, le principal acteur académique français est le Laboratoire d'Electronique des Technologies de l'Information (LETI), rattaché au CEA de Grenoble. Le LETI est l'une des plus grandes organisations de recherche appliquée en matière de microélectronique et de nanotechnologies dans le monde. Le CEA de Grenoble est en outre membre du Centre National de la RFID (CNRFID) aux côtés de 14 autres membres académiques, dont le CNRS, l'école ISEN de Toulon, et l'Université d'Aix Marseille. Le CNRFID compte également plus de 200 partenaires offreurs de solutions, présents sur le sol français, et particulièrement sur le campus Minatec. L'institut Liten-CEA travaille également sur l'électronique organique imprimée. Les universités de Montpellier (projet ANR « NextGenPack ») et de Lyon sont également actifs dans le développement de technologies RFID.

Beaucoup d'acteurs académiques interviennent dans le domaine des antimicrobiens : l'université de Lyon Biodymia, l'université de Montpellier, l'école Agrosup Dijon et l'ENSAIA Nancy, le laboratoire Secalim (INRA-ONIRIS) de Nantes

Concernant la biopréservation, la région de Nantes qui rassemble le laboratoire Secalim ONIRIS-INRA, IFREMER, la start-up Biocéane et la société MITI est le berceau du développement des travaux sur les micro-organismes bioprotecteurs. Au niveau national, l'incorporation de micro-organismes dans des solutions filmogènes est abordée conjointement par les laboratoires BioDyMIA (Université Lyon 1, site de Bourg en Bresse) et PAM (équipe PAPC, AgroSup Dijon-Université de Borgogne). L'encapsulation de micro-organismes bioprotecteurs est un sujet en cours de développement à l'Université de Lorraine.

Dans le domaine des procédés alimentaires :

- Pour la technologie haute pression : laboratoire GPEA d'ONIRIS à Nantes, l'UMR IATE à Montpellier (Montpellier II / Polytec Montpellier / Supagro), les universités de Bordeaux, de Bourgogne, l'ENSBANA Dijon ainsi que les centres techniques, principalement le CTCPA.
- Pour les micro-ondes, plusieurs équipes universitaires et Centres Techniques disposant d'équipements pilotes sont actifs et connus comme spécialistes du procédé, notamment ONIRIS (laboratoire GPEA), le CTCPA ou le CETIAT.
- Pour le chauffage ohmique : AgroParisTech - UMR GeniAL avec le CTCPA, l'Université Montpellier II et le Centre de recherche EDF des Renardières.
- Pour la lumière pulsée : l'Agrohall à Evreux, le Laboratoire de Microbiologie du Froid de l'IUT d'Evreux et le CTCPA.
- Pour l'ionisation, le centre technique AERIAL est l'une des rares structures à proposer compétence et possibilité d'essais en France pour des applications en industrie agroalimentaire.
- Pour la décontamination par biocides : ACTALIA Normandie, CTCPA d'Amiens et l'Institut Polytechnique Lasalle de Beauvais.
- Pour les procédés de décontamination plasma : l'UMR GREMI (Groupe de Recherches sur l'Energétique des Milieux Ionisés) entre l'Université d'Orléans et le CNRS, l'Ecole polytechnique. Le CNRS anime un réseau des laboratoires impliqués dans les plasmas froids.

❖ **Plateformes, Pôles de compétitivité et Réseau Mixte Thématique (RMT)**

La plateforme technologique « PTI Alimentec » coordonne des projets de recherche « emballage et aliments » à la frontière entre l'ensemble des champs disciplinaires traitant la safeconception, l'écoconception, et la maîtrise de la qualité sensorielle des aliments emballés

Les pôles de compétitivité et réseaux mixtes technologiques (RMT) suivants sont cités dans les fiches technologiques :

- Le pôle Minalogic à Grenoble pour les emballages instrumentés et la technologie RFID ;
- Les pôles Plastipolis Oyonnax, IAR et AXELERA pour le développement de nouveaux matériaux d'emballage ;
- Le pôle Terralia pour la recherche d'emballages respirant (filières fruits & légumes) ;
- Le RMT FlorePro (flores protectrices pour la conservation des aliments) pour la biopréservation ;
- Le RMT CHLEAN (Conception hygiénique des lignes et équipements et amélioration de la nettoyabilité) pour le conditionnement aseptique ;
- Le RMT PROPACKFOOD pour les innovations dans le domaine des emballages.

❖ Industrie

Les entreprises suivantes ont été identifiées (cette liste n'est pas exhaustive) :

Emballages actifs et intelligents

- QUALIBOO : système de traçabilité passif à code-barres.
- CRYOLOG/TRACEO : solution de traçabilité et Indicateur Temps Température (ITT).
- STANDA : sachets absorbeurs d'oxygène.
- POLYMIX : matériau contenant des ions argent piégés dans de la zéolite (relargage progressif).
- ISYTECH : dépôts plasma sous vide partiel qui a mis au point le procédé de dépôt de carbone amorphe hydrogéné dans les bouteilles pour la société Sidel.
- ACXYS TECHNOLOGIES : traitements des surfaces par technologie plasma.

Emballages innovants

- LASEO, UNI PACKAGING ET CELLPACKAGING CFS : technologie pour emballages perforés.
- ARD – bioamber : production d'acide succinique et de PBS biosourcé, chimie des composés furaniques.
- ROQUETTE : production d'isosorbide et d'acide succinique biosourcés.
- Plateforme PIVERT : valorisation des huiles.
- VIRGINBIOPACK : solutions d'écoconception d'emballages.

Procédés alimentaires

- SAIREM et MICRO-ONDES ENERGIE SYSTEME (MES) : chauffage micro-onde.
- OPAL et GEA PROCESS : chauffage ohmique.
- EUROFEEDBACK et CLARANOR : lumière pulsée.

Décontamination chimique de surface

- SOLVAY : solutions à base d'Acide Peracétique.
- GOEMAR : procédé Oxygreen de traitement à l'ozone gazeux.

Décontamination plasma

- PLASMATREAT
- ACXYS
- BORÉAL

Biopréservation

- Biocéane et la société MITI, start-up du laboratoire ONIRIS-INRA.
- STANDA : producteur de ferments.

❖ Positionnement de la France par rapport aux autres pays européens

Les acteurs nationaux sont relativement bien positionnés par rapport aux autres pays Européens. Le positionnement des entreprises et des centres de recherche français est en particulier favorable pour les technologies suivantes :

- Les technologies RFID et les intégrateurs temps température.

Le secteur est dynamique avec un regroupement des principaux acteurs français (industrie et recherche) au sein du Centre National de la RFID (CNRFID). Le Laboratoire d'Electronique des Technologies de l'Information (LETI) du CEA fait partie des leaders européens de la recherche dans ce domaine aux côtés des autres centres de compétences européens comme le Fraunhofer en Allemagne, l'IMEC en Belgique, le VTT en Finlande ou le CSIC-CNM en Espagne. Si la France apparait en bonne position au niveau européen, les applications industrielles sont plus développées au Japon ou aux USA.

- La biopréservation

La France possède un avantage concurrentiel intéressant notamment grâce à l'expérience des équipes de recherche (notamment le laboratoire Secalim ONIRIS-INRA et l'IFREMER à Nantes). Le secteur est dynamique et coordonné au niveau national, notamment grâce aux activités du RMT FLOREPRO. Plusieurs sociétés comme Standa, Miti ou Biocéane ont une bonne visibilité au niveau international. En ce qui concerne la biopréservation par les phages, les acteurs principaux sont étrangers : Intralitix aux Etats-Unis et Micreos food safety aux Pays-Bas.

- Les procédés alimentaires

La France apparaît en bonne position sur la plupart des procédés alimentaires couverts par cette étude : haute pression, chauffage micro-onde, chauffage ohmique, conditionnement aseptique, lumière pulsée ou ionisation. Les équipes de recherches françaises sont impliquées dans les projets européens et collaborent avec les principaux centres de compétences des autres pays (par exemple AINIA, AZTI ou IRTA en Espagne, DIL en Allemagne, l'université de Wageningen aux Pays Bas, le SIK en Suède ou Campden BRI au Royaume Uni). Au niveau de l'industrie, certaines technologies sont implantées en France par le biais d'équipementier étrangers (par exemple les hautes pressions avec la société espagnole Hyperbaric).

Plusieurs sociétés françaises semblent bien positionnées au niveau européen :
- Sairem pour la technologie des micro-ondes,
- Thimonnier et Sidel pour le conditionnement aseptique,
- Eurofeedback et Claranor pour la lumière pulsée,
- Aérial pour l'ionisation,
- Goemar et ACXYS pour les procédés de décontamination.

Au niveau des emballages, la recherche française est dynamique et bien positionné pour la plupart des technologies mais le secteur est cependant très concurrentiel au niveau européen. Les réseaux comme le RMT PROPACKFOOD et les pôles de compétitivité PlastiPolis ou Minalogic, permettent d'animer la recherche au niveau national.

3.5. Le contexte réglementaire

Les fiches technologiques présentées dans l'annexe 'Fiches technologiques' décrivent dans le détail les risques sanitaires et la législation encadrant leur mise en œuvre par l'industrie agroalimentaire. Un résumé de ces aspects est présenté dans cette section.

❖ **Réglementation relative aux emballages actifs et intelligents**

Parmi les innovations retenues dans cette étude, sept technologies relèvent de la législation relative aux emballages actifs et intelligents. Ce type d'emballage est susceptible d'entrer en interaction directe ou indirecte avec le produit alimentaire et leur innocuité doit être démontrée. A ce jour, en l'absence d'une liste établie de substances autorisées pour les emballages actifs et intelligents, tous les nouveaux produits doivent passer par la soumission d'un dossier à l'EFSA, ce qui constitue un frein provisoire au développement rapide des technologies. La législation de référence dans ce domaine est le *règlement (CE) n° 450/2009 de la Commission du 29 mai 2009 concernant les matériaux et objets actifs et intelligents destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires.*

Ce règlement définit les emballages intelligents comme des systèmes qui fournissent à l'utilisateur des informations sur l'état des denrées alimentaires et ne doivent pas libérer leurs éléments constitutifs dans ces denrées. Ceux-ci peuvent être répartis en plusieurs classes. Tout d'abord les dispositifs informant sur l'état de l'aliment, son environnement voire sur la vie du couple emballage/ aliment. Au regard de ces points d'intérêts on peut citer, les indicateurs de maturité de fruits, les indicateurs sur l'évolution de l'atmosphère modifiée préservatrice de la qualité de l'aliment conditionnée (MAP), les indicateurs de couples temps / température (ITT), qui informent sur les conditions de conservation (temps / température) du produit lors de son cycle de vie. On distingue au sein des emballages intelligents les emballages « préparateurs ou fonctionnels ». Ceux-ci agissent sur la préparation de l'aliment (systèmes auto-chauffants) ou la praticité de l'acte (cuisson micro-onde vapeur, système suscepteur pour brunissement des denrées sous action des microondes…).

Les emballages intelligents fournissant une indication sur la fraîcheur des produits (emballages instrumentés par détection de traceurs ou de micro-organismes, Indicateur temps Température, puce RFID) apportent une information susceptible d'être en contradiction avec la DLC ou la DLUO indiquée sur les étiquettes des produits.

Rappel : réglementation DLC et DLUO

La Date Limite de Consommation (DLC) indique une limite impérative : elle s'applique à des denrées microbiologiquement très périssables, nécessitant un maintien permanent à température réfrigérée, et susceptibles de présenter un danger immédiat de nature microbiologique pour la santé humaine. Elle s'exprime (étiquetage obligatoire) par la mention « A consommer jusqu'au.… », associée à la température maximale de stockage.

La Date Limite d'Utilisation Optimale (DLUO) définit la durabilité d'un aliment en termes de qualité organoleptique et/ou nutritionnelle, et n'a pas le caractère impératif de la DLC : une fois la date passée, la denrée peut avoir perdu tout ou partie de ses qualités spécifiques, sans pour autant constituer un danger pour celui qui le consommerait. La DLUO est étiquetée sur les conditionnements par la mention « A consommer de préférence avant le… ».

Seuls les produits munis d'une date limite de consommation doivent impérativement être retirés de la vente et de la consommation dès lors que cette date est atteinte. La date limite de consommation est fixée sous la responsabilité du fabricant. La qualité microbiologiques des aliments est toutefois encadrée règlementairement, notamment au moyens de Critères Microbiologiques imposés par l'UE, souvent complétés par des critères volontaires mentionnés dans les Guides de Bonnes Pratiques d'Hygiène.

Source : http://www.economie.gouv.fr/dgccrf/Publications/Vie-pratique/Fiches-pratiques/Date-limite-de-consommation-DLC-et-DLUO-

Comment un consommateur ou un distributeur gérera-t-il une situation de DLC non dépassée associée à une information « not fresh » issue d'un indicateur ? Pour les produits présentant une DLUO, la question est moins complexe, puisque la DLUO est une valeur de référence « indicative de qualité optimale», elle n'implique pas de caractère sanitaire à contrario de la DLC. Dans ce cas, les informations fraîcheur pourraient être utilisées par le consommateur en sus de la DLUO. Dans tous les cas, la situation actuelle qui consiste à superposer, sans outil de compilation, des données de référence (DLC ou DLUO, réglementaires) à d'autres informations de qualité de produits, pourrait être une source de confusion. Le statut réglementaire de ce type d'innovation par rapport aux indications de DLC devra être clarifié pour un développement de ce type de technologies.

Les emballages actifs sont conçus de façon à comprendre délibérément des constituants, qui libèrent ou absorbent des substances dans les denrées alimentaires emballées ou dans leur environnement à des fins de prolonger la durée de conservation ou à maintenir, améliorer l'état de denrées alimentaires emballées. A titre d'exemple, on peut citer les emballages piégeurs de gaz, d'humidité, emballages émetteurs de CO_2 ou d'éthanol et emballages à libération contrôlée de substances dont les plus connues sont à celles à effet antimicrobien.

Qu'ils soient intelligents ou actifs tous ces dispositifs doivent faire l'objet d'une évaluation des risques auprès de l'autorité Européenne (EFSA et ce, suivant des lignes directrices très précises[42]. A ce jour cette procédure est longue ; elle devrait être simplifiée suite à la publication d'une liste de substances autorisées à entrer dans la composition des emballages actifs et/ou intelligents. Lorsque cette liste positive sera disponible, uniquement les nouvelles substances devront suivre la même procédure d'évaluation /autorisation. La seule dérogation à cette soumission de dossier est, pour l'industriel qui met sur le marché, de démontrer l'existence d'une « barrière fonctionnelle » constituée d'une ou plusieurs couches de matériaux, visant à empêcher le transfert de toute substance vers l'aliment en quantité susceptible de présenter un danger pour la santé du consommateur. Pour plus de précision, les lignes directrices EFSA listent un ensemble d'exemples de dispositifs et les classent comme (i) étant ou non dans le champ de la réglementation emballages actifs et intelligent, (ii) étant ou non concernés par le concept de la barrière fonctionnelle.

Technologies concernées par cette législation :

- Emballages avec intégrateurs temps/température
- Traçabilité RFID
- Emballages instrumentés par détection de traceurs (oxygène, CO_2, éthylène)
- Emballages instrumentés par détection de microorganisme
- Emballages piégeurs (oxygène et composants de maturation)
- Emballages émetteurs de CO_2, emballages émetteurs d'éthanol
- Emballages à libération contrôlée de substances à effet antimicrobien

❖ Réglementation relatives aux nouveaux matériaux d'emballages

Les matériaux d'emballage plastique issus des innovations retenues dans cette étude doivent satisfaire aux exigences de *Règlement (UE) n ° 10/2011 de la Commission du 14 janvier 2011 concernant les matériaux et objets en matière plastique destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires*. Plus largement les matériaux utilisés au contact alimentaire doivent se conformer aux principes d'inertie tels que définis par l'article 3 du règlement 1935/2004/EC: ses constituants ne doivent pas migrer dans les denrées alimentaires en une quantité susceptible de présenter un danger pour la santé humaine. Pour répondre à cet objectif général, le principe de la

[42] Guidelines on submission of a dossier for safety evaluation by the EFSA of active or intelligent substances present in active and intelligent materials andarticles intended to come into contact with food / EFSA-Q-2005-041 / Adopted on 21/07/2009 after public consultation

barrière fonctionnelle peut également être mis en avant avec les restrictions associées : la migration dans les conditions prévisibles d'emplois de tout composé non pleinement évalué et présent derrière cette barrière ne doit pas excéder 10µg/kg d'aliment, l'emploi de composé cancérogène, mutagène, reprotoxique ou nano-structurés est interdite.

Deux cas de figures peuvent se présenter :
L'innovation peut passer par l'emploi de traitements novateurs de l'emballage lors de sa transformation ou avant le conditionnement de l'aliment. Pour exemple sont concernés la réticulation des polymères via irradiation ou bombardement électronique pour améliorer les propriétés mécaniques pour des épaisseurs de matière moindres, la décontamination de surface par lumière pulsée ou irradiation. Dans ces cas, la question posée ne porte pas sur une évaluation des risques liés aux substances de départ employées pour la fabrication des matériaux dès lors qu'elles sont présentes dans la liste communautaire notamment dans le cas des matériaux plastique. La difficulté réside dans l'évaluation des substances dites néoformées. Celles-ci, plus connues sous le nom de NIAS (Non Intended Added Substances), ne sont pas ajoutées au départ, elles apparaissent sous l'action du procédé concerné. A cet effet, des dossiers d'autorisation peuvent être demandés par les autorités des états membres voire par l'EFSA pour qualifier le risque associé.

En complément, l'innovation peut passer par la mise au point de nouvelles molécules fonctionnelles destinées à être intégrées pour exemple dans un matrice plastique. Par analogie aux principes régissant l'autorisation des substances dans le cadre des emballages actifs et intelligents, ces substances doivent être évaluées par l'EFSA sur la base des lignes directrices en vigueur[43] avant toute utilisation. Ces dispositions s'appliquent également aux matériaux utilisant des nanocharges.

Technologies concernées par cette législation :

- Nouveaux polymères d'emballages avec hautes propriétés barrières ;
- Coatings minéraux technologies plasma ;
- Coatings organiques nanochargés ;
- Matériaux d'emballage nanochargés dans la masse ;
- Emballages bio-sourcés ;
- Décontamination des emballages par traitement plasma / irradiation / lumière pulsée ;
- Technologies monocouches recyclables ;
- Emballages minimisant en toutes conditions les phénomènes de migration.

❖ **Réglementation Novel Food**

Les aliments transformés à l'aide de procédés agro-alimentaires qui n'étaient pas utilisés au sein de l'UE avant 1997 doivent se conformer aux exigences du *Règlement (CE) n° 258/97 du Parlement européen et du Conseil du 27 janvier 1997 relatif aux nouveaux aliments et aux nouveaux ingrédients alimentaires*. Cette réglementation conditionne la mise sur le marché d'une denrée alimentaire, si elle est considérée comme un Nouvel Aliment, utilisant ou issue d'une « nouvelle technologie », à l'obtention d'une autorisation préalable de l'EFSA, dès le moment où : « la valeur nutritive, le métabolisme ou la teneur en substances indésirables a été modifié de manière significative par le procédé de production ». Ce statut est apprécié par expertise au cas par cas, à l'initiative de l'industriel proposant la denrée (via DGCCRF et expertise par ANSES).

[43] Note for guidance for petitioners presenting an application for the safety assessment of a substance to be used in food contact material prior to its authorization / EFSA / version updated on 30/07/2008

Tous les aliments utilisant pour leur fabrication un procédé innovant ne sont donc pas forcément considérés par les autorités sanitaires d'évaluation du risque, comme des Nouveaux Aliments.
Dans tous les cas, les denrées considérées ne doivent pas :

- présenter de danger pour le consommateur ;
- induire le consommateur en erreur ;
- et lui causer des inconvénients nutritionnels.

Les innovations couvertes par l'étude et concernées *a priori* par cette réglementation Novel Food sont principalement les hautes pressions et la lumière pulsée. Le chauffage ohmique et le chauffage micro-onde sont considérés comme des procédés thermiques classiques du fait de leur utilisation au sein de l'UE avant 1997. Le procédé d'ionisation fait quant à lui l'objet d'un encadrement législatif spécifique.

Il est important de souligner d'importantes différences d'interprétation de la réglementation selon les Etats Membres de l'UE, comme rapporté dans l'avis 65 du CNA portant sur le développement des nouvelles technologies dans la fabrication, le conditionnement et la conservation des denrées alimentaires (2009)[44] :

L'expérience montre, en effet, l'existence d'importantes différences d'interprétation de la condition « lorsque ce procédé entraîne dans la composition ou dans la structure des aliments ou des ingrédients alimentaires des modifications significatives de leur valeur nutritive, de leur métabolisme ou de leur teneur en substances indésirables » entre les différents Etats membres de l'Union européenne. Ainsi, en Angleterre par exemple, la FSA (Food Standards Agency) aurait accepté que de grandes compagnies agroalimentaires mettent sur le marché des produits traités par haute pression (jus, purées, salades et smoothies, notamment) sans autorisation préalable. Pour la FSA, les mesures prévues par le règlement « Novel Food » ne seraient en effet pas applicables à ces produits dans la mesure où elle ne considère pas le procédé de fabrication utilisé comme « nouveau ». Ce constat vaut également pour d'autres Etats membres de l'Union européenne.

- **Réglementation relative à la décontamination des aliments**

L'utilisation de substances chimiques pour la décontamination de surface des aliments (autres que d'origine animale) est strictement encadrée en France par la réglementation sur les Auxiliaires Technologiques. Les applications autorisées font l'objet de listes positives et toute nouvelle application doit faire l'objet d'autorisation administrative préalable, accordée par le DGCCRF après instruction du dossier par l'ANSES.

L'utilisation de substances chimiques pour la décontamination de surface des aliments d'origine animale (notamment la décontamination des carcasses) est encadrée par une réglementation européenne (avec instruction technique des dossiers par l'EFSA). Le Règlement (CE) no853/2004 du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 permet d'utiliser des traitements de décontamination des denrées animale en tant que complément des bonnes pratiques d'hygiène, sous couvert d'une approbation préalable de la Commission.

Actuellement, seul l'acide lactique peut être utilisé sous certaines conditions sur les carcasses de bovins (cf. Règlement (UE) no 101/2013 de la Commission européenne du 4 février 2013 concernant l'utilisation de l'acide lactique pour réduire la contamination microbiologique de surface des carcasses de bovins).

[44] http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Avis_no65.pdf

❖ **Réglementation relative à la biopréservation**

Il n'existe aujourd'hui aucune réglementation européenne concernant la biopréservation. Il n'y a en théorie pas de frein mais chaque entreprise doit prouver l'innocuité des souches utilisées et leur efficacité. A ce jour, les utilisateurs de la technologie de biopréservation l'utilisent en temps qu'ingrédient : à ce titre le ferment n'est pas un additif mais un ingrédient de l'aliment. Des bactéries lactiques bioprotectrices peuvent ainsi apparaître sous la forme de « ferments lactiques ».

La réglementation actuelle ne permet pas pour le moment l'utilisation des ferments sur les surfaces d'emballage. L'émergence du secteur pourrait amener à une évolution du contexte réglementaire. En effet, en lien avec l'élargissement prévisible des applications de la biopréservation, il est probable que des souches sélectionnées feront l'objet de dossiers administratifs d'autorisation d'usage, et pourraient donc alors être utilisées ouvertement pour leur fonction de stabilisation.

❖ **Réglementation relative à l'ionisation**

Le contexte réglementaire est spécifiquement contraignant. L'ionisation des aliments est encadrée par une réglementation européenne totalement distincte de celle encadrant les Nouveaux Aliments (Novel Food). Le procédé n'est autorisé que pour les aliments désignés dans une liste positive établie par chaque pays membre de l'UE. Le procédé est ainsi autorisé dans les cinq Etats Membres (Belgique, France, Pays-Bas, Italie et Royaume-Uni). Les autres pays de l'Union européenne ne produisent pas d'aliments ionisés. L'étiquetage informatif du consommateur, de l'utilisation du procédé, est obligatoire, y compris pour l'utilisation dans une formulation, d'ingrédients ionisés. Une autorisation administrative préalable est requise pour toute nouvelle application. Pour la France, la réglementation de référence inclue:

- La Directive 1999/3/CE du Parlement européen et du Conseil du 22 février 1999 établissant une liste communautaire de denrées et ingrédients alimentaires traités par ionisation ;
- Le Décret n°2001-1097 du 16 novembre 2001 relatif au traitement par ionisation des denrées destinées à l'alimentation humaine ou animale (Version consolidée au 14 avril 2011) ;
- L'Arrêté du 20 août 2002 relatif aux denrées et ingrédients alimentaires traités par ionisation (Version consolidée au 07 septembre 2002).

❖ **Innovations pour lesquelles il n'y a pas de contrainte réglementaire spécifique**

Cinq innovations technologiques couvertes par cette étude ne rencontrent pas de contrainte réglementaire spécifique :

- Les emballages respirant par technologie de perforation et les emballages à perméabilité sélective : à condition que le matériau en contact des aliments soit déjà autorisé.
- Le chauffage micro-onde et le chauffage ohmique : ces procédés de traitements purement thermiques étaient déjà utilisés avant 1997 et les aliments stabilisés thermiquement (technologie de préservation considérée comme traditionnelle) ne rentrent pas dans le champ de la réglementation Novel Food.
- Le conditionnement aseptique : le traitement thermique continu associé au conditionnement aseptique ne fait pas l'objet de réglementation particulière. Les produits conditionnés aseptiquement sont soumis aux mêmes règles d'étiquetage que les produits conditionnés avant traitement.

3.6. Conclusions du volet 1

Le premier enseignement de ce volet est qu'il existe très peu de travaux antérieurs sur la contribution des innovations technologiques à la réduction du gaspillage alimentaire. L'analyse bibliographique a permis d'identifier une seule publication traitant directement du sujet (« *Food waste within global food systems* » Bond et al., 2013). Les autres sources identifiées traitent des innovations technologiques de façon marginale et ne propose pas de justification argumentée des choix des technologies. Un consensus se dégage tout de même de la revue de la bibliographie sur les leviers technologiques permettant de contribuer à la réduction du gaspillage : améliorer la durée de conservation des produits, en particulier les produits les plus périssables, grâce à des innovations dans le domaine des procédés et des emballages.

Si les Dates Limites de Consommation (DLC) visent d'abord à protéger la santé des consommateurs, plusieurs publications identifient une relation entre la durée de conservation des produits alimentaires et le gaspillage. Aucune publication établissant un lien de causalité entre une augmentation de la DLC et une réduction du gaspillage alimentaire n'ayant été identifiée, une enquête auprès de 68 consommateurs a été réalisée dans le cadre de cette étude pour analyser l'influence de la DLC des aliments sur le comportement des consommateurs. Cette enquête a ainsi permis d'établir que la DLC est un paramètre majeur de la fonction de décision de consommation des consommateurs, elle-même cause de gaspillage. Des travaux complémentaires restent cependant nécessaires pour quantifier l'impact d'une augmentation de la Durée de Vie des produits périssables sur le gaspillage alimentaire.

Six leviers d'action ont été retenus dans cette étude :

1) Améliorer la flexibilité des systèmes de production par le suivi des produits alimentaires le long de la chaîne d'approvisionnement ;
2) Prolonger la fraîcheur des produits alimentaires hautement périssables ;
3) Augmenter la DLC et la DLUO des produits alimentaires par l'amélioration des propriétés barrières des emballages ;
4) Augmenter la DLC des produits alimentaires par la mise en œuvre d'emballages actifs ;
5) Augmenter la durée de conservation des produits alimentaires par des procédés de stabilisation et de conservation plus respectueux de la qualité des aliments, et :
6) Encourager l'utilisation d'emballage portionnables et de petites portions en rendant les technologies compatibles avec les exigences environnementale et de santé.

Au total, et 26 innovations technologiques ont été étudiées. Chaque innovation fait l'objet d'une description détaillée présentée dans l'annexe 'Fiches technologiques'.

Environ la moitié des innovations technologiques couvertes par l'étude sont en phase de démonstration ou sont déjà en phase de déploiement industriel : des travaux de recherche sont encore nécessaires pour accompagner les industriels dans la mise en œuvre des technologies dans des conditions opérationnelles (activité de démonstration en condition pilote ou industrielle). Les procédés de conservation des aliments rentrent notamment dans cette catégorie, avec des besoins de recherche pour l'accompagnement des industriels dans l'optimisation des procédés et leur adaptation à une plus large gamme de produits.

Une douzaine d'innovations technologiques retenues nécessitent encore d'importants efforts de recherche et développement, notamment pour certaines innovations dans les secteurs des emballages, de la RFID et de la biopréservation. La recherche pourra bénéficier d'avancées d'autres secteurs comme le domaine médical ou les biotechnologies pour les emballages instrumentés, la microélectronique pour les RFID ou l'agronomie (biofertilisation) et l'alimentation-santé (technologie d'encapsulation) pour la biopréservation. Un effort particulier est nécessaire sur les questions de recyclabilité des matériaux utilisés dans les emballages alimentaires.

La revue des acteurs académiques et industriels actifs sur le territoire national indique que la France apparaît en bonne position pour la plupart des technologies retenues, à la fois en termes de savoir-faire (universités, centres techniques), et d'acteurs industriels. Certaines innovations bénéficient d'un contexte favorable avec la présence d'acteurs d'envergure internationale comme le secteur des RFID avec le CEA-LETI ou les technologies de biopréservation avec un réseau d'organismes de recherche et plusieurs acteurs industriels dont quelques start-up. Un nombre significatif d'acteurs de la recherche sur les procédés agro-alimentaires et les matériaux d'emballages ont également été identifiés. Les pôles de compétitivité ainsi que plusieurs Réseaux Mixtes Technologiques et Unités Mixte de recherche (UMR), ainsi que le réseau des CTI et ITAI de l'ACTIA, jouent un rôle actif dans le développement de ces innovations.

Enfin, l'analyse du contexte réglementaire révèle qu'il existe un cadre législatif pour la plupart de ces innovations couvertes par l'étude. Les principaux textes législatifs sont les règlements européens 450/2009 concernant les emballages actifs et intelligents, 10/2011 concernant les matériaux de contact alimentaire, 258/97 concernant les nouveaux aliments (Novel Food) et 853/2004 concernant la décontamination des aliments. Il n'existe pas de législation européenne relative à la biopréservation. L'ionisation fait l'objet d'une réglementation à part.

Les écarts d'interprétations et de mise en œuvre de certaines réglementations entre les Etats Membres, comme illustré pour la technologie des hautes pressions peuvent entraîner des distorsions entre pays membres de l'UE. Une révision de la réglementation Novel Food, la publication d'une liste de substances autorisées à entrer dans la composition des emballages actifs ainsi que l'adoption d'une réglementation sur la biopréservation pourraient permettre de lever les freins réglementaires à la mise œuvre des technologies retenues dans cette étude.

4. RESULTATS VOLET 2 : PERCEPTION DES CONSOMMATEURS

4.1. Objectifs et méthode

Historiquement, la réponse des sociétés aux technologies et leurs applications a largement défini leur succès ou leur échec (Frewer et al., 2004). Par exemple, l'irradiation des aliments (Bruhn, 1995, Fife-Schaw and Rowe, 1996) et la modification génétique (Frewer et al., 2013) ont été associées à des réactions sociétales négatives qui, à leur tour, ont engendré des conséquences négatives quant à l'acceptation de leurs produits par la société. Ne pas prendre suffisamment en compte des préférences de la société pour la commercialisation de nouvelles technologies risque de ralentir la progression des dites technologies, voire même de les mener à un rejet catégorique. Par conséquent, pour toute tentative d'introduction d'une nouvelle technologie, il est important de tenir compte des réponses actuelle et future des consommateurs à celle-ci.

L'objectif principal de ce volet est d'étudier l'acceptabilité des innovations retenues par les consommateurs ainsi que les raisons expliquant leurs choix.

4.1.1 Méthodologie générale

Dans un premier temps, afin d'étudier la perception des nouvelles technologies alimentaires par le consommateur une étude bibliographique a été réalisée. Celle-ci a permis d'identifier les principaux facteurs d'acceptation et de rejet par les consommateurs. Par la suite, une étude complémentaire étendue à un plus grand nombre de technologies a été menée lors de trois groupes de discussion organisés à Bourg en Bresse, Rennes et Strasbourg. Dans ce contexte, les groupes de discussion ont permis :

- ✓ D'explorer et stimuler différents points de vue par la discussion ;
- ✓ D'identifier et comprendre les facteurs associés aux opinions, comportements ou motivations des consommateurs ;
- ✓ D'évaluer les besoins, attentes et satisfactions des consommateurs ;
- ✓ De comprendre pourquoi les consommateurs sont favorables ou défavorables à des technologies présentées pour des applications alimentaires spécifiques.

Cette approche basée sur la discussion et la compréhension des raisonnements ne fournit pas de données représentatives mais au contraire permet de comprendre les arguments des consommateurs.

Le croisement des résultats de l'étude bibliographique et des groupes de discussion a permis de classer les technologies discutées selon leur niveau d'acceptabilité par les consommateurs et de généraliser les résultats aux technologies qui n'ont pas été l'objet des discussions.

Ces résultats ont été consolidés et complétés par des entretiens avec des associations de consommateurs et des centres techniques régionaux de la consommation (CTRC) puis présentés dans un rapport préliminaire diffusé aux associations de consommateurs et aux CTRC lors d'une consultation.

4.1.2 Méthodologie de l'étude bibliographie

Une étude bibliographique sur la perception des consommateurs vis-à-vis du gaspillage alimentaire et de l'adoption de nouvelles technologies a été menée à partir de la base de données SCOPUS. Les

résultats ont été limités aux études publiées en anglais et français depuis 1996. Les mots clés recherchés dans les articles académiques étaient une combinaison de mots liés au consommateur, à son acceptation, à l'aliment et à chacune des technologies[45]. L'étude bibliographique avait pour objectif de répondre aux questions suivantes : Dans un contexte de réduction du gaspillage alimentaire, comment les technologies sont-elles perçues par les consommateurs ? D'après le consommateur ces technologies contribuent elles à la réduction du gaspillage alimentaire ?

4.1.3 Méthodologie des groupes de discussion

En Novembre 2013, trois groupes de discussion ont été réalisés à Bourg en Bresse, Rennes et Strasbourg afin d'étudier la perception des consommateurs vis-à-vis des nouvelles technologies identifiées. Les groupes étaient composés respectivement de 9, 7 et 8 participants et la discussion animée par un modérateur.

Les participants ont été sélectionnés parmi un panel de consommateurs représentatifs de la population française : sexe, âge, lieu de vie (ville vs campagne) variés. La connaissance scientifique des participants n'a pas été un critère de sélection. Une invitation précisant que l'étude portait sur le gaspillage alimentaire au niveau national leur a été envoyée dix jours auparavant.

Un protocole semi structuré a été mis au point afin de favoriser la spontanéité des participants tout en s'assurant que la discussion ne s'éloigne pas du sujet de départ et que tous les points essentiels soient abordés. Les principaux sujets étaient (1) l'opinion générale, (2) les bénéfices, (3) les risques, (4) les conditions d'acceptation et (5) le prix. Les groupes de discussion ont été enregistrés.

- Une discussion construite autour de dix scénarios présentant une application possible de chaque technologie.

Compte tenu de la durée nécessairement limitée des groupes de discussion, seules 10 études de cas pouvaient être l'objet de discussions. Pour réaliser une sélection des technologies discutées, les innovations proches a priori aux yeux des consommateurs ont été rassemblées en 14 groupes, comme présenté dans le tableau ci-dessous.

Tableau 7 : Rassemblement des technologies en 14 groupes

Groupes	Technologies
Emballages indicateurs de qualité du produit	Emballages avec intégrateurs temps/température Emballages instrumentés par détection de traceurs (oxygène, CO_2, éthylène) Emballages instrumentés par détection de microorganismes
Emballages piégeurs de composants indésirables pour la conservation du produit	Emballages piégeurs (oxygène et composants de maturation)
Emballages émetteurs de stabilisants	Emballages émetteurs de CO_2, emballages émetteurs d'éthanol Emballages à libération contrôlée de substances à effet antimicrobien

[45] Critère de recherche: Titre-Résumé-clé ((consommateur* OU client*) ET (attitude* OU acceptation* OU réponse* OU rejet* OU intention* OU "intention de payer" OU "volonté d'acceptation") ET [Liste complète des technologies)]

Technologies de conditionnement avec des ferments bioprotecteurs	Biopréservation par traitement microbiologique des emballages et par intégration de microorganismes dans les emballages et produits alimentaires Biopréservation par les phages
Traçabilité et RFID	RFID
Emballages barrières à partir de nouvelles matières plastiques	Nouveaux matériaux d'emballages avec hautes propriétés barrières
Emballages barrières intégrant des nanocharges ou des nanorevêtements	Coatings minéraux technologies plasma Coatings organiques nanochargés Matériaux d'emballage nanochargés dans la masse
Emballages à respiration ajustée en fonction des caractéristiques du produit	Emballages respirants par technologies de perforation Emballages respirants / autres technologies d'ajustement des flux et de la sélectivité O_2/CO_2
Emballages barrières à partir de ressources végétales transformées	Emballages bio-sourcés
Décontamination des aliments sous hautes pressions	Hautes pressions
Combinaison de (i) voies douces de décontamination des aliments par chauffage ohmique ou microonde (ii) voies chimiques de décontamination des emballages et (iii) conditionnement aseptique du couple emballage - produit	Chauffage microonde Chauffage ohmique Décontamination chimique de surface Conditionnement aseptique
Décontamination de l'aliment ou de l'emballage par flash ultraviolet ou traitement plasma	Lumière pulsée Décontamination des emballages par traitement plasma
Décontamination de l'aliment ou de l'emballage par rayonnement ionisant	Ionisation
Conditionnements de très faible dimension, mais conçus pour une meilleure recyclabilité et une meilleure inertie chimique	Technologies monocouches recyclables Emballages minimisant en toutes conditions les phénomènes de migration

Puis, les groupes de technologies faisant consensus et dont l'acceptabilité ne pose a priori aucun problème ont été retirés de la liste des discussions. Cela concerne : les emballages à respiration ajustée en fonction des caractéristiques du produit, emballages barrières à partir de nouvelles matières plastiques, emballages barrières à partir de ressources végétales transformées et conditionnements de très faible dimension, mais conçus pour une meilleure recyclabilité et une meilleure inertie chimique.
Ainsi la discussion n'a porté que sur 10 groupes de technologies.

Afin de lancer la discussion sur chaque groupe de technologies, dix scénarios ont été mis au point. Ces courts scénarios décrivent brièvement chaque technologie appliquée à un aliment adéquat régulièrement consommé (fruit-banane, plat préparé réfrigéré-hachis parmentier, produit de boulangerie-brioche, poisson frais, plat préparé non réfrigéré-chili con carne). Le dernier scénario présente deux technologies. Ils ont été rédigés en collaboration avec le CTCPA et l'université de Wageningen puis testés auprès d'une dizaine de personnes extérieures à l'étude. La structure et la longueur de tous les scénarios est similaire : la première partie introduit le scénario, la seconde partie présente la nouvelle technologie. Ensuite, l'impact de la nouvelle technologie sur le produit est précisé. Les scénarios ont été rédigés de façon neutre. Afin de rendre la technologie plus compréhensible et d'enlever les a priori négatifs fondés sur le simple fait que la technologie a été présentée en des termes inconnus et complexes, les noms des technologies ne sont pas cités dans les scénarios. Un livret contenant les différents scénarios a été distribué à chaque participant afin de faciliter la discussion.

ANNEXE 2a: Scénarios présentés aux participants DES GROUPES DE DISCUSSION).

- Le déroulement d'un groupe de discussion

Avant de commencer le groupe de discussion, les participants ont été informés des règles de base (pas de bonne ou mauvaise réponse, respecter l'avis de chacun…) et leur accord pour que le groupe de discussion soit enregistré a été demandé. Après un tour de table où chaque personne s'est présentée, en guise d'échauffement une première discussion ouverte sur la conservation des aliments en général a été lancée. Par la suite, les participants ont lu le premier scénario proposé et ont été invités à donner leur avis. Quatre scenarios ont été discutés avant une brève pause. Après celle-ci, les six scénarios restant ont été présentés aux participants. A l'issue des discussions sur les dix scénarios, les participants ont évalué chaque technologie sur une échelle de cinq points : « moins favorable », « plutôt défavorable », « neutre », « très favorable », « plus favorable ».

Enfin, les participants ont exprimé leur avis sur le gaspillage alimentaire en général et sur les solutions idéales à mettre en place. Après cela les participants ont été informés du contexte et de l'objectif de l'étude puis remerciés. Les groupes de discussion ont duré environ 2h15.

- L'analyse des données repose sur une retranscription précise des discussions et une analyse qualitative du contenu

Les enregistrements ont été retranscrits en Français et traduits en Anglais. Le contenu des transcriptions a été codé en utilisant Atlas.ti (http://www.atlasti.com/), logiciel facilitant l'analyse qualitative de données. Les retranscriptions de paroles des participants sont découpées, classées, comparées et confrontées. Les paroles ont été étiquetées en fonction de l'idée ou du thème qui les résume. Les six grands thèmes émergents lors des discussions ont été les bénéfices perçus par les consommateurs, les risques perçus par les consommateurs, le prix des produits bénéficiant de ces technologies, la confiance des consommateurs et les besoins d'encadrement réglementaires, les conditions de mise en œuvre des technologies et l'opinion générale des consommateurs.

Cette phase de codage permet d'éliminer les « hors sujet » et de pondérer les résultats en notant leur fréquence si il y a répétition de certains thèmes et de souligner le non-verbal qui y est associé. La dynamique de groupe et les interactions facilitent un raisonnement en profondeur à propos d'une technologie et donnent des associations pertinentes. L'analyse des groupes de discussion est qualitative et vise à comprendre précisément les arguments et les associations.

En complément de cette analyse sémantique, une analyse statistique de la perception de chaque technologie a été réalisée sur la base des préférences indiquées par les participants.

4.1.4 Méthodologie des entretiens avec les associations de consommateurs et les centres techniques régionaux de la consommation

Suite à l'analyse des groupes de discussion, huit entretiens avec des associations de consommateurs et des centres techniques régionaux de la consommation ont été réalisés afin de consolider et compléter les résultats obtenus précédemment. D'une durée moyenne de 1h30, ces entretiens semi-directifs étaient orientés autour des 4 axes suivants :
- le gaspillage alimentaire : à travers des questions sur les raisons et les responsables du gaspillage alimentaire, les produits alimentaires les plus jetés et les initiatives actuelles connues pour lutter contre le gaspillage. L'interviewer amenait l'interviewé à s'exprimer sur le gaspillage alimentaire chez les particuliers.
- l'allongement de la durée de conservation des produits : l'interviewé était invité à s'exprimer sur les notions de DLC et l'influence de l'allongement de la durée de conservation des produits sur leur consommation.
- les innovations technologiques : l'interviewer passait en revue les technologies et interrogeait l'interviewé sur les raisons et conditions de l'acceptation ou du rejet de chaque technologie par les consommateurs.
- les dernières actualités en lien le sujet : l'interviewé était amené à s'exprimer librement sur les tendances futures ou de nouvelles solutions permettant de réduire le gaspillage alimentaire, ainsi que les derniers événements médiatiques en lien avec le sujet

Les personnes interviewées n'avaient pas expressément de connaissances approfondies dans les technologies présentées

4.1.5 Méthodologie de la consultation

Suite à l'étude bibliographique, aux groupes de discussion et aux entretiens, un premier rapport présentant les résultats obtenus a été préparé et envoyé aux associations de consommateurs et aux CTRC pour consultation.

Cette consultation publique a deux objectifs principaux : le premier est de valider les principaux résultats obtenus précédemment et le second est de communiquer ces résultats.

Des emails personnalisés ont été envoyés avec le rapport préliminaire, pour inviter les représentants d'associations et de centres techniques à réagir sur le rapport en envoyant leurs commentaires sous 10 jours. Deux questions ont été posées :
- Etes-vous d'accord avec le classement des technologies présenté dans le rapport ?
- D'après vous, des évolutions dans l'acceptation par les consommateurs de certaines de ces technologies sont-elles possibles ? Si oui, quelles évolutions sont envisageables?

Les résultats de la consultation ont été intégrés au rapport final.

4.2. Les innovations technologiques et la perception des consommateurs : analyse bibliographique

Une grande partie de la bibliographie concernant l'étude de la réponse des consommateurs aux nouvelles technologies explore la perception du risque et les raisons du rejet. Ces études permettent non seulement de révéler les facteurs augmentant le risque et la probabilité d'un rejet, mais mettent aussi en lumière les conditions d'acceptation. Il apparait en général que les technologies et innovations perçues comme naturelles, traditionnelles et sur lesquelles les consommateurs ont une sensation de contrôle sont souvent mieux accueillies (e.g. Slovic, 1987). De plus, les applications présentant des avantages pour l'utilisateur final sont mieux acceptées que celles qui auront un intérêt pour les industriels ou distributeurs (Schenk et al., 2011).

Dans la littérature relative aux nouvelles technologies alimentaires, il est frappant de noter la différence d'attention accordée aux différentes technologies (en particulier pour l'irradiation des aliments et la modification génétique, Frewer et al., dans la presse). Parmi les technologies sélectionnées pour le PIPAME, seules quelques-unes ont reçu une quelconque attention (notamment les techniques à haute pression, la RFID et, dans une moindre mesure, différents emballages intelligents).

Emballages avec intégrateurs temps/température : Bien qu'il existe plusieurs rapports concernant l'avis des consommateurs sur les indicateurs de temps/température (FoodMicroSystems FP7 rapport), aucune étude à ce sujet n'a été identifiée dans la littérature scientifique. Des rapports existants, il ressort que les consommateurs tendent prudemment à être en faveur de ce type d'indicateur et seraient particulièrement intéressés si ceux-ci offraient la possibilité de tracer la qualité du produit après achat.

Emballages actifs : Dans la bibliographie, aucune distinction nette n'est faite entre les différents emballages actifs. Par conséquent, les remarques suivantes concernent à la fois **les emballages instrumentés par détection de traceurs, les emballages instrumentés par détection de microorganismes**, **les emballages piégeurs (oxygène et composants de maturation), les emballages émetteurs de CO_2 ou d'éthanol, les emballages à libération contrôlée de substances à effet antimicrobien** et, dans une certaine mesure, les emballages utilisant des nanomatériaux pour la suppression de l'oxygène. Dans ce dernier cas, des recherches spécifiques sur les nanotechnologies peuvent offrir un point de vue supplémentaire dans la partie concernant les nanomatériaux.

Le terme emballage actif peut faire référence à la libération contrôlée de composant actifs par l'emballage (Almenar et al., 2009), ou la modification contrôlée de l'atmosphère en son sein (Mohan et al., 2010, Oms-Oliu et al., 2009). De manière générale, ces technologies augmentent la durée de conservation et la sécurité alimentaire des produits, tout en préservant leurs qualités nutritionnelles et organoleptiques.

Dans le cas de ces emballages, l'acceptation par les consommateurs dépend principalement de leur impact sur l'aspect et de la qualité finale du produit. Par exemple, les emballages actifs de fraises permettent d'améliorer la durée de conservation sans en modifier le goût et sont donc bien acceptés (Almenar, et al., 2009). En revanche, les emballages sous atmosphère modifiée semblent affecter la fermeté des carottes, ce qui déplait aux consommateurs (Almenar, et al., 2009; Chiumarelli, Pereira, Ferrari, Sarantópoulos, & Hubinger, 2010; Del Nobile, et al., 2009; Fuchs, Mattinson, & Fellman, 2008; Lafortune, et al., 2005; Mohan, et al., 2010).

La RFID est assez bien abordée dans les articles concernant l'acceptation par les consommateurs. Contrairement aux autres technologies de conditionnement, aucun article ne concerne la perception d'un éventuel changement de qualité du produit par le consommateur, ni même les dangers physiques d'une étiquette RFID. La majorité des études menées sur la RFID concerne l'utilisation responsable et la protection du consommateur contre la violation de la confidentialité. Des disparités dans le niveau de protection requis sont cependant constatées. Les jeunes semblent relativement confiants par rapport aux programmes de fidélité RFID car ces initiatives correspondent à la culture moderne et mettent en confiance l'utilisateur final (Hossain and Prybutok, 2008). Cependant, la protection des données suscite des inquiétudes, même parmi les jeunes. La création de systèmes de gestion de données destinés à leur protection n'a que peu atténué ces craintes et a mené les consommateurs à déclarer qu'ils n'avaient pas confiance en de tels systèmes, car développés par les utilisateurs des RFID eux-mêmes. Dans de tels cas, les consommateurs ont indiqué que les traceurs RFID auraient intérêt à être désactivés définitivement à la sortie du magasin, même si cela impliquait la suppression de toute offre de fidélité aux clients (Pramatari and Theotokis, 2009).

Lorsque les études se concentrent moins sur la confidentialité, les consommateurs semblent moins préoccupés par la sécurité. La réglementation et la mise en place de contrôles de l'utilisation des informations sensibles collectées par le biais de la technologie RFID sont considérées comme des pré requis pour l'acceptation de cette technologie, car toute protection moins stricte est considérée insuffisamment prévoyante au vu du niveau actuel de confiance des consommateurs (Lee and O'Mahony, 2007). Les scénarii de programmes de fidélités basés sur des cartes à puce RFID sont globalement appréciés par les consommateurs. Bien que le fait de transférer des données personnelles à un caissier inconnu afin d'obtenir une gratification personnelle soit perçu comme indiscret, le public reste en majorité indifférent à l'utilisation de la technologie RFID (Boeck et al., 2011). La nourriture halal pourrait en particulier bénéficier de l'utilisation de la RFID, car pour les musulmans, la confiance que l'on peut accorder au logo halal est essentielle. Une étude malaisienne à ce sujet a révélé que les consommateurs étaient en faveur de l'utilisation de la RFID dans le but d'améliorer l'efficacité, le prix, la sécurité et la rentabilité (Nasir et al., 2011, Boeck et al., 2011).

Kowatch et Maass (2010) ont étudié la possibilité d'utiliser des applications mobiles pour conseiller les acheteurs dans les magasins, dont la tâche consisterait à fournir des informations sur les produits. Cette étude a montré un accueil positif de cette solution, perçue comme utile. Il a été montré que cette utilité perçue avait des effets sur la préférence pour un magasin doté de cette technologie et sur l'intention d'acheter suite à la consultation de l'application mobile. La facilité d'utilisation avait un effet bénéfique sur l'utilité perçue de cette technologie.

Müller-Seitz, Dautzenberg, Creusen et Stromereder (2009) ont montré que l'utilité perçue de la technologie, l'attitude générale concernant la protection des données, l'attitude générale concernant les nouvelles technologies et la facilité d'utilisation avaient un effet positif sur l'acceptation de caisses RFID, de systèmes de rayonnage intelligents et du traitement des plaintes des clients. En revanche, les préoccupations concernant la sécurité ont eu un effet négatif sur l'acceptation de la technologie. Enfin, Pramatari and Theotokis (2009) ont mis en avant que l'attitude positive à l'égard de l'établissement dynamique des prix des produits périssables est déterminée par l'attitude générale à l'égard des services basés sur les TIC, qui à leur tour, sont influencés par l'attitude générale à l'égard du concept de service, de la durée de son exécution (ie. Utilité perçue) et de l'effort associé (ie. Facilité d'utilisation).

La protection des données personnelles apparaît donc comme la question prépondérante pour l'utilisation de la RFID. La question du devenir des étiquettes RFID à la sortie du magasin après achat fait tout particulièrement débat. Rothensee et Spiekermann (2008) ont montré que la conscience de la vie privée est négativement corrélée à l'intention d'utiliser des services d'information par RFID. Cette découverte va dans le même sens que l'étude de Spiekermann (2009) qui a conclu que la majorité des acheteurs préféraient détruire les puces RFID à la sortie des magasins. Bardaki, Kourouthanassis et Pramatari (2010) ont montré que la majorité des consommateurs était satisfaite des services exploitant la technologie RFID, mais qu'elle ne les considérait pas meilleurs que les services n'utilisant pas les TIC.

De manière générale, l'opinion concernant la RFID et autres méthodes de traçage semble ambivalente. Un attrait pour l'amélioration de la distribution et des services associés a été souligné, mais une inquiétude concernant l'abus de la technologie vis à vis du traitement des informations privées. En revanche, la traçabilité et la diminution du gaspillage ne sont pas apparues comme des incitations majeures à l'utilisation de la RFID dans les publications étudiées ici.

Coatings minéraux technologies plasma ; Coatings organiques nanochargés ; Matériaux d'emballage nanochargés dans la masse : Les nanotechnologies sont employées dans le secteur agroalimentaire pour de nombreuses applications (Kuzma et al., 2008, Sanguansri et Augustin, 2006). Des pesticides basés sur les nanotechnologies visant à en améliorer l'efficacité et l'application sont en cours de développement (Silva et al., 2011). Les nanotechnologies sont utilisées dans le traitement des aliments où des additifs d'échelle nanométrique sont utilisés pour jouer sur la texture, le goût, la composition nutritive et la durée de vie du produit (Ravichandran, 2010). L'encapsulation de nutriments à l'échelle nanométrique (Ezhilarasi et al., 2012) offre l'avantage de faciliter l'absorption des nutriments (Chen et al., 2006). Des emballages incorporant des nano-composites sont en cours de développement pour améliorer les propriétés mécaniques, antimicrobiennes et l'herméticité du matériau d'emballage (Chaudhry et al., 2008, Lagarón et al., 2005). Un emballage intelligent incorporant des nano-capteurs pourrait même, dans le futur, indiquer si les aliments dans l'emballage sont périmés (Neethirajan and Jayas, 2011). Cependant, malgré les promesses des nanomatériaux, les nano sciences ont suscité des inquiétudes relatives à la santé et à leur impact environnemental lorsque associées aux produits alimentaires (Borm et al., 2006, Chaudhry et al., 2008, Handy et al., 2008, Klaine et al., 2008, Oberdörster et al., 2007, Wiesner et al., 2009, Chau et al., 2007, Buzby, 2010).

Des études sur l'avis des consommateurs concernant les nanotechnologies ont récemment commencé à apparaître. L'accueil des nanotechnologies par les consommateurs dans le secteur agroalimentaire est généralement moins bon, ou du moins différent, de celui qu'ils leur réservent dans les autres secteurs (Cobb and Macoubrie, 2004, Siegrist et al., 2007), où la majorité des gens est initialement neutre ou légèrement contre et clairement ambivalente (Fischer et al., 2013). Plusieurs chercheurs ont trouvé des analogies entre les applications des nanotechnologies à l'agroalimentaire et les technologies de modification génétique de la nourriture, considérant qu'elles suivront probablement les mêmes trajectoires de commercialisation et soulèveront par conséquent les mêmes préoccupations sociétales (Cushen et al., 2012, Kearnes et al., 2006, Mehta, 2004, Rollin et al., 2011, Gupta et al., 2012a). Toutefois, les consommateurs notent beaucoup moins cette analogie que les experts (Gupta, 2013, Van Dijk et al., submitted). L'acceptation des nanotechnologies dans l'agroalimentaire par les consommateurs est conditionnée par un nombre de facteurs socio-psychologique accroissant la probabilité d'acceptation ou de rejet (e.g. Siegrist, 2008, Gupta et al., 2011). La crainte de l'innovation et l'idée que l'innovation est nécessaire pour répondre à des besoins que l'on ne pourrait satisfaire autrement sont considérées comme

importantes dans l'acceptation des nanotechnologies dans l'agroalimentaire. De la même manière les considérations éthiques et morales, sont associées à des sentiments de vulnérabilité et de justice sociale (Burri and Bellucci, 2008, Conti et al., 2011). En outre, on constate une position relativement anti-technologique dans un segment de la population, souvent lié à des croyances religieuses, qui tend à créer une attitude globalement négative à l'égard de la technologie, ce qui semble influer sur les nanotechnologies en général et sur leurs applications dans l'agroalimentaire en particulier (Vandermoere et al., 2010, Ho et al., 2011). Pour résumer, les consommateurs semblent prudents mais pas totalement contre les nanotechnologies. Ils ne perçoivent pas précisément en quoi consistent ces technologies et donc si elles devraient être rejetées ou non (van Giesen et al., soumis). Les développeurs de nanotechnologies, eux, tendent à être extrêmement, voire excessivement, précautionneux devant la menace d'une débâcle semblable à celle de la modification génétique que les experts envisagent pour l'application des nanotechnologies à l'agroalimentaire (Gupta et al., 2012b). Ceci indique que l'opinion publique au sujet des nanotechnologies demeure indécise et pourrait soit devenir positive si des produits appropriés et désirés arrivent sur le marché, ou soit négative, avec un rejet catégorique des nanotechnologies dans l'agroalimentaire (Ronteltap et al., 2011, Fischer et al., soumis, Fischer et al., en preparation).

Hautes pressions : Il existe un nombre considérable d'ouvrages traitant de la réponse des consommateurs aux technologies de traitement non thermiques, en particulier pour la pasteurisation sous haute pression (PHP). La PHP est adaptée à la prévention de la détérioration des produits par les microbes, tels que Listeria dans le jambon (Hereu et al., 2012), ou les spores de microbes dans le lait (Gao et al., 2011). La PHP est efficace pour l'amélioration de la sécurité microbienne du produit, en particulier lorsqu'elle est combinée à d'autres traitements tels que la basse température (Fernández et al., 2007), la haute température (Lori et al., 2007), l'addition de substances naturelles (Hereu et al., 2012), ou les champs électriques pulsés (CEP) (Sanchez-Moreno et al., 2009).

Un des avantages accordés à la PHP est que les produits traités sous pression conservent les mêmes propriétés gustatives que les produits frais (Deliza et al., 2005), satisfaisant ainsi l'attente du consommateur, à savoir des produits sains et traités au minimum. En effet, il a été prouvé que les propriétés gustatives des produits laitiers traités par PHP sont similaires à celles des produits naturels, ce qui est positif, selon les consommateurs (da Cruz et al., 2010). Pour ce qui est des jus de fruits, les études montrent que les consommateurs acceptent de la même manière les produits traités par PHP (Baxter et al., 2005). Dans les cas du bœuf, la PHP permet en fait d'améliorer la qualité visuelle en empêchant la décoloration et la perte d'eau (Fernández et al., 2007), et améliore la tendresse, la jutosité et le goût (Abadio Finco et al., 2010, Ade-Omowaye et al., 2001, Deliza et al., 2005, Gao et al., 2011, Hicks et al., 2009).

Certaines études rapportent explicitement d'autres considérations des consommateurs, telles que la perception du risque et du bénéfice (Bruhn, 2007), l'intention d'acheter (Deliza et al., 2005), ou l'évaluation du naturel du produit (Evans et Cox, 2006). Cardello, Schutz et Lesher (2007) ont conclu que le risque perçu par le consommateur était le facteur le plus important dans son acceptation de la PHP (parmi d'autres technologies). Les consommateurs australiens ont eu une perception positive de la PHP car ils percevaient la PHP comme « interférant moins avec la nature » que d'autres technologies (Mireaux et al., 2007). En Finlande, maintenir le même prix que pour le produit conventionnel et les avantages environnementaux étaient les principales conditions nécessaires à l'acceptation de la PHP par les consommateurs (Lampila et Lähteenmäki, 2007). Une étude internationale sur les jus de fruits et la nourriture pour bébés traités par PHP a montré que les consommateurs ont noté que cette méthode était plus naturelle, assurait un goût meilleur et préservait mieux les valeurs nutritionnelles (Sonne er al., 2012). Le prix et les avantages

environnementaux jouaient un rôle prépondérant dans cette opinion et aucun point négatif n'influait sur la décision d'achat (Urrutia et al., 2007). La croissance de la demande pour des produits de qualité supérieure en général, et pour des produits sains et traités au minimum en particulier, est apparue comme moteur pour le développement de la technologie (Abadio Finco et al., 2010, Ade-Omowaye et al., 2001, Deliza et al., 2005, Gao et al., 2011, Hicks et al., 2009).

Les explications sur le fonctionnement de la technologie et ses avantages ont amélioré l'image perçue de la PHP (Urrutia et al., 2007, Abadio Finco et al., 2010, Deliza et al., 2005, Deliza et al., 2003). Il est important de noter que les connaissances et la conscience des consommateurs à l'égard de cette technologie sont relativement pauvres (Hicks et al., 2009) et différents segments de la population des consommateurs utilisent des moyens variés pour obtenir cette information (Hicks et al., 2009). Il en résulte qu'il n'est pas certain que la diffusion d'une explication destinée à un large public touche les consommateurs appropriés. On peut aussi noter que les conditions de vie du consommateur déterminent quel critère d'évaluation de la technologie est primordial. Pour les consommateurs à charge d'une famille, la santé est de la plus grande importance, tandis que les considérations hédonistes telles que le naturel et la fraîcheur du produit sont plus chères aux consommateurs sans obligations familiales (Sorenson et Henchion, 2011, Sorenson et al., 2011). De plus, l'influence de la publicité et le fait que faire ses courses soit considéré comme une nécessité ou un plaisir jouent sur l'acceptation des produits alimentaires traités par la PHP (Sorenson et al., 2011).

Bien que les études montrent que les participants font une différence entre des arguments concernant la technologie elle-même et ceux associés aux propriétés du produit désiré, la PHP est considérée comme tout à fait naturelle et, par conséquent, propre au conditionnement de la nourriture en vue de sa conservation (Nielsen et al., 2009). Ces conclusions révèlent que, tout du moins pour la PHP, les consommateurs peuvent formuler une opinion sur la technologie elle-même, mais ne vont pas nécessairement considérer les aliments produits avec cette technologie.

Si la plupart des technologies de traitement de moisissures telles que la PHP sont généralement bien acceptées, il y a toutefois quelques différences entre certaines technologies de cette classe. Bien que la PHP ait été associée à naturel et sain, de par son traitement doux et sans additifs, le traitement des aliments par CEP a donné lieu à des réactions plus sceptiques de la part des consommateurs (Scone et al., 2012).

La congélation à haute pression s'est révélée peu connue du public et est considérée comme légèrement négative en comparaison d'autres méthodes de congélation (Lampila et Lähteenmäki, 2007). L'homogénéisation sous haute pression, elle, s'est montrée efficace pour l'amélioration de la sécurité alimentaire des jus de fruits, mais aucune étude de la réaction des consommateurs n'a été menée à ce sujet (Kumar et al., 2009).

Dans l'étude de Sorenson et Henchion, 2011, les consommateurs attribuent « longue durée de vie » et « produit bien connu » au jus pasteurisé, ce qui a été associé à des conséquences positives telles que « fait gagner du temps lors des courses » et « fait économiser de l'argent » (moins de gaspillage). Les consommateurs ont attribué une durée de vie allongée aux produits préparés congelés sous PHP, ce qui a été associé à « faire les courses moins souvent », ce qui en retour a été associé à un gain de temps et à la commodité. La durée de vie allongée a aussi été associée à une diminution des déchets issus du gaspillage et, en définitive, moins de gaspillage, à un gain d'argent.

Chauffage micro-onde : Des études controversées sur le microonde domestique ont été publiées. Ces anciennes controverses ne concernent pas le microonde industriel pour lequel aucune publication récente n'a été trouvée.

Chauffage ohmique : Concernant les caractéristiques des produits, il a été prouvé que le chauffage ohmique était efficace pour la réduction du temps de cuisson des émulsions de viande, avec un faible effet sur les qualités sensorielles du produit. L'opinion des consommateurs n'a pas été prise en compte (Shirsat et al., 2004).

Ionisation : Il a été montré que l'ionisation des aliments est efficace pour réduire la perte des nutriments pour certains groupes de produits, sans pour autant susciter d'infléchissement dans les évaluations des consommateurs (Singh, 1991). Bien que peu d'études aient été menées sur l'opinion des consommateurs sur l'ionisation des aliments, l'irradiation de la nourriture, de manière générale, a souvent été étudiée dans ce cadre et s'est révélée mal accueillie par les consommateurs (cf. Frewer et al., en presse).

De nombreuses technologies visant à assurer la sécurité alimentaire n'ont pas ou peu été étudiées en fonction de leur acceptation par les consommateurs. Que cela soit en termes d'effets sur les caractéristiques des produits ou la technologie en elle-même. Ainsi, aucune bibliographie relative à la perception par les consommateurs n'a été trouvée pour les innovations suivantes : Biopréservation ; Biopréservation par les phages ; Nouveaux matériaux d'emballages avec hautes propriétés barrières ; Emballages respirants par technologies de perforation ; Emballages respirants / autres technologies d'ajustement des flux et de la sélectivité O_2/CO_2 ; Emballages bio-sourcés ; Conditionnement aseptique ; Lumière pulsée ; Décontamination chimique de surface ; Conditionnement aseptique ; Décontamination des emballages par traitement plasma ; Technologies monocouches recyclables ; Emballages minimisant en toutes conditions les phénomènes de migration.

4.3. Résultats des groupes de discussion

4.3.1. Résultats généraux de la perception des consommateurs

Une première analyse transversale des groupes de discussion a permis d'identifier des tendances générales quant à l'avis des consommateurs sur les six grands thèmes émergents lors des discussions. La majorité de ces résultats sont confirmés par la bibliographie.

Les bénéfices : avantages perçus par les consommateurs

Les consommateurs ont un avis positif sur les technologies qui leur facilitent le contrôle de la conservation des produits à domicile, et particulièrement celles qui les informent sur la qualité du produit en fonction de son vieillissement réel. Pour ces technologies, les consommateurs souhaitent que l'information fournie par la technologie soit facilement lisible et compréhensible; ce qui est confirmé par plusieurs études qui soulignent que la facilité d'utilisation d'une technologie est tout aussi importante que son utilité (Davis, 1989,Davis, 1993,Venkatesh and Davis, 2000, Venkatesh et al., 2003). A cet égard, l'indicateur temps-température qui change de couleur en fonction du temps a été perçu favorablement.

Les consommateurs sont favorables aux technologies qui leur paraissent « naturelles » et moins risquées que les techniques utilisées actuellement. Et ce, tout particulièrement si la nouvelle technologie permet de diminuer ou retirer les conservateurs dans les produits (en accord avec Slovic, 1987, Fife-Schaw and Rowe, 1996, Fife-Schaw and Rowe, 2000).

De manière générale, les technologies qui sont expliquées et compréhensibles sont mieux perçues par le consommateur, ce qui est en accord avec les études psychométriques (Slovic, 1987, Fife-Schaw and Rowe, 1996). De façon similaire, Délia et al. (2003,2005) a montré que fournir des explications simples et claires sur les hautes pressions favorise l'acceptation de la technologie par les consommateurs. Bien sûr, il convient de noter que l'amélioration de la compréhension conduit à une meilleure acceptation uniquement si cela concerne des aspects positifs des propriétés intrinsèques du produit, comme par exemple l'aspect naturel d'un produit traité par hautes pressions (Deliza et al., 2005, Nielsen et al., 2009).

Pour de nombreuses technologies, les consommateurs perçoivent des bénéfices pour les industriels. Par exemple, alors qu'ils ne voient pas d'intérêt personnel à emballer les bananes individuellement, ils pensent que l'emballage d'un chargement de bananes en vrac pendant le transport peut permettre aux industriels de proposer ensuite des bananes de meilleure qualité en magasin. Les consommateurs ne perçoivent pas forcément positivement les technologies dont les bénéfices directs vont aux industriels.

De manière générale, les technologies les mieux acceptées sont celles dont les bénéfices pour les consommateurs sont spontanément admis : produit plus naturel, retrait des conservateurs, aide à la décision dans la priorisation de la consommation des aliments.

La perception des risques : risques sanitaires et environnementaux

D'après les consommateurs, l'augmentation de la durée de vie de produits réduit la fraîcheur du produit et diminue ses qualités intrinsèques. Par ailleurs, les consommateurs craignent que l'allongement de la durée de conservation n'augmente la quantité de déchet car cela les incite les à

avoir une gestion moins stricte de leurs produits et ils risquent de davantage oublier de les consommer.

Les consommateurs pensent que l'augmentation de la durée de conservation des produits risque de réduire leur propre sensibilité et discipline dans la gestion des produits périssables, ce qui réduit les effets positifs de ces nouvelles technologies sur le gaspillage alimentaire. De façon similaire, quand les voitures sont devenues plus sûres les conducteurs ont commencé à avoir une conduite plus dangereuse, ce qui contrebalance l'effet positif de l'amélioration de la sécurité (Wilde, 1982, Wilde, 1994, Wilde et al., 2002).

Une autre crainte des consommateurs est la migration de particules ou de substances de l'emballage vers l'aliment. En particulier lorsque le produit doit être chauffé dans son récipient en plastique. Les nouveaux emballages proposés ne semblent pas comporter plus de risque que le plastique ; ils pourraient donc constituer une alternative à l'emballage en plastique. En revanche ils ne seraient pas acceptés en remplacement du métal ou du verre.

En ce qui concerne les risques environnementaux, la principale inquiétude des consommateurs concerne l'ajout d'emballage. Les consommateurs ne perçoivent pas les technologies d'emballage comme une évolution de l'emballage (matériaux, structure) mais comme un suremballage. Ils estiment que l'ajout d'emballage contribue davantage à l'augmentation des déchets (non alimentaires) qu'à la réduction du gaspillage alimentaire. Bien que cette considération ne soit pas conforme à la réalité, les analyses de cycle de vie prouvant que les emballages contribuent bien plus à la réduction du gaspillage alimentaire qu'à l'augmentation des déchets non alimentaires, celle-ci persiste depuis le milieu des années 1990 (van Dam, 1996) et sera donc difficile à changer.
Les consommateurs s'interrogent également sur la recyclabilité des emballages et matériaux proposés.

La dernière crainte majeure des consommateurs concerne la chaîne de production. L'allongement de la durée de conservation permet aux industriels d'augmenter les temps de transport et donc de livrer des produits plus loin ; ce qui défavoriserait les petits producteurs locaux au profit de la mondialisation.

De manière générale, les consommateurs perçoivent des risques pour toutes les technologies. Certaines technologies sont considérées comme « à risque » à cause des associations de mots que fait le consommateur, et ce même si le principe de la technologie est facile à comprendre. Il est donc important d'anticiper les associations de mots que peuvent faire les consommateurs.

Prix

Les consommateurs ne sont pas prêts à payer davantage pour un produit qui a une plus longue durée de conservation. Les consommateurs ne perçoivent pas de bénéfice personnel mais un bénéfice pour les industriels, qui devraient donc payer l'éventuel coût additionnel. Par ailleurs, ils considèrent que cela relève de l'évolution naturelle d'une technologie, d'un remplacement de technologie et donc que le coût de la nouvelle technologie est compensé par le coût de la précédente. Enfin, certains consommateurs considèrent que l'allongement de la durée de conservation d'un produit diminue sa qualité et donc que le prix devrait être inférieur.

Les consommateurs ne sont pas prêts à payer davantage pour bénéficier de ces technologies.

La confiance des consommateurs et les besoins d'encadrement réglementaires

La plupart des consommateurs ont une confiance limitée en l'industrie agroalimentaire, et ce notamment suite aux derniers scandales très médiatisés. Les consommateurs ne sont pas contre les technologies en soi mais ils se demandent si celles-ci pourront être détournées pour frauder ou bien si au contraire elles seront strictement contrôlées et leur usage règlementé pour éviter ces potentielles fraudes. Ils craignent que certaines technologies permettent de remettre en circulation, grâce à une décontamination, un produit périmé.

Les consommateurs redoutent les fraudes et souhaitent un encadrement réglementaire plus strict.

Les conditions de mise en œuvre

En général les consommateurs déclarent préférer les aliments frais, à la durée de conservation limitée. Ils perçoivent ces aliments comme étant de qualité supérieure en comparaison avec les produits bénéficiant de nouvelles technologies permettant d'augmenter leur durée de conservation. Cependant ils considèrent l'allongement de la durée de conservation pertinent pour certains cas spécifiques ; par exemple quand la consommation est faible (foyer composé d'une personne) ou bien lors d'un départ en vacances.

Les consommateurs estiment que l'allongement de la durée de conservation des aliments est adapté à certains cas spécifiques de consommation.

Perception du gaspillage alimentaire par les consommateurs et quantités jetées

Les consommateurs reconnaissent que le gaspillage alimentaire est un sujet d'actualité important mais considèrent que les principaux responsables sont les industriels. Lorsqu'ils jettent des aliments, les consommateurs déclarent qu'il s'agit principalement de restes d'un repas. Une solution pour réduire le gaspillage alimentaire chez les ménages serait que les industriels favorisent les emballages portionnables ou de plus petites tailles, afin que les consommateurs préparent des quantités de nourritures adaptées à la taille de leur foyer.
En conséquence les consommateurs perçoivent peu d'intérêt pour les technologies qui permettent d'allonger la durée de conservation des produits étant donné qu'ils estiment très peu gaspiller. De plus, les consommateurs considèrent que la création de nouveaux emballages contribue davantage à l'augmentation de déchets non alimentaires qu'à la réduction du gaspillage alimentaire.

Les consommateurs estiment que la priorité est de réduire le gaspillage alimentaire au niveau de la production et distribution.

4.3.2. Résultats spécifiques de la perception des consommateurs

Note : Les résultats présentés ci-après présentent les différentes opinions des 24 participants aux groupes de discussion, les données obtenues ne sont pas représentatives de la France entière. Cette analyse quantitative permet de dessiner des tendances mais en aucun cas d'établir de conclusion absolue. Il convient de souligner les trois points suivants :
- Le classement a été effectué à la fin des groupes de discussion et il peut avoir été influencé par les discussions
- Les discussions ont été menées dans un ordre fixe, ce qui peut avoir influencé les avis reflétés dans le classement

- L'échantillon n'est pas représentatif au niveau statistique, il ne faut donc pas généraliser ces résultats. Ces statistiques doivent donc être considérées comme des hypothèses préliminaires sur le comportement de la population en général. Des conclusions plus fermes nécessiteraient une étude plus approfondie dans laquelle les effets de second ordre seraient précisément contrôlés.

A la fin des discussions, chaque participant a rempli une fiche indiquant les scénarios auxquels il est le plus favorable, assez favorable, neutre, assez défavorable ou le plus défavorable. Dans les catégories « le plus favorable » et « le plus défavorable », les participants ne devaient renseigner qu'un seul scénario. Pour chaque participant, une note ainsi été associée à chaque technologie, de -2 à +2, selon le tableau de correspondance suivant :

Le plus défavorable	Assez défavorable	Neutre	Assez favorable	Le plus favorable
-2	-1	0	+1	+2

La Figure ci-dessous présente la répartition des avis positifs et négatifs des participants pour chaque technologie discutée.

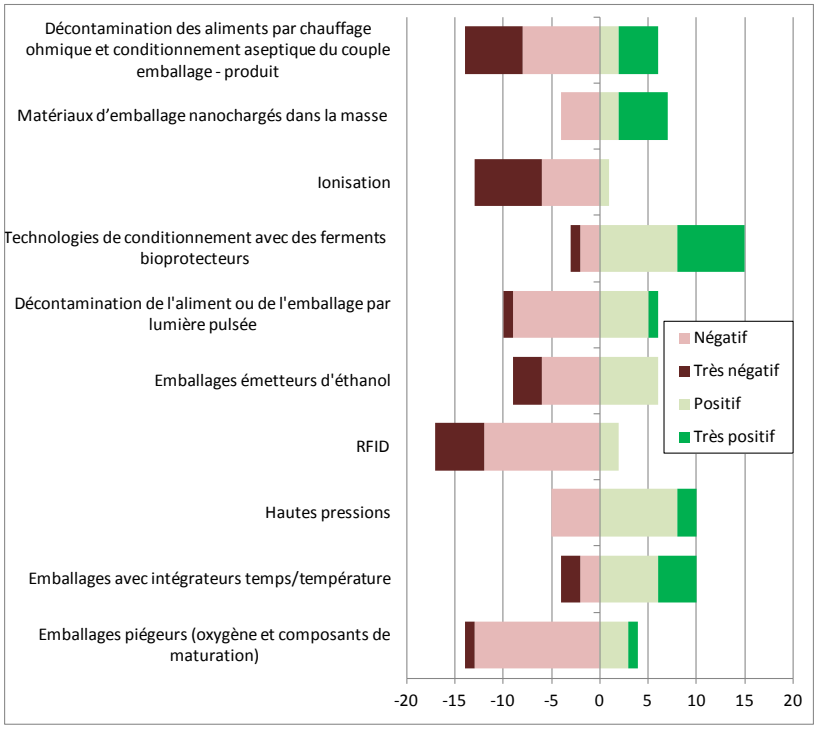


Figure 11 : Fréquence des avis positifs et négatifs pour chaque technologie discutée (les avis neutres ne sont pas représentés ; N=24)

Ce diagramme met en évidence les (très) nombreux avis positifs des consommateurs sur les emballages avec intégrateurs temps/température, les hautes pressions et les technologies de conditionnement avec des ferments bioprotecteurs. Il apparait également que les emballages piégeurs (oxygène et composants de maturation), la RFID et l'ionisation ont reçu majoritairement des avis négatifs. Enfin les emballages émetteurs d'éthanol, la décontamination de l'aliment ou de l'emballage par lumière pulsée, les matériaux d'emballage nanochargés dans la masse et la décontamination des aliments par chauffage ohmique et conditionnement aseptique du couple emballage - produit ont été source de divergences d'opinions.

Les variables obtenues pour chaque technologie étant considérées comme dépendantes et étant impossible d'effectuer une hypothèse sous-jacente sur la distribution des données, l'identification

de tendances dans les notes données par les consommateurs a été mesurée par un test non paramétrique. Parmi, les nombreux tests non paramétriques existants, la soumission des participants à un choix avec contrainte justifie le recours au test de Kendall[46]. Les résultats de ce test (Kendall's W=0.20; X^2(df=9;N=24)=43.75; p<0.001) montrent qu'il existe des différences d'opinion et de notation sur ces technologies.

Afin de comparer les technologies entre elles, des tests de Wilcoxon ont été réalisés (ANNEXE 2b: TeST DE KENDALL ET PRECISIONS STATISTIQUES). Le classement relatif des technologies en fonction des notes données par les participants est présenté dans le tableau ci-dessous. Cette table donne une indication du rang moyen des technologies ; 10 étant la moyenne la plus positive et 1 la plus négative.

Tableau 8 : Classement moyen des technologies (Test de Kendall– Un classement bas correspond à une faible acceptation par le consommateur)

RFID	3.81[a]
Ionisation	3.85[a]
Emballages piégeurs (oxygène et composants de maturation)	4.65[a]
Décontamination des aliments par chauffage ohmique et conditionnement aseptique du couple emballage - produit	4.83[ab]
Emballages émetteurs d'éthanol	5.23[ab]
Décontamination de l'aliment ou de l'emballage par lumière pulsée	5.38[ab]
Matériaux d'emballage nanochargés dans la masse	6.38[b]
Hautes pressions	6.60[b]
Emballages avec intégrateurs temps/température	6.73[b]
Technologies de conditionnement avec des ferments bioprotecteurs	7.54[b]

La référence [a,b] en exposant indique une différence significative à p=0.05, basée sur la comparaison par paires du test Wilcowxon. En pratique, cela signifie que les technologies avec un exposant [a] ont un rang bas, avec un exposant [b] ont un rang élevé et avec un exposant [ab] ont un rang intermédiaire.

Ces résultats soulignent une différence de rang entre les technologies. Les emballages piégeurs (oxygène et composants de maturation), l'ionisation et la RFID ont été notés négativement. La décontamination de l'aliment ou de l'emballage par lumière pulsée, emballages émetteurs d'éthanol, la décontamination des aliments par chauffage ohmique et le conditionnement aseptique du couple emballage - produit ont reçus des notes moyennes. Les technologies de conditionnement avec des ferments bioprotecteurs, les emballages avec intégrateurs temps/température, les hautes pressions et les matériaux d'emballage nanochargés dans la masse ont été notés positivement.
En ce qui concerne les nanotechnologies il est important de souligner que les consommateurs ne sont pas aussi défavorables que cela pourrait être. Ce résultat, en partie inattendu, est néanmoins conforté par plusieurs études qui indiquent que dans plusieurs pays européens les inquiétudes des experts en acceptation par les consommateurs sont parfois exagérées (Van Dijk et al., Soumis, Gupta, 2013, Gupta et al., 2013 , Gupta et al., 2012b). La sensibilité des experts à propos de la réaction des consommateurs sur les nanotechnologies dans l'alimentation est sans doute davantage influencée par l'affaire des OGM plutôt que par les déclarations des consommateurs (Gupta et al., 2012b).

Parmi les scénarios étudiés, aucune technologie ni application n'apparaît aux consommateurs comme étant indispensable, ni absolument inacceptable. Dans l'ensemble il y a donc peu de chance que ces technologies soient catégoriquement rejetées, celles-ci seront évaluées en fonction du

[46] (Kendall's W=.20; X^2(df=9;N=24)=43.75; p<.001).

produit auquel elles seront appliquées. Ces résultats sont en accord avec les résultats obtenus récemment dans le projet européen FP7 RECAPT (Fischer et al., en préparation).

Le décompte des avis positifs et négatifs de chaque technologie ainsi que ces résultats statistiques ont servi de base pour établir un premier classement des technologies qui a ensuite été affiné par une analyse qualitative des arguments donnés par les consommateurs.

4.4. Classement des technologies de l'étude

4.4.1. Méthodologie du classement des technologies

Le classement des 10 technologies étudiées lors des groupes de discussion selon trois catégories (technologies acceptées, technologies acceptées sous condition et technologies rejetées) a été réalisé en trois étapes.

Tout d'abord, un premier classement a été réalisé à partir du nombre d'avis positif et négatif donné par les consommateurs à chaque technologie (cf. Figure 1). Les technologies ayant reçu plus de 10 avis positifs et moins de 5 avis négatifs ont été classés dans la catégorie « technologies acceptées ». Il s'agit des technologies de conditionnement avec des ferments bioprotecteurs, des hautes pressions et des emballages indicateurs de la qualité du produit. Les matériaux d'emballage nanochargés dans la masse ont également été classés dans cette catégorie car ils ont reçu davantage d'avis positifs (7) que négatifs (4).

Les technologies ayant reçu plus de 10 avis négatifs et moins de 5 avis positifs ont été classés dans la catégorie « Technologies rejetées ». Il s'agit de l'ionisation, la RFID et des emballages piégeurs de composants indésirables pour la conservation du produit. La décontamination des aliments par chauffage ohmique et conditionnement aseptique du couple emballage - produit et la lumière pulsée ont également été classés dans cette catégorie car ils ont reçu davantage d'avis négatifs (10 ; 14) que positifs (6).
Les autres technologies, ayant entre 6 et 9 avis positifs et négatifs ont été classés dans les « technologies acceptées sous conditions ». Il s'agit des emballages émetteurs d'éthanol.

Ce classement a ensuite été affiné grâce aux résultats obtenus par les tests de Kendall et Wilcoxon (cf. Tableau 2). La décontamination des aliments par chauffage ohmique et conditionnement aseptique du couple emballage - produit et la lumière pulsée ont été transférées de la catégorie « technologies rejetées » à la catégorie « technologies acceptées sous conditions »

Enfin, les arguments donnés par les consommateurs lors des groupes de discussion ainsi que par les représentants d'associations de consommateurs et les CTRC ont permis de finaliser et de valider cette classification. Les «Matériaux d'emballage nanochargés dans la masse » a été transféré de la catégorie « technologies acceptées » à « technologies acceptées sous conditions ». La RFID et des emballages piégeurs de composants indésirables pour la conservation du produit ont été transférés de la catégorie « technologies rejetées » à la catégorie « technologies acceptées sous conditions ».

Lors des groupes de discussion un certain nombre d'arguments a été fréquemment mentionné. Ces arguments, d'ordre général, sont applicables à l'ensemble des technologies de l'étude. A partir des groupes de discussion il est donc possible d'anticiper dans une certaine mesure l'avis des consommateurs sur les technologies non discutées.

Généralement, une technologie est facilement acceptée si elle remplit les critères suivants :

1) Réduction ou suppression de conservateurs chimiques
2) Remplacement de technologies « high tech » par des technologies simples, compréhensibles et perçues comme étant « naturelles »

A l'inverse, les perceptions négatives sont davantage liées aux aspects suivants :
1) Introduction de technologies complexes
2) Modification dans le produit suite au traitement
3) Introduction de matériaux qui entraine la migration de particules ou composés chimiques vers l'aliment
4) Addition d'emballages; les emballages étant considérés comme contribuant davantage à l'augmentation de déchets qu'à la réduction du gaspillage alimentaire.

Ces 6 points sont retrouvés dans la littérature scientifique. Les trois premiers points sont en accord avec la bibliographie sur l'acceptation des technologies par les consommateurs (Slovic, 1987). Les points 4 et 5 renvoient à l'incertitude des technologies, ce qui augmente généralement le risque de rejet d'après Slovic. Le dernier point est en phase avec les précédents travaux de recherche de Van Dam, 1996 sur les emballages et des déchets.
Les opinions sur chacune des technologies non présentées lors des groupes de discussion ont été définies au cas par cas en considérant chacun des 6 points précédents ainsi que l'avis des associations de consommateurs et CTRC.

4.4.2. Technologies acceptées

Les technologies étudiées lors des groupes de discussion et acceptées à court ou moyen terme sont :

Les technologies de conditionnement avec des ferments bioprotecteurs[47] : Dans l'ensemble, les participants se montrent assez favorables vis à vis de cette technologie. Favorables dans le sens où il s'agit d'une technologie considérée comme naturelle et bien comprise. Les participants savent que les bactéries lactiques sont de « bonnes » bactéries et peuvent ainsi concevoir que ces « bonnes » bactéries éliminent les « mauvaises ». Cependant, un doute persiste quant à la quantité de bactéries qui serait nécessaire et suffisante pour empêcher totalement les autres bactéries de proliférer. De plus, le fait qu'il s'agisse d'une technologie associée à l'emballage et non d'un emballage « complexe » est perçu positivement par les consommateurs. Néanmoins, quelques interrogations ont été soulevées et, en particulier, l'idée d'ajouter des bactéries dans certains aliments, qui semble être peu naturelle (si il s'agit de bactéries qui ne sont pas présentes naturellement dans l'aliment) et quelque peu effrayante. L'impact de la présence de bactéries sur la qualité de la nourriture, qu'il soit sensoriel et/ou visuel, est considéré comme étant un risque. Le terme « Phage » peut inquiéter le consommateur. Enfin, des consommateurs se sont interrogés sur la mesure dans laquelle des personnes intolérantes au lactose pourraient consommer du poisson ainsi conservé.

Les emballages avec intégrateurs temps/température : Dans l'ensemble, les consommateurs sont assez favorables à l'utilisation d'indicateurs temps/température, et ce pour plusieurs raisons. Tout d'abord, les consommateurs apprécient les avantages liés au service après-vente (suivi de la conservation du produit) ainsi que la facilité d'utilisation de cette technologie à la maison (Davis, 1989). Les consommateurs suggèrent de créer un code couleur unique pour tous les produits. De plus, les consommateurs apprécient de pouvoir avoir une information dynamique en fonction des conditions de conservation du produit. Cette innovation parait bien adaptée aux produits à risque :

[47] Cette dénomination regroupe biopréservation et biopréservation par les phages

boucherie, charcuterie et surgelés. Des doutes concernant l'apport réel de cette technologie par rapport aux attentes qui en sont faites se posent, notamment s'il est montré que les entreprises agroalimentaires ont la possibilité de frauder en remplaçant le capteur. Enfin, certains consommateurs doutent de la fiabilité de la technique car celle-ci dépend de trop nombreux paramètres.

Les hautes pressions : Dans l'ensemble, les consommateurs sont favorables à cette technologie, bien qu'elle ne soulève tout de même pas un grand enthousiasme. Selon les consommateurs, son principal avantage est la substitution des conservateurs chimiques (Slovic, 1987). Il y a toutefois des doutes quant aux possibles effets négatifs qu'aurait la technologie sur les qualités nutritionnelles et organoleptiques des aliments. Les installations à hautes pressions sont considérées comme « high-tech » et probablement trop chères pour être utilisées de manière réaliste. La demande est peu importante car les consommateurs ont l'habitude et sont satisfaits des technologies de pasteurisation traditionnelles.

Les autres technologies non étudiées lors des groupes de discussion et acceptées sont :

Emballages instrumentés par détection de traceurs (oxygène, CO_2, éthylène) : Cette technologie est proche des emballages piégeurs d'éthylène mais elle est plus utile à l'industriel, au distributeur ou aux circuits BtoB (cantines) qu'au consommateur final. Il est probable que cette technologie soit acceptée pour les aliments en vrac, mais les consommateurs risquent de ne pas percevoir de valeur ajoutée et de ne pas comprendre pourquoi on leur communique cette information. Cette technologie peut sembler trop complexe pour un emploi ménager.

Emballages instrumentés par détection de microorganismes : Cette technologie est proche des emballages piégeurs d'éthylène mais elle est plus utile à l'industriel ou au distributeur qu'au consommateur final. Il est probable que cette technologie soit acceptée pour les aliments en vrac, mais les consommateurs risquent de ne pas percevoir de valeur ajoutée. Les consommateurs s'interrogent sur l'intérêt de la « sur-sécurisation » de produits déjà bactériologiquement consommables. De plus, la réduction microbiologique est considérée comme une responsabilité des industriels; ce qui rend la détection de microorganismes non pertinente pour les consommateurs (il ne devrait pas y avoir de bactérie dans un produit proposé à la vente). Il s'agit cependant d'une remarque issue de la bibliographie et non des groupes de discussion.

Emballages respirants par technologies de perforation : Le fait qu'aucune substance supplémentaire ne soit ajoutée à l'emballage sera considéré positivement. De plus, il s'agit d'une innovation simple donc les consommateurs devraient être favorables. Cependant, ils ne percevront sans doute pas de bénéfices directs à utiliser cet emballage.

Emballages respirants / autres technologies d'ajustement des flux et de la sélectivité O_2/CO_2 : De prime abord, la technologie peut sembler complexe mais si l'emballage n'interagit pas avec l'aliment et que les matériaux utilisés sont inertes alors les consommateurs devraient être favorables. Cependant, ils ne percevront sans doute pas de bénéfices directs à utiliser cet emballage. Une interrogation d'une association de consommateurs a concerné l'intérêt de cette technique par rapport à l'utilisation d'azote.

Décontamination par chauffage micro-onde : Avec le temps, cette technique a été acceptée par les consommateurs et est maintenant très utilisée à domicile. Cependant certains consommateurs continuent de redouter la persistance d'ondes dans le produit. Cette technique appliquée au niveau

industriel devrait être bien acceptée par les consommateurs même si ceux-ci risquent de s'interroger, comme pour le chauffage ohmique, sur l'impossibilité d'une décontamination totale.

Technologies monocouches recyclables : Les consommateurs devraient être favorables car cette technologie permet de réduire la quantité de déchets non alimentaires. De plus le terme « recyclable » est perçu favorablement par les consommateurs.

4.4.3. Technologies acceptées sous conditions

Les technologies étudiées lors des groupes de discussion et acceptées sous conditions sont :

Les matériaux d'emballage nanochargés dans la masse : Les consommateurs sont plutôt favorables à l'utilisation d'emballages barrières intégrant des nanocharges ou des nanorevêtements permettant de limiter la pénétration d'oxygène. Leur principale motivation provient du fait qu'ils comprennent que « retirer l'oxygène » permet de créer des produits plus sains et qui se conservent mieux. Ce qu'ils considèrent comme étant un avantage particulièrement intéressant est la faible quantité de matériaux utilisés, en comparaison des autres emballages. Dans le même temps, ce nouveau produit est perçu comme plus naturel puisque réduisant les besoins de traitement par la chaleur et la quantité de conservateurs. Les consommateurs estiment ces emballages particulièrement adaptés aux produits à longue conservation. Quelques craintes ont été soulevées quant à l'utilisation de nanoparticules dans les emballages, la principale étant que ces nanomatériaux pourraient être transférés aux aliments. C'est en particulier le cas lorsque le contenu doit être chauffé dans son emballage : les consommateurs considèrent alors que les « nano » (et autres) matériaux migrent de l'emballage vers l'aliment. Si l'emballage ne touche pas l'aliment, ces risques sont considérés comme étant moindres. Dans le scénario proposé, la référence à un emballage créé à partir de matériaux naturels est perçue comme très positive. Néanmoins davantage d'éléments attestant de l'efficacité de ces emballages sont demandés par les consommateurs. Le terme « nano » semble donner le sentiment d'avoir peu de contrôle sur la présence de nanotechnologies dans l'emballage (Slovic, 1987).

Les emballages émetteurs d'éthanol : Dans l'ensemble, les consommateurs n'ont pas d'opinion tranchée en faveur ou contre l'usage d'éthanol dans les emballages de brioches pour réduire les moisissures. Les consommateurs s'interrogent davantage sur l'intérêt d'allonger la durée de conservation d'une brioche « faite maison » étant donné qu'elle est généralement mangée directement après achat, bien avant l'apparition de moisissures. L'éthanol est considéré comme un additif, et donc négativement. Les plus fortes objections font référence aux associations avec l'abus d'alcool et à la mise en œuvre dans des produits pour enfants, et ce même si la quantité d'éthanol est minime.
De manière plus générale, les consommateurs sont favorables aux emballages émetteurs de stabilisants bactériens qui sont connus. En revanche, les emballages émetteurs de CO_2 leur font penser à une propulsion ou un aérosol. Ils s'interrogent sur la façon de réaliser l'émission de CO_2. Les consommateurs ne souhaitent pas qu'une réaction chimique se produise dans l'emballage, ni que l'aliment soit en contact avec un produit chimique. Enfin, ils s'interrogent également sur l'utilité du système dès lors que l'emballage a été ouvert.

Les emballages piégeurs (oxygène et composants de maturation) : Les consommateurs s'interrogent sur l'utilité réelle des emballages piégeurs d'éthylène pour les bananes. La plupart considèrent qu'il n'est pas nécessaire de protéger des bananes, celles-ci ayant une peau dure qui ne se mange pas. Certains pourraient être favorables à ces emballages pour conserver les fruits fragiles

(peau mince) ou en vrac plus longtemps en été mais cela réduit l'usage à des situations particulières. Les quelques inquiétudes portent sur l'ajout d'emballages qui contribue davantage, selon les consommateurs, à augmenter la quantité de déchets plutôt que de participer à leur réduction du gaspillage alimentaire (van Dam, 1996). Par ailleurs les consommateurs se demandent comment seront piégés les composés indésirables, si l'emballage ne sera pas considéré comme dangereux ensuite et quels conseils d'utilisation leur seront donnés.
Enfin, une association de consommateurs a souligné le fait que le problème principal de ces emballages est qu'ils ont une durée de vie limitée car ils se dégradent tous seuls de par leur fonction. L'emballage vieillit et s'autodétruit. Ces emballages doivent donc être appliqués à des produits à DLC courte.

La décontamination de l'aliment ou de l'emballage par lumière pulsée : L'utilisation de rayons UV pour traiter les brioches n'a reçu ni objection ni argument fort de la part des consommateurs. Les principaux aspects positifs soulignés par les consommateurs ont été : une application unique ainsi que l'absence de traces et de particules chimiques dans le produit. De plus, les rayons UV sont, dans une certaine mesure, considérés comme étant naturels (on en trouve dans la nature !). Les inquiétudes concernent la possible diminution des valeurs nutritionnelles et qualités organoleptiques du produit. Ce traitement semble être issu une technologie de pointe, « imaginée par l'industrie agroalimentaire », alors qu'elle ne parait pas indispensable. Enfin, le lien qui existe entre l'exposition aux rayons UV et le développement de cancers soulève quelques questions concernant une application sur des aliments. Des parallèles avec la technologie d'irradiation ont été mentionnés.

La RFID : La faible note de cette technologie peut être expliquée en partie par le fait que les consommateurs ne perçoivent pas de bénéfices et que la technologie soulève des questions d'ordre social (vie privée). Les consommateurs s'interrogent sur le type de données qui seront collectées et leur intérêt par rapport aux indications déjà présentes sur les étiquettes. Trop d'information risque d'inquiéter les consommateurs. La possible utilisation des données recueillies par les grands groupes est la problématique principale de cette technologie.

En revanche, les consommateurs reconnaissent que cette technologie n'a pas d'impact direct sur la qualité de l'aliment. Si le suivi et le traçage RFID sont rendus accessibles et réalisés par de petites entreprises, si la vie privée des consommateurs est garantie et si une réglementation stricte concernant son utilisation abusive est mise en place alors les consommateurs accepteront la technologie. Par ailleurs, cette technologie sera sans doute de plus en plus usitée grâce notamment au développement des Smartphones.

Décontamination des aliments par chauffage ohmique: Les participants ont des avis partagés concernant la décontamination des aliments par chauffage ohmique. Cette technique est perçue comme étant « high-tech » et « non naturelle ». Les consommateurs craignent que le chauffage ne réduise les qualités nutritionnelles des aliments et que la décontamination soit incomplète. Néanmoins, si cette technique permet de réduire, ou encore mieux, remplacer totalement les conservateurs chimiques alors elle pourrait être acceptée en remplacement des technologies qui utilisent des conservateurs chimiques.

Conditionnement aseptique du couple emballage - produit : L'acceptation du conditionnement aseptique est principalement fonction de l'agent chimique utilisé. Il n'y a pas de d'objection forte concernant l'utilisation de H_2O_2 pour stériliser les emballages. La majorité des consommateurs considère la stérilisation (chimique) des emballages comme étant standard et ne voit pas la

différence entre cette technologie et ce qu'il considère comme étant des pratiques usuelles. Certains consommateurs ont associé l'utilisation de H_2O_2 avec le « blanchiment des cheveux ». Même si ils considèrent qu'une asepsie complète est impossible, le fait que cette utilisation soit répandue permet d'atténuer ces craintes. Enfin, si les molécules d'H_2O_2 utilisées comme traitement chimique des emballages, contribuent à la réduction de « particules chimiques » dans les aliments alors les consommateurs seront favorables.

Les autres technologies non étudiées lors des groupes de discussion et acceptées sous conditions sont :

Emballages à libération contrôlée de substances à effet antimicrobien : En considérant l'opinion plutôt négative qu'ont les consommateurs sur les conservateurs, il est à penser que l'image « high tech » et peu naturelle de cette technologie, combinée à la libération de substances mal perçues sera acceptée sous certaines conditions par les consommateurs. Ceux-ci risquent de s'interroger également sur les risques potentiels de la libération de substances qui interagissent avec le produit. Cependant si ces emballages remplacent les conservateurs ajoutés au produit, cette technologie sera sans doute acceptée.

Nouveaux matériaux d'emballages avec hautes propriétés barrières : Cette innovation est sans doute acceptable, bien que les consommateurs puissent s'interroger sur la recyclabilité des nouveaux matériaux utilisés, et qu'ils n'y voient que peu de bénéfices. Il faut néanmoins expliquer, dans des termes simples, aux consommateurs quels matériaux confèrent à l'emballage ces propriétés et les rassurer sur l'inertie des matériaux.

Coatings organiques nanochargés : L'ajout de nano particules risque d'être considéré comme étant complexe et peu naturel. Le mot « nano » fait peur aux consommateurs car il est mal expliqué. Les consommateurs ne savent pas réellement de quoi il s'agit, ils ne comprennent pas. Comme pour l'amiante ils craignent que dans quelques années on découvre qu'il y a des dangers. De plus, le mot « organique » peut faire peur aux consommateurs car ils risquent de l'associer à « carbone, durée de vie… ». Pour qu'elle soit acceptée cette technologie doit être expliquée en des termes simples aux consommateurs, il faut leur donner la preuve qu'il n'y a pas de risques pour la santé et que le prix du produit fini ne sera pas augmenté.

Emballages bio-sourcés : Il est difficile de déterminer dans quel cas l'ajout d'un emballage peut être perçu comme un avantage. Cependant, si ces emballages sont présentés comme étant naturels, simples, qu'ils ne portent pas atteinte à l'environnement (ne nécessitent pas de couper des forêts ou de gaspiller d'importants volumes d'eau pour faire pousser des cultures) alors les consommateurs devraient être favorables. La mention « biodégradable » est un motif d'achat pour certaines personnes.

Emballages minimisant en toutes conditions les phénomènes de migration : Avant d'accepter cette innovation, les consommateurs demanderont des preuves de l'inertie chimique des matériaux utilisés. Les consommateurs ont associés les emballages à un milieu stérile et donc à l'hôpital. Ils seraient peut-être davantage adaptés au secteur pharmaceutique.

4.4.4. Technologies rejetées

La technologie étudiée lors des groupes de discussion et rejetée est :

L'ionisation : Celle-ci est considérée comme étant trop complexe et pouvant faciliter les fraudes en permettant à des produits périmés de réintégrer la chaîne alimentaire. Les consommateurs sont très

réticents face à cette technologie qu'ils ne comprennent pas bien. Le procédé, qui n'est pas connu par les consommateurs, ne fait pas peur mais en revanche le mot « ionisation » inquiète.
Le rayonnement par faisceau électronique (ou ionisation) est rejeté car considéré comme une haute technologie potentiellement dangereuse à cause des radiations. Le lien avec les « radiations nucléaires » a été évoqué. En outre, des questions se posent quant à l'utilisation qui peut en être faite pour « surclasser » visuellement des produits avariés et les remettre ainsi sur le marché. Très peu, voire aucun avantage n'est trouvé pour contrer cette perception très négative de la technologie, qui est, de plus, considérée comme une source potentielle de fraudes. Cette technologie n'a généré quasiment aucun commentaire positif. De façon générale, cette technologie est donc rejetée.

Les autres technologies non étudiées lors des groupes de discussion et rejetées sont :

Coatings minéraux technologies plasma : L'ajout de composés chimiques à ces emballages peut être considéré comme peu naturel et donc être mal accepté.

Décontamination des emballages par traitement plasma : Le plasma est sans doute considéré comme une application complexe, ce qui réduit son acceptabilité. De plus, les consommateurs risquent de s'interroger sur de possibles changements dans le produit. Enfin, le terme « plasma » peut être associé à des mots comme « le sang ».

Décontamination chimique de surface : Le mot chimique risque d'inquiéter les consommateurs, qui peuvent également craindre que l'ajout d'un composé chimique ne dénature l'aliment. Ils ne devraient percevoir spontanément aucun bénéfice par rapport aux autres techniques de décontamination utilisées et donc rejeter cette technologie.

4.5. Résultats complémentaires issus des entretiens avec les associations de consommateurs et centres techniques régionaux de la consommation

Les résultats des entretiens avec les associations de consommateurs et les centres techniques régionaux de la consommation ont été majoritairement utilisés pour compléter les argumentaires sur les technologies et ont déjà été intégrés aux sections 5.3 et 5.4.

Cette section 5.5 a pour objectif de retranscrire des éléments plus généraux en lien avec la thématique du gaspillage, exprimés par les associations de consommateurs et les centres techniques régionaux de la consommation.

Les consommateurs ont peu en confiance en l'industrie agroalimentaire et lui attribuent la responsabilité du gaspillage alimentaire. Les consommateurs reconnaissent que le gaspillage alimentaire est un sujet d'actualité important mais considèrent que les principaux responsables sont les industriels. D'après les représentants d'associations de consommateurs, les industriels favoriseraient le gaspillage en fixant des DLC courtes pour inciter le consommateur à consommer plus rapidement et donc davantage ; mais ils favoriseraient également l'obsolescence programmée des aliments. Cette opinion est illustrée par la révélation que plus de 300 produits frais font l'objet d'une DLC différenciée en métropole et dans les Départements d'Outre-Mer. Par ailleurs, la politique marketing des industriels est perçue comme consistant principalement à faire des réductions sur les quantités et non sur les prix en proposant des lots (2 pour le prix d'1). D'après les associations, les habitudes de consommation et la taille réduite des foyers sont en désaccord avec le marketing actuel qui ne cesse d'augmenter les volumes à la vente et incite à la consommation pour des raisons économiques évidentes. Les associations estiment que les aliments sont aujourd'hui considérés par les industriels et les consommateurs comme des biens de consommation qu'il est possible de jeter comme un quelconque objet.

Les avis des associations de consommateurs et des centres techniques régionaux de la consommation **concernant l'impact de l'allongement de la durée de conservation sur les aliments divergent.** Certains représentants estiment que les aliments seront moins consommés : pour maintenir le même niveau de vente les stratégies marketing des industriels impliquent que l'augmentation de la DLC soit corrélée avec l'augmentation du contenant. Ils estiment que le consommateur se lassera du produit, qu'il aura été contraint d'acheter en trop grande quantité, ce qui à terme augmentera le gaspillage. D'autres représentent l'idée que l'extension de la durée de conservation des aliments est opposée à la notion de fraîcheur d'un produit. Enfin, l'augmentation de la DLC inciterait les consommateurs à être moins « disciplinés » dans la gestion de leurs aliments et permettrait aux industriels d'augmenter les temps de transport et donc d'étendre leurs zones géographiques de livraison.

D'autres associations et centres techniques estiment que l'allongement de la durée de conservation n'aura pas d'impact car les consommateurs prennent toujours le produit dont la DLC est la plus lointaine en magasin. Ils estiment ainsi que si l'on propose au consommateur un produit à durée de conservation plus longue, il le choisira car l'allongement de la DLC créera un sentiment de sécurité.

Enfin quelques associations et centres techniques sont persuadés de l'impact favorable sur le gaspillage et prennent pour exemple le succès des magasins où les produits en fin de DLC/DLUO sont proposés à la vente. L'augmentation de la DLC en jouant sur les marges de précaution de l'industriel permettrait de réduire le gaspillage.

Les emballages alimentaires sont mal perçus par les consommateurs

D'après les associations de consommateurs consultées, les emballages correspondent à la réalité économique du marché et non à la réalité « sociale » (taille des foyers, besoins réels…). Ils sont considérés comme des outils de vente avant d'être des outils de protection du produit ; leur rôle technique est bien souvent oublié par les consommateurs et les industriels. Il est important de rassurer les consommateurs sur l'inertie des emballages si ils sont en contact avec le produit, leur prouver qu'il n'y a pas d'incidence sur la santé, ni sur les qualités organoleptiques et nutritionnelles du produit, ni sur l'environnement.

De par leurs actions, les associations de consommateurs contribuent à la sensibilisation des consommateurs sur le gaspillage alimentaire. Familles rurales a publié en Octobre 2013 un guide «*Recommandation d'hygiène à l'intention des consommateurs*» en collaboration avec Léo Lagrange, CSF, UFCS et Orgeco. Ce guide explique aux consommateurs comment ne pas prendre de risques avec les aliments et dans quelles mesures réutiliser les restes. La maîtrise des principes élémentaires d'hygiène qui y sont développés, contribue à diminuer le gaspillage alimentaire. Le CTRC Ile de France et ses adhérents réalisent des émissions FLASH CONSO sur France 3 régional qui traitent de sujets de consommation. Et les CTRC de région organisent également des journées d'information et des ateliers dans les écoles. Les associations accueillent favorablement la décision du Ministre de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, Stéphane Le Foll, de modifier la mention DLUO en « à manger de préférences avant » car cela facilitera la compréhension des dates par les consommateurs.

Pour conclure, les associations de consommateurs et centres techniques régionaux de la consommation estiment qu'il n'y a pas une unique solution au gaspillage alimentaire car il existe trop de comportements différents. Ils rappellent également que les consommateurs sont très exigeants à tout point de vue (aspect et qualité des produits, praticité, durée de conservation…)

Des évolutions dans l'acceptation par les consommateurs des nouvelles technologies sont possibles et même souhaitables à condition qu'elles soient dans un intérêt partagé avec producteurs et distributeurs.

Ces évolutions sont envisageables à condition que plusieurs éléments soient respectés :

- Les critères de sécurité alimentaires doivent être respectés et reconnus par les consommateurs ;
- Les qualités organoleptiques ne doivent pas être altérées par l'allongement de la DLC ;
- La preuve que ces emballages innovants réduisent notablement le gaspillage alimentaire s'ils ont adoptés par un grand nombre de consommateurs doit être apportée ;
- Le coût du produit final doit rester raisonnable afin que le consommateur n'ait pas à choisir entre le coût de l'aliment et la contribution à la réduction du gaspillage alimentaire.

Familles Rurales a participé en juin 2009 à un groupe de travail du Conseil National de l'Alimentation intitulé : « Le développement des nouvelles technologies dans la fabrication, le conditionnement et la conservation des denrées alimentaires : conséquences, responsabilité des opérateurs et acceptabilité sociale ». Un avis a été adopté en juin 2009 à l'unanimité. Dans cet avis une série de recommandations a été réalisée afin de permettre une meilleure acceptation des nouvelles technologies. La mise en œuvre de ces recommandations doit pouvoir permettre aux consommateurs d'accepter les nouvelles technologies si les critères développés par les associations dans l'avis sont respectés. Certains avis sont largement développés dans le présent rapport.

4.6. Conclusion du volet 2

Ce travail a été réalisé afin d'étudier la perception des consommateurs vis-à-vis des technologies étudiées et de réaliser un classement des technologies en fonction de leur acceptation par les consommateurs selon 3 groupes (technologies acceptées, technologies acceptées sous conditions, technologies rejetées). Le tableau ci-dessous récapitule le classement des technologies étudiées.

Tableau 9 : Typologie de l'ensemble des technologies étudiées

Technologies acceptées	
Etudiées lors des groupes de discussion	Non étudiées lors des groupes de discussion
Biopreservation Biopreservation par les phages Les emballages avec intégrateurs temps/température Les Hautes Pressions	Emballages instrumentés par détection de traceurs (oxygène, CO_2, éthylène) Emballages instrumentés par détection de microorganismes Emballages respirants par technologies de perforation Emballages respirants / autres technologies d'ajustement des flux et de la sélectivité O_2/CO_2 Décontamination par chauffage microonde Technologies monocouches recyclables
Technologies acceptées sous conditions	
Etudiées lors des groupes de discussion	Non étudiées lors des groupes de discussion
Les matériaux d'emballage nanochargés dans la masse Les emballages émetteurs d'éthanol Les emballages piégeurs (oxygène et composants de maturation) La décontamination de l'aliment ou de l'emballage par lumière pulsée La RFID Décontamination des aliments par chauffage ohmique Conditionnement aseptique du couple emballage - produit	Emballages à libération contrôlée de substances à effet antimicrobien Nouveaux matériaux d'emballages avec hautes propriétés barrières Coatings organiques nanochargés Emballages bio-sourcés Emballages minimisant en toutes conditions les phénomènes de migration
Technologies rejetées	
Etudiées lors des groupes de discussion	Non étudiées lors des groupes de discussion
Ionisation	Coatings minéraux technologies plasma Décontamination des emballages par traitement plasma Décontamination chimique de surface

Suite aux scandales alimentaires de ces derniers mois, les consommateurs se méfient de l'industrie agroalimentaire. Ainsi, les technologies a priori les mieux acceptées sont celles dont les bénéfices pour les consommateurs, et non pour les industriels, sont spontanément admis. Il s'agit là d'un critère majeur dans l'acceptation des technologies par les consommateurs. Les consommateurs perçoivent le bénéfice de certaines technologies, notamment celles relatives au suivi de la qualité des aliments à domicile. En revanche, ils ne reconnaissent pas spontanément la valeur ajoutée des technologies qui permettent d'allonger la durée de conservation des produits. Par ailleurs, les consommateurs plébiscitent, bien qu'ils aient un coût, les emballages portionnables comme refermables tout en mentionnant que l'achat de produits en vrac sans suremballage ou à l'unité apparait comme une solution au gaspillage.

Ces résultats mettent en évidence que le consommateur n'est pas catégoriquement opposé à la mise en place de nouvelles technologies contribuant à la réduction du gaspillage alimentaire à condition

d'**être informé sur les innovations réalisées par les industries agroalimentaires**. Les industriels doivent faciliter l'accès à ces informations pour **sensibiliser le consommateur et les générations futures** au gaspillage alimentaire.

5. RESULTATS VOLET 3 : ANALYSE DES CONDITIONS D'ADOPTION DES INNOVATIONS PAR LES DIFFERENTS ACTEURS DE LA CHAINE ALIMENTAIRE

5.1. Objectifs et méthode

Le volet 3 a pour objectif d'évaluer l'adoption des innovations technologiques par les différents acteurs de l'industrie agroalimentaire par la collecte de données économiques, de données concernant l'impact environnemental et une analyse des freins influant la mise sur le marché des innovations technologiques.

Ce volet utilise les résultats des volets 1 (fiches technologiques) et 2 (informations sur la perception des consommateurs).

La méthodologie du volet 3 repose sur la réalisation de 5 types d'entretiens :
- Entretiens avec les experts techniques des filières agroalimentaires ;
- Entretiens avec les équipementiers ;
- Entretiens avec les producteurs ;
- Entretiens avec les acteurs de la restauration hors foyer ;
- Entretiens avec les distributeurs.

Tableau 10 Résumé des entretiens par acteur

Experts Techniques	Expert par filière agroalimentaire	6 entretiens
Equipementiers	Producteurs des technologies étudiées	18 entretiens
Producteurs	Décideurs dans l'implémentation de la technologie	7 entretiens
Restauration hors foyer	Utilisateurs des produits finis	5 entretiens
Distributeurs	Bénéficiaires de la technologie en termes de logistique et d'arguments commerciaux	2 entretiens

Pour chaque type d'entretien un guide d'entretien a été élaboré. Ces guides détaillent la méthode et les étapes d'entretien, les questions posées ainsi que le plan utilisé pour chaque entretien.

5.2. Challenge par filière

La première étape du volet 3 a consisté à identifier les challenges par filière agroalimentaire en termes de gaspillage alimentaire et évaluer leur perception des technologies lors d'entretiens avec les experts techniques des filières agroalimentaires. Six entretiens ont été réalisés avec :

- Le CTIFL (fruits et légumes) ;
- L'ADIV (viande) ;
- ACTALIA (produits laitiers) ;
- Le CTCPA (plats préparés – deux entretiens) ;
- HALIOMER (produits de la mer).

❖ Fruits et légumes

Les fruits et légumes non transformés sont responsables d'une grande partie du gaspillage alimentaire en France. Ils représentent **24%** du gaspillage alimentaire en poids (France Nature Environnement, 2011). Au Royaume-Uni, les fruits et légumes frais sont contributeurs à **19%** du coût du gaspillage alimentaire évitable, et à **25% du gaspillage évitable en poids** : ce sont donc les premiers contributeurs en poids, mais pas en coût (Quested T. et Johnson H., 2009).

La majorité du gaspillage alimentaire des fruits et légumes a lieu **au niveau** de la production agricole (20%) et du consommateur (19%), puis de la distribution (10%) (Gustavsson J. et al., 2011). 21% des Français déclarent jetter des fruits au moins une fois par mois, et 19% des légumes (TNS Sofrès, 2012). D'après une étude du WRAP, 18% des fruits frais achetés par les ménages sont jetés ensuite, et 20% des légumes frais et salades (Quested T. et Johnson H., 2009). D'après cette même étude, **88%** du gaspillage des fruits par les ménages serait dû au fait que les consommateurs ne les **mangent pas à temps**, et **67%** des légumes (Quested T. et Johnson H., 2009). Une augmentation de la DLC des fruits et légumes serait donc potentiellement efficace.

Les fruits et légumes sont surtout achetés **frais** (68% de la consommation en Fruits et Légumes en France), d'ailleurs une part assez peu importante de la production part en transformation. Des innovations sur les emballages de fruits et légumes frais seraient donc possiblement plus impactantes. Toutefois les produits transformés sont partiellement ou totalement stabilisés et leur durée de conservation est alors sans comparaison avec les fruits légumes frais.

La consommation de fruits et légumes possède une **élasticité prix** importante, et étant donné que les Français ne consacrent qu'une partie relativement peu importante de leur budget aux fruits et légumes, on peut penser qu'ils ne seraient pas prêts à payer beaucoup plus cher une nouvelle technologie. Cet aspect s'est retrouvé dans les focus groups.

Des initiatives comme le projet CASDAR D^{2}BIOFRUITS (« Développement de méthodologie d'évaluation des pertes post récoltes et étude de l'efficacité des procédés compatibles avec l'agriculture biologique pour désinfecter les fruits ») portent sur la réduction des pertes post-récoltes.

Le projet CASDAR porte sur l'évaluation et les applications techniques post récolte pour éviter les pertes. Ce projet inclut des interviews avec les distributeurs afin de quantifier le niveau de pertes et les facteurs. Des audits seront donc menés afin de délivrer des diagnostics poussés et ensuite développer une méthodologie qui permet de quantifier les pertes des distributeurs et grossistes.

Les raisons du gaspillage dans ce secteur sont multiples : palpation des fruits, non-retrait des fruits abimés, température des rayons, problèmes de pourriture et d'insectes… Les technologies qui

augmentent la qualité semblent intéressantes pour la dernière raison citée. Par ailleurs, les consommateurs préfèrent toujours les fruits et légumes calibrés. Un travail est à réaliser afin de faire évoluer les consommateurs.

Parmi les technologies sélectionnées dans l'étude, un vrai intérêt pour les technologies de microperforation et de perméabilité sélective est exprimé pour les fruits et légumes frais au niveau final pour éviter la palpation des produits par les consommateurs et également plus tôt pendant le stockage pour mieux contrôler leur maturation.

Les emballages traceurs de composants de maturation pourraient également permettre de réaliser le tri des produits en fonction de leur maturité au niveau du conditionnement. Cela permettrait d'adapter le type de maturation en fonction de l'avancement du produit (température de stockage).

Augmenter la qualité sanitaire du produit permet d'augmenter sa qualité. Il n'est pas vraiment possible d'augmenter la durée de conservation notamment sur des produits sensibles (la durée de vie d'une mangue peut difficilement être augmentée par exemple). Certains traitements comme les antagonistes à l'éthylène pourraient être intéressants ; les emballages émetteurs de CO_2, pourraient être intéressants pour les fruits rouges puisqu'il y a un besoin de CO_2 élevé (5-15%).

Mais avant tout ce sont les méthodes de traçabilité (e.g. RFID) et de qualification instantanée de la qualité (e.g. spectroscopies ou détections spécifiques de traceurs) qui permettront d'orienter l'écoulement de containers, de lots ou de fruits individuels, en fonction de l'échelle appréhendée et du niveau d'invention dans le processus de distribution.

La condition principale à l'adoption de nouvelles technologies est le coût.

- **Plats préparés**

Les plats contribueraient à **18%** du gaspillage évitable en quantité, ce qui le situe à la troisième place derrière les boissons et les fruits et légumes. En revanche, on observe que la raison « **Préparé ou servi en trop grande quantité** » pour le gaspillage est prédominante par rapport à la raison « Pas consommé à temps » : elle est responsable de **65%** du gaspillage en quantité au niveau du consommateur (Quested T. et Johnson H., 2009).
Au niveau du consommateur, **34%** des plats préparés achetés/préparés serait voué au gaspillage.

Les produits frais sont moins touchés par le problème de taille de portions. Par contre, les conserves ou autres produits non frais, une fois ouverts se retrouvent considérés comme des produits frais, même s'ils présentent par nature une contamination nulle à l'ouverture ; la question de la taille adaptée ou de l'aspect refermable se pose. Le refermable pose aussi la question de la durée de vie après ouverture. Actuellement les conserves sont étiquetées avec le message suivant : « à conserver au froid après ouverture et à consommer rapidement ». Les professionnels du secteur conserve ne peuvent pas se prononcer sur une DLC générique après ouverture (applicable à tous les produits). Des études de validation de la durée de vie après ouverture peuvent être réalisées. Ces études ont un coût, il n'est donc pas possible de les réaliser sur tous les produits.

Les emballages avec intégrateurs temps/température semblent être responsables d'une augmentation du gaspillage en fin de chaîne. Cette technologie serait peut-être plus adaptée pour être intégrée au circuit B to B. En effet, cela permettrait une meilleure maîtrise industrielle et à terme une meilleure conservation des produits pour les consommateurs.

Pour les produits périssables types ultra-frais une augmentation de la DLC est jugée nécessaire, les emballages actifs, capteur d'O_2, antimicrobien permettraient de répondre à ces exigences.
La biopréservation, technique athermique, est aussi une technique jugée très intéressante, surtout pour les produits crus.

Par ailleurs, les technologies innovantes thermiques et athermiques peuvent être positives pour la réduction du gaspillage alimentaire.

- Les traitements thermiques optimisés, en améliorant la qualité organoleptique de produits tels que les produits appertisés (conserves) et les produits pasteurisés à DLC longue,
- Les technologies athermiques, pour la prolongation notable de la Durée de Vie Microbiologique, appliquées à des produits actuellement avec des DLC courtes à moyennes.

Dans le secteur des produits frais des recherches sur les hautes pressions sont en cours alors que dans le secteur des produits appertisés la recherche porte sur l'amélioration organoleptique et la diminution de l'impact de cuisson. Le but est d'obtenir des produits stables à température ambiante avec des qualités organoleptiques de produits simplement cuits et pasteurisés, proches de la qualité d'une fabrication domestique à partir d'ingrédients frais. Le chauffage ohmique en est une piste.

Le challenge du secteur réside dans le fait que les propriétés demandées sont paradoxales : recherche d'une plus longue conservation, et à la fois de naturalité et de diminution des additifs.

- **Viande et poisson frais (non transformés)**

Au Royaume-Uni, la viande et le poisson représentent **6%** du gaspillage évitable en quantité, et **13%** du coût du gaspillage total (Quested T. et Johnson H., 2009). Dans ce pays, le WRAP a étudié précisément les causes du gaspillage de ces produits : il semble que **la raison prédominante reste « Non consommé à temps** », à l'exception de l'agneau, pour lesquels la raison « Préparé ou servi en trop grande quantité » est prédominante (Quested T. et Johnson H., 2009).

Le gaspillage des produits de la mer est particulièrement élevé (comparativement aux autres catégories de produits) au niveau de la production **: 9%** du gaspillage de produits de la mer ont lieu au niveau de la production, et **11%** ont lieu au niveau du consommateur. Ceci peut s'expliquer par le fort taux de poissons rejetés à la mer, qui est un véritable problème (Gustavsson et al., 2011).

Le gaspillage de la viande a lieu principalement au **niveau du consommateur** (11% du gaspillage total le long de la chaîne), et lors de la transformation et emballage (5%), moins au niveau de la distribution (4%) (Gustavsson et al., 2011).

Pour les produits carnés, les emballages piégeurs d'oxygène sont intéressants pour des produits mis sous atmosphère modifiée. Les emballages à libération contrôlée de substances à effet antimicrobien, également un sujet de recherche en cours mais ils ne sont pas autorisés d'un point de vue réglementaire pour l'instant. Le RMT Florepro travaille actuellement sur la biopréservation.
Par ailleurs, de nombreuses recherches portent sur les emballages plus performants dans le secteur de la viande notamment sur les propriétés barrières aux UV et sur le maintien de la qualité sanitaire.

Pour les poissons le défi principal réside dans l'amélioration des conditions de réfrigération et du respect de la chaîne du froid. De nouveaux emballages et de nouvelles technologies telles que les

hautes pressions sont des pistes intéressantes. Les freins identifiés sont la réglementation Novel Food, l'absence de données d'étude, l'absence de financement, et le coût trop élevé des innovations.

❖ Produits laitiers

Au Royaume-Uni, les produits laitiers représentent 5% du gaspillage évitable en coût, et environ 10% en poids (Ventour L., 2008). Environ 8% des produits laitiers achetés par les consommateurs sont gaspillés ***de manière évitable*** (Gustavsson et al., 2011). Une campagne de pesée effectuée par le ministère chargé de l'agriculture et de l'agroalimentaire dans une épicerie révèle que les produits laitiers représentent 14% des denrées gaspillées (Fremiot A., 2012). La FAO révèle que le lait et les produits laitiers sont gaspillés en majorité au niveau du consommateur (7%) et peu au niveau de la distribution (0,5%) (Gustavsson et al., 2011).

La mise en place de bactériophage ou de consortia de flore permettrait de s'attaquer aux bactéries ce qui améliorerait la qualité sanitaire du produit et donc à terme sa DLC. Ces technologies sont encore au stade de la recherche et le transfert est difficile.

Les emballages actifs, fonctionnalisés, et plus performants (= gestion des flux CO_2/O_2, emballage piégeur/diffuseur) ou également les emballages permettant des zonages (surface croutée et non croutée des fromages) seraient intéressants pour la filière, cependant il n'existe pas de solution technique pour le moment pour les emballages zonés.

La technologie des hautes pressions suscite beaucoup d'intérêt ces dernières années mais le problème du coût persiste. Une application pour les laits infantiles peut présenter un intérêt. Le conditionnement aseptique présente également un intérêt. Enfin, le chauffage micro-onde pour le traitement de surface des planches d'affinage et la décontamination des emballages pour éviter leur recontamination peuvent aussi présenter un intérêt pour la filière.

En conclusion de ces entretiens, et en parallèle de la mise en œuvre des technologies innovantes d'emballage et de conservation des aliments, déjà bien identifiées dans le cadre du projet, plusieurs défis pourraient également contribuer à la réduction du gaspillage sont les suivants :

- augmenter la qualité sanitaire (F&L, viandes, produits laitiers) ;
- augmenter la qualité organoleptique (plats préparé, produits laitiers) ;
- adapter la taille des emballages (plats préparé) ;
- contrôler les températures tout au long de la chaîne (poissons, F&L).

5.3. Equipementiers

La deuxième étape du volet 3 consistait à rencontrer les équipementiers. Les 18 entretiens avec les équipementiers avaient pour objectif principal d'obtenir des informations économiques sur les technologies étudiées. Ces entretiens ont également permis de réévaluer les technologies selon les axes suivants :

- Economie : niveau de coût pour la mise en œuvre et utilisation de la technologie ;
- Environnement : perception de l'impact environnemental global de cette technologie, de la production au recyclage en passant par l'utilisation (CO_2, sols, eau...) ;
- Acceptation : accueil fait à la technologie par le consommateur ;
- Réglementation : barrières et restrictions réglementaires.

On notera que cette acceptation consommateur, couplée aux trois autres axes précédemment mentionnés, conditionne l'acceptation par l'ensemble des industriels de la chaîne agro-alimentaire.

Données économiques

L'évaluation économique repose sur un raisonnement en coût total par unité produite. Par unité, on entend un produit final proposé au consommateur : une portion d'un aliment, une barquette de viande ou de fruits, etc. Ce raisonnement a été adopté car il garantit la cohérence et la pertinence des comparaisons effectuées entre les deux types de technologies suivantes :

- Technologies achetées à l'unité :
  Le coût unitaire de ces technologies correspond à leur prix d'achat. Ceci correspond essentiellement au groupe 1 de technologies, à l'image des pastilles ITT.
- Technologies reposant sur l'usage de machines :
  Pour ces technologies, un investissement initial est requis, auquel s'ajoute souvent un coût d'utilisation. On pourra citer ici l'exemple des hautes pressions, nécessitant un investissement initial pour acquérir la machine, et un coût opérationnel pour la faire fonctionner.

Cette analyse préliminaire amène donc à considérer deux types de coûts pour calculer le coût total unitaire de la technologie :

- **L'amortissement unitaire (AU) :**

  Il s'agit du montant de l'investissement initial, divisé par le nombre d'unités produites par la machine au cours de sa durée de vie. Ce nombre d'unités est donc obtenu en multipliant le nombre moyen d'unités produites chaque année par le nombre d'années de vie de la machine. Par ce calcul qualitatif, on peut départager deux technologies par exemple dans la situation suivante :
  - ✓ la machine A coûte 100 000€ et produit 1 million d'unité par an pendant 5 ans => AU = 100 000 / (5 x 10^E06) = 0,02 € / unité de vente ;
  - ✓ la machine B coûte 200 000€ et produit 3 millions d'unités par an pendant 15 ans. => AU = 200 000 / (15 x 3 10^E06) = 0,0044 € / unité de vente.

- **Le coût opérationnel unitaire (COU) :**
  Ceci correspond au coût additionnel moyen que représente l'équipement d'une unité supplémentaire de produit. On notera que le coût opérationnel unitaire peut être économiquement défini comme la somme des coûts marginaux de production liés à cette technologie, divisée par le nombre d'unités équipées. Pour une technologie achetée à l'unité, le coût opérationnel unitaire est donc égal au prix d'achat ; tandis que pour une technologie

reposant sur une machine, il repose sur le coût de fonctionnement de cette machine (énergie, fluides divers, coût RH de l'opérateur dédié, et coûts de maintenance, plus une réserve pour réparation en cas d'incident), pour la production d'une unité.

Etant donné la faible maturité des technologies considérées, une approche qualitative a été choisie. Les coûts précédemment expliqués ont été estimés en fonction des données disponibles et seront dénommés par la suite de la manière suivante :

- **Amortissement Unitaire – AU**
- **Coût Opérationnel Unitaire - COU**

Le niveau d'AU est considéré comme faible pour la plupart des innovations sélectionnées. En effet, les emballages sont généralement fabriqués par des prestataires externes et présentent des coûts d'investissement nuls pour les industries agroalimentaires.

Parmi les technologies alternatives les hautes pressions est celle qui est perçue comme la plus chère avec une productivité machine assez faible. La plupart des autres technologies présentent également un niveau d'AU estimé important.

AU		
Très important	**Important**	**Faible**
Hautes pressions	Chauffage microonde Conditionnement aseptique Chauffage ohmique Ionisation Décontamination des emballages par traitement plasma Lumière pulsée	Emballages avec intégrateurs temps/température Emballages instrumentés par détection de traceurs Emballages instrumentés par détection de microorganismes Emballages piégeurs Emballages émetteurs de CO_2, d'éthanol Emballages à libération contrôlée de substances à effet antimicrobien Biopréservation Biopréservation par les phages Traçabilité et RFID Nouveaux matériaux d'emballages avec hautes propriétés barrières Coatings minéraux technologies plasma Coatings organiques nanochargés Matériaux d'emballage nanochargés dans la masse Emballages respirants par technologies de perforation Emballages respirants / autres technologies d'ajustement des flux et de la sélectivité O_2/CO_2 Emballages bio-sourcés (type PEF) Décontamination chimique de surface Technologies monocouches recyclables Emballages minimisant en toutes conditions les phénomènes de migration

Le COU des innovations peut en revanche être très faible dans le cas de l'ionisation mais également très élevé dans le cas de la RFID.

COU		
Très important	**Important**	**Faible**
Emballages émetteurs de CO_2, d'éthanol Traçabilité et RFID Coatings minéraux technologies plasma Matériaux d'emballage nanochargés dans la masse Technologies monocouches recyclables Emballages minimisant en toutes conditions les phénomènes de migration	Emballages avec intégrateurs temps/température Emballages instrumentés par détection de traceurs Emballages piégeurs Emballages à libération contrôlée de substances à effet antimicrobien Biopréservation Biopréservation par les phages Nouveaux matériaux d'emballages avec hautes propriétés barrières Coatings organiques nanochargés Emballages bio-sourcés (type PEF) Hautes pressions Chauffage microonde Conditionnement aseptique Chauffage ohmique	Emballages instrumentés par détection de microorganismes Emballages respirants par technologies de perforation Emballages respirants / autres technologies d'ajustement des flux et de la sélectivité O_2/CO_2 Lumière pulsée Ionisation Décontamination chimique de surface Décontamination des emballages par traitement plasma

Il est donc important de prendre en compte ces deux composantes pour **l'estimation du coût économique total** des innovations.

Coût total		
Très important	**Important**	**Faible**
Coatings minéraux technologies plasma Hautes pressions Chauffage microonde Conditionnement aseptique Chauffage ohmique	Emballages instrumentés par détection de traceurs Emballages émetteurs de CO_2, d'éthanol Emballages à libération contrôlée de substances à effet antimicrobien Traçabilité et RFID Nouveaux matériaux d'emballages avec hautes propriétés barrières Coatings organiques nanochargés Matériaux d'emballage nanochargés dans la masse Emballages bio-sourcés (type PEF) Lumière pulsée Ionisation Décontamination des emballages par traitement plasma Technologies monocouches recyclables Emballages minimisant en toutes conditions les phénomènes de migration	Emballages avec intégrateurs temps/température Emballages instrumentés par détection de microorganismes Emballages piégeurs Biopréservation Biopréservation par les phages Emballages respirants par technologies de perforation Emballages respirants / autres technologies d'ajustement des flux et de la sélectivité O_2/CO_2 Décontamination chimique de surface

Cette estimation globale montre que les hautes pressions sont une des technologies les plus onéreuses et que les emballages actifs et intelligents les moins complexes, ou la biopréservation apparaissent comme les innovations ayant le plus faible coût économique de mise en œuvre.

Coût économique total très important
Les innovations présentant un coût total très important se divisent en 3 sous-groupes :
- Les technologies avec un AU très important
- Les technologies avec un COU très important
- Les technologies avec un AU et un COU important

AU très important
Les hautes pressions correspondent à la technologie avec le niveau d'AU le plus important. En effet, cette technologie présente une productivité machine un peu faible avec une cadence modeste pour le procédé batch (procédé de production discontinu) et un taux de remplissage parfois difficile à optimiser. Les cycles de process doivent généralement ne pas dépasser 10 minutes pour assurer une rentabilité.

Exemple de coûts de production (avec l'amortissement) - Source Hiperbaric

Equipement	*Débit*	*Prix équipement*	*Coût de traitement (½ amortissement, ¼ pièces-maintenance, ¼ travail)*
Hiperbaric 55 (plus petite machine)	*55L/h*	*0.5 millions €*	*Env. 30 centimes/kg*
Hiperbaric 525 (plus grande machine)	*525L/h*	*2.5 millions €*	*Env. 7-8 centimes/kg*

Le seuil de rentabilité de la technologie haute pression est souvent décrit en termes de frontière entre « produits possibles / rentables » et « produits à faible valeur ajoutée, ne pouvant pas encore bénéficier de cette technologie ». Ce point de basculement est fréquemment exprimé, avec comme échelle, la valeur marchande : prix de vente consommateur.
Par exemple : en 2013, un jus de fruit frais « premium » présentant une valeur de vente consommateur d'au moins 2,5 à 3 euros / litre environ, peut être rentablement traité par haute pression. Des produits de ce type sont déjà largement commercialisés en UE. En dessous de ce seuil, le prix du traitement devient excessif par rapport au prix de vente final.

COU très important
Le coating minéraux par technologies plasma correspond à la catégorie des technologies présentant un COU très important.
Cette technologie n'est pour l'instant pas commercialisée dans le secteur de l'agroalimentaire. Les données économiques renseignées par Isytech concernent le secteur de la chimie.

Equipement	*Débit*	*Prix équipement*	*Coût de traitement*
Machine de dépôt de coatings minéraux par technologie plasma	*10 000 bouteilles/h*	*1 millions €*	*Env. 20 cents/ bouteille ou 1-2€ pour un bidon de 5L en chimie*

Indirectement, la technologie plasma est avantageuse économiquement puisqu'elle permet de traiter des contenants de grand volume directement en ligne, et évite donc des manipulations et de l'espace

supplémentaire. La viabilité économique pour des applications d'emballages alimentaires est questionnée car l'emballage alimentaire vise un mass market avec une durée de vie courte ou moyenne et n'est pas un produit à forte valeur ajoutée.
Il est noté plusieurs exemples d'échecs de coatings :
- Le procédé sidel (PET avec coating) qui permettrait d'avoir de la bière conditionnée en bouteille plastique, packaging qui a été rejeté par les consommateurs, qui n'associent pas facilement la bière à un emballage plastique, jugé « bas de gamme ».
- Le traitement plasma pour film Poly Lactique Acide (PLA) d'Altran packaging qui proposait des produits finis jugés trop chers.

AU important et COU important
Les technologies alternatives d'aseptisation que sont le chauffage micro-onde, le chauffage ohmique et le conditionnement aseptique présentent à la fois des AU et des COU importants.

Les équipements de ces technologies ne sont pour l'instant pas standardisés mais réalisés à façon suivant les besoins et contraintes des industriels agroalimentaires. Les données économiques si disponibles ne sont donc pas forcément représentatives.

Par exemple la société Thimonnier a indiqué les ordres de prix suivant pour les équipements de conditionnement aseptique:
- *Machine verticale de conditionnement du lait à 1 tête : 25 000€*
- *Machine aseptique à plusieurs tête jusqu'à 350 000€*

Ces technologies sont considérées comme chères par les industries mais permettent de réduire les consommations de ressource dans le cas du chauffage micro-onde par rapport aux techniques classiques ou d'assurer des cadences de production très élevées, en fonctionnement 24/24 sur des durées longues dans le cas du chauffage ohmique et du conditionnement aseptique.

La transition vers des technologies d'aseptisation alternatives représente un investissement important. Par contre, dans le cas d'une nouvelle installation le prix est abordable.

Coût économique total important
Les innovations présentant un coût total important se divisent en 3 sous-groupes :
- Les technologies avec un COU très important
- Les technologies avec un COU important
- Les technologies avec un AU important et un COU faible

COU très important
Deux technologies dont le coût économique total est important sont caractérisées par un COU très important : la RFID et les matériaux d'emballage nanochargés dans la masse

Dans le cas de la RFID, la gamme de produits est tellement large qu'il est difficile d'évaluer le prix global. Le prix des puces RFID se situe entre 5 cts et 15 cts, dépendant des volumes achetés. Le système RFID requiert des équipements sur toute la chaîne pour pouvoir ajouter l'information et la lire. Ces équipements sont un investissement trop important pour les industries agro-alimentaires et le prix des puces RFID est considéré aujourd'hui comme un frein.

En ce qui concerne les matériaux d'emballage nanochargés dans la masse, les Nano-fibrilles de cellulose (matière brute) sous forme de poudre ou de gel coûtent entre 3 et 5 €/kg.

En moyenne, 15-20% de nano-charges sont utilisées. Le prix du matériau intégrant des nanos varie suivant le cahier des charges. A titre d'exemple, avec le matériau PE, le prix s'élève à plus de 3€/kg.

COU important

Deux technologies présentent un COU inférieur mais considéré tout de même comme important : les coatings organiques nanochargés et les emballages biosourcés

L'émulsion liquide (50% de matières solides) appliqué ensuite comme coating coûte entre 1.5 et 2.5€ /kg de liquide. Cette technique ne nécessite aucun équipement supplémentaire puisqu'elle peut être appliquée via les équipements existants.

En ce qui concerne les emballages biosourcés, la barquette Hybric Tray (Virgin BioPack), est environ 50% plus chère qu'une barquette en plastique classique.

AU important et COU faible

L'ionisation et la décontamination des emballages par traitement plasma, qui sont deux technologies très peu utilisées, se caractérisent par un AU variable et important mais un COU faible.

Dans le cas de l'ionisation, l'investissement est très variable allant de la centaine de milliers d'euros (canon à électrons) à la centaine de millions d'euros (installation avec source Cobalt). Les dispositifs de traitement par ionisation restent rares et assez couteux, notamment en infrastructures de sécurités (bunker béton, etc..).

Dans le cas de la décontamination des emballages par traitement plasma, l'investissement varie de 12 500€ pour un module standard vendu seul (torche plasma) à 60 000 - 200 000€ pour une solution clé en main.
Le coût de traitement est estimé à 2 cts d'euro le m^2 si le gaz utilisé pour la mise en œuvre de la technologie est de l'azote, alors que pour la technologie à air comprimé, la technologie est environ 5 fois moins chère, donc ***inférieure à 1ct d'€ le m^2.***

Coût économique total faible

Les innovations présentant un coût total faible se divisent en 2 sous-groupes :
- Les technologies avec un COU important
- Les technologies avec un COU faible

COU important

Dans la catégorie des technologies qui présentent un faible coût économique total du fait de l'investissement nul nécessité, 3 technologies présentent un COU important : les emballages avec intégrateur temps/température, les emballages piégeurs et la biopréservation.

Le prix des intégrateurs de temps / température et des emballages piégeurs sont très variables, fonction du modèle et des quantités achetés :

Emballages avec intégrateurs temps/température
- Freshpoint : 2 cts €/unité en moyenne ;
- La NIGK Corporation (firme japonaise) : moins de 10 cts €/unité, avec dégressivité rapide du prix en fonction des quantités ;

- Evidencia : entre 10 et 20 cts d'euros ;
- Traceo/Cryolog : entre 10 et 40 cts d'euros ;
- Shockwatch : entre 50 et 70 cts d'euros.

Piégeurs
Pour une commande 100 000 unités, les prix de marché sont inférieurs à 2 cts €/unité pour des capacités d'absorption inférieures à 200 ml alors que pour une commande de 200 absorbeurs de 50 ml l'unité coutera 15 cts €.

Exemple de prix des sachets vendus par Standa pour élimer l'O_2 dans 1L d'air :

Modèle HV	Modèle SV	Modèle LH
Le plus rapide à mettre en place souvent ciblé sur les produits crus, peut être en contact direct avec l'aliment et peut subir tout le process. Il peut donc être posé en début de chaine	Coûts de production plus faible car le film est différent (PET micro-perforé)	1er prix mais ne peut pas être en contact direct avec l'aliment
4cts	3cts	2 cts

La biopréservation, dans le cas classique, consiste en l'ajout d'une faible population de ferments en début de process et constitue une technologie à bas coût extrêmement rentable avec un faible coût par produit et une marge importante pour les producteurs de ferments. D'après la société STANDA, le coût de traitement par produit est de l'ordre du millième de centimes d'euros.
Pour des process innovant ou à façon comme en propose Biocéane, le prix reste un frein pour le développement de la biopréservation dans les industries agro-alimentaires.

Le coût moyen est de :
- 10 centimes/kg traité. Il est fonction de la quantité de ferment à rajouter et du tonnage annuel du produit ainsi traité.
- entre 12 et 24 € par échantillon pour des analyses dans les brasseries.
- 4000 € pour une recherche de levures dans une parcelle de viticulture
- 1,05 €/bouteille pour production d'une levure

COU faible
3 technologies sont considérées comme ayant un coût économique total faible.

Les premiers prix des emballages respirants par technologie de perforation (film micro perforés) s'établissent aux alentours de 2 à 4€ le kg en moyenne.

Dans le cas de la lumière pulsée, une machine coûte entre 50 000 et 150 000€, soit en moyenne 70 000€ pour une machine et les coûts unitaires sont de l'ordre des 150€ / million de pots et 25€/ million de bouchons et de 8 cts €/kg de produit traité dans le secteur de la panification et de la viennoiserie (amortissement compris).

Pour la décontamination chimique de surface les coûts du traitement sont estimés à 20€ la tonne (amortissement compris).

5.4. Producteurs

La troisième étape du volet 3 consistait à réaliser des entretiens avec les producteurs de produits alimentaires. Ces entretiens avaient pour objectif principal d'obtenir des informations quant aux conditions d'acceptation des technologies étudiées.

Les 7 entretiens réalisés ont permis de tester l'adoption des 26 technologies sélectionnées. Ci-dessous sont présentés les résultats de ces entretiens.

Emballages traceurs et indicateurs de qualité du produit

La RFID n'est pas jugée comme adoptable à court terme car la traçabilité existante est jugée suffisante, la technologie trop onéreuse et n'influençant pas le gaspillage. Les Indicateurs Temps / Température ont déjà été sur le marché, mais sans grand succès. Ils sont néanmoins considérés comme intéressants pour les produits frais et surgelés par certains. Les détecteurs d'oxygène sont considérés comme intéressants car ils permettraient de repérer les microfuites, il faudrait néanmoins prouver que leur efficacité est supérieure à celle des systèmes existants.

Emballages et technologies permettant d'améliorer la stabilité du produit dans le temps

Globalement les industriels soulignent qu'il n'y a pas de besoin technique d'augmentation de la DLUO en particulier ni de la DLC tant que seul le marché national est visé.

La biopréservation est déjà utilisée pour les produits de la mer, les fromages et les produits de charcuterie. Cette technologie est presque rentrée dans l'arsenal technologique même si l'acceptation du consommateur reste considérée comme un frein.

Les emballages piégeurs sont considérés comme intéressants et déjà utilisés (Tartefrais) cependant la peur du blocage du consommateur reste présente toute comme pour les emballages émetteurs.

Les emballages respirants sont déjà utilisés pour les fromages en tranche et pour d'autres applications telles que les fruits et légumes frais.

Tartefrais commercialise principalement des tartes qui ont une DLC de 17 jours. Entre 40 et 60% des produits ont un piégeur d'O_2. La société communique sur la technologie sur son site internet : http://www.tartefrais.com/web/technologie.php

Pour l'entreprise Tartefrais qui a toujours intégré l'absorbeur dans son process, **le prix n'a jamais été un problème.** Il représente entre 0.5 et 3 % du coût de revient à l'unité, suivant la taille.

Emballages plus performants intégrant des nano-revêtements

Ces emballages peuvent être intéressants, même si les emballages existants en termes de barrière éthylène-alcool vinylique (EVOH) par exemple sont jugés suffisants, cependant une réelle garantie quant à l'innocuité et l'efficacité des emballages est attendue par les utilisateurs. En effet, il y a déjà de plus en plus de suspicion par rapport aux emballages actuels et leur composition.

L'acceptation du consommateur ainsi que la réglementation sont considérés comme des freins par les industriels.

Emballage bio-sourcés

Les emballages bio-sourcés sont considérés comme intéressants d'un point de vue environnemental, à partir du moment où les consommateurs ne craindront pas de compétition avec les cultures des ressources alimentaires. Cependant, la filière de recyclage est à mettre en place en France. En outre, des besoins de garantie en termes d'inertie de l'emballage ont été exprimés. Ils restent par ailleurs plus chers que des emballages classiques.

Technologies alternatives d'aseptisation des produits alimentaires permettant une amélioration de la qualité organoleptique

Les hautes pressions sont considérées comme intéressantes pour valoriser la production locale et les produits premium. Cependant, cette technologie reste trop chère et uniquement applicable sur des produits à forte valeur ajoutée. Elle est néanmoins considérée comme une technologie d'avenir.

Le chauffage / pasteurisation par micro-onde est déjà utilisé et peut être intéressant notamment sur des produits de la mer mais le marché reste de niche et freine le développement.

Le chauffage ohmique est déjà utilisé et représente une alternative importante et intéressante mais ne s'applique pas à tous les types de produits.

Le conditionnement aseptique est déjà utilisé par certains secteurs. Cette technologie peut permettre une grande augmentation de la DLC sur certains produits et ainsi favoriser l'export. Cependant cette technologie est considérée comme trop chère par rapport à l'augmentation de la DLC notamment pour un marché en France.

La lumière pulsée est une technologie qui n'est pas encore assez étudiée. La société Tartefrais a prévu de réaliser des tests au courant de l'année ou de l'année prochaine et considère cette technologie comme un des développements les plus probables.

La décontamination des emballages est également utilisée pour limiter les contaminations. Cependant la décontamination par plasma en particulier est encore trop couteuse.

La ionisation n'est pas considérée comme adoptable à cause de sa mauvaise acceptation par le consommateur et de l'obligation d'étiquetage de l'utilisation de ce procédé sur les emballages.

Emballages portionnables

Les emballages portionnables sont jugés très intéressants pour des applications comme les fromages mais reste aussi considérés comme une source d'augmentation de l'impact environnemental par certains. Cette technologie est également considérée comme une solution pour réduire le gaspillage. Le prix reste un frein à l'acceptation.
Les technologies limitant le phénomène de migration sont jugées intéressantes car elles garantissent la sécurité du consommateur.

Ces entretiens ont été aussi l'occasion de laisser les industriels s'exprimer sur les **solutions qu'ils imaginaient pour réduire le gaspillage alimentaire**. Ci-dessous sont listés certains exemples :

- Des réfrigérateurs intelligents informatisés qui donnerait toutes les informations sur les produits présents et leur date de péremption et pourraient même être reliés à un distributeur pour être rechargés au fur et à mesure de l'évolution des stocks.
- Sensibiliser le consommateur sur la température de son réfrigérateur.
- Travailler sur l'autorisation du don des produits sous MDD, arrivant en fin de DLC, à des associations caritatives.

5.5. Restauration Hors Foyer (RHF)

La quatrième étape du volet 3 consistait à réaliser des entretiens avec les acteurs de la restauration hors foyer. Ces entretiens avaient pour objectif principal d'obtenir des informations quant aux conditions d'acceptation des technologies étudiées.

La RHF se caractérise par 4 types d'acteurs principaux

Comme présenté dans la figure ci-dessous, la restauration hors foyer est divisée en quatre types d'acteurs. Les contraintes ne sont pas les mêmes pour la restauration collective en gestion directe, la restauration collective en gestion concédée ou la restauration commerciale.

La **restauration collective en gestion directe** se caractérise par une contrainte budgétaire forte étant donné que les restaurants (écoles publiques, hôpitaux, prisons…) sont gérés par la collectivité, elle-même (confection et distribution des repas). Quant à la **restauration concédée**, la contrainte est d'ordre contractuel car elle doit respecter le cahier des charges défini par la collectivité ou l'entreprise. La **restauration commerciale**, entièrement indépendante, axe ses priorités sur la qualité. Le prix dépendra de sa stratégie commerciale. Cependant, les contraintes économiques restent fortes quel que soit le client.

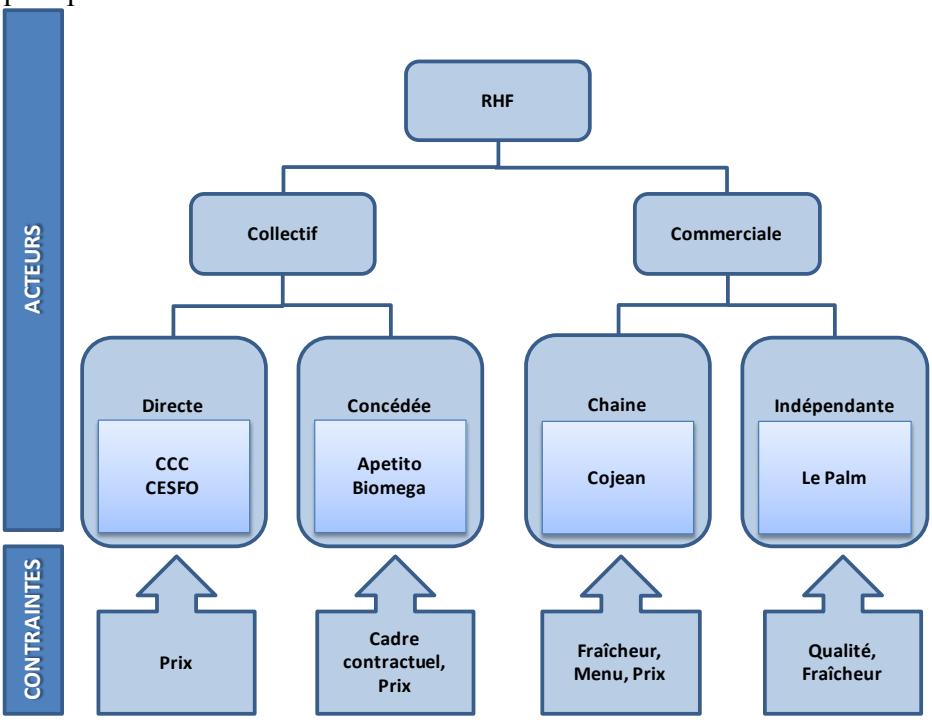


Figure 12 Schéma d'organisation de la RHF

Dans ce cadre, nous avons interrogé le réseau qui anime la restauration collective en gestion directe, le **CCC France (Restau'Co depuis peu)**, deux acteurs de la restauration concédée, **Apetito** et **Biomega**, et deux acteurs de la restauration commerciale, **Cojean** et **Le Palm**. Par ailleurs, plusieurs autres acteurs de la restauration collective ou fournisseurs ont été rencontrés lors du Salon de la Restauration Collective.

La réduction du gaspillage alimentaire est une volonté commune à la restauration collective qu'elle soit directe, concédée ou commerciale.

En effet, les acteurs de la RHF cherchent à réduire le gaspillage alimentaire et s'engagent dans cette réduction à travers différentes initiatives :

Tableau 11 Initiatives pour la réduction du gaspillage en RHF

Causes du gaspillage	Solutions ou initiatives mises en place
Le menu	➢ Organiser des commissions avec les convives pour connaître leurs préférences L'obligation de cuisiner des légumes verts et de proposer du bio complique l'adaptation aux goûts des convives, surtout dans les écoles. Cependant, des recettes avec les légumes préférés des convives favorisent la consommation des plateaux.
Des portions trop importantes	➢ Réduire la taille des assiettes ➢ Mettre les hors d'œuvre en libre-service ➢ Adapter la taille des ustensiles de cuisine pour le service aux besoins nutritionnels des convives
Le cadre contractuel de la restauration concédée	➢ Sensibiliser le client au gaspillage alimentaire pour limiter les cahiers des charges qui requièrent l'augmentation des grammages par rapport aux indications du GEMRCN
La difficulté de prédire le nombre des convives (surtout au niveau des restaurants scolaires et des entreprises)	➢ Se référer aux historiques de fréquentations pour notamment anticiper les périodes creuses (ponts, vacances) ➢ Privilégier les fournisseurs de proximité pour adapter les commandes aux réels besoins ➢ Prendre en compte l'impact de la météo sur les fréquentations et les menus (restauration commerciale)
Le choix des matières premières	➢ Choisir des matières premières de meilleure qualité pour une meilleure conservation des aliments et une meilleure acceptation par les convives
La durée de conservation des aliments	➢ Travailler en cuisson sous vide pour assurer une conservation plus longue des produits (ex : Le Palm) ➢ Avoir des produits avec une DLC primaire et une DLC secondaire plus longue permettrait une réelle diminution du gaspillage dans la restauration collective dans le cas des weekends prolongés (Cojean)
Le manque de formation du personnel	➢ Apprendre au personnel à réduire les déchets lors de l'épluchage et à adapter l'offre à la demande surtout en fin de service
Une présentation des plats insuffisamment appétissante	➢ Changer le contenant des entrées ou desserts pour rendre les produits plus attrayants
La méconnaissance du gaspillage de la part des convives	➢ Profiter de la file d'attente pour sensibiliser les convives via des supports visuels au gaspillage alimentaire qu'ils engendrent (affichage de l'équivalent des aliments gaspillés de la veille)
La gratuité du pain	➢ Faire payer à partir du deuxième pain ➢ Afficher les kilogrammes de pain jetés la veille
Un temps d'attente trop important	➢ Bien gérer les débits pour que les convives, notamment dans les écoles, mangent sans se presser et puissent finir leurs assiettes
Des locaux peu confortables	➢ Prendre en compte le bien-être des convives pour qu'ils puissent manger dans de bonnes conditions

Une fois ces causes identifiées et les initiatives mises en place, le gaspillage persiste malgré tout dans la restauration. Des actions sont adoptées pour gérer les déchets et les invendus.

Actions de valorisation des bio-déchets : Restau' Co a mis en place des panneaux explicatifs simples au-dessus des poubelles pour inciter les utilisateurs à trier leurs déchets de plateau. Une

pesée des déchets alimentaires a été effectuée au sein des différents organismes, et une typologie des restaurants collectifs a été dressée afin d'adapter au mieux les solutions. Les restaurants ont ainsi pu prendre des initiatives pour gérer les biodéchets. A titre d'exemple, le CESFO a acheté une machine qui permet de sécher les déchets organiques (à l'exception des os et des coquilles) pour en faire de l'engrais, récupéré par les agriculteurs locaux. Le Palm a choisi de mettre en place une Eco labellisation. Il a aussi mis en place un compacteur à déchet et pratique le tri entre déchets organiques (utilisés comme engrais pour le jardin tropical) et non organiques. Tous les déchets y sont au maximum réutilisés, par exemple pour faire des bouillons.

Dons quotidiens des invendus: Cojean a instauré le passage d'un camion auprès des restaurants chaque soir et d'une redistribution des produits auprès des associations de quartier dans le cadre de partenariats locaux. Cojean a ainsi donné en moyenne 440 produits tous les jours en 2013 (25% de sandwich, 25% de salade, 45% de pâtisserie).

Malgré les nombreuses initiatives mises en place, l'action de la RHF sur la réduction du gaspillage est limitée. En effet, le volume d'achat de la RHF auprès des fournisseurs est très faible par rapport à celui de la distribution. Elle a donc très peu de poids pour agir en amont et imposer des technologies. Néanmoins, cela ne l'empêche pas de demander à ses fournisseurs des emballages plus adaptés à ses besoins pour éviter le gaspillage.

Les cinq entretiens réalisés ont permis de tester l'adoption des 26 technologies sélectionnées. Ci-dessous sont présentés les résultats de ces entretiens.

Emballages traceurs et indicateurs de qualité du produit
Des indicateurs temps/température sont utilisés par des fournisseurs au niveau de la palette. Ils peuvent parfois être réutilisables (étiquettes indicatrices de rupture de chaîne du froid, à seuil) et ainsi avoir une meilleure rentabilité économique.

La RFID est intéressante pour la RHF qui souhaite améliorer la traçabilité de ses produits et optimiser la gestion de ses stocks. Elle est cependant trop onéreuse aujourd'hui et présente un intérêt limité pour la réduction du gaspillage si elle est située en bout de chaîne. D'autres systèmes d'étiquetage suivi par Wi-Fi ont été développés.

Les détecteurs de traceurs ne semblent pas pertinent mis à part pour repérer des produits non conformes. Les inspections sanitaires sont déjà très strictes.

Emballages et technologies permettant d'améliorer la stabilité du produit dans le temps
De manière générale, les restaurants souhaitent avoir des DLC plus longues pour avoir plus de liberté mais ne sont pas prêts à supporter une augmentation du prix. Ces technologies (ex : emballages piégeurs) permettaient de remplacer les conservateurs et ainsi répondre à la demande de naturalité du consommateur. Néanmoins, les restaurants attendent que l'innocuité de ces technologies soit vérifiée dans le temps.

Emballages bio-sourcés
Ces emballages représentent un surcoût mais sont néanmoins intéressants pour certains clients qui souhaitent réduire leur empreinte environnementale. Il est cependant rapporté un problème d'herméticité qui demanderait l'ajout d'une couche supplémentaire, ce qui ferait perdre l'intérêt environnemental des emballages bio-sourcés.

Technologies alternatives d'aseptisation des produits alimentaires permettant une amélioration de la qualité organoleptique

De manière générale, les restaurants sont demandeurs de technologies permettant de conserver les qualités organoleptiques des produits.
Concernant la restauration concédée, l'ionisation et la lumière pulsée sont souvent interdites par le cahier des charges.

Ces entretiens ont été aussi l'occasion de laisser les industriels s'exprimer sur des recommandations plus générales pour réduire le gaspillage alimentaire.

Selon Cojean le gaspillage alimentaire pourrait être réduit grâce à :

- **Une simplification de l'information pour une meilleure lecture par les consommateurs.** En effet, la confusion entre les DLC et les DLUO est responsable de nombreux produits consommables jetés dans leurs restaurants.
- **Un allongement des DLC sur les produits laitiers.** Sur les fromages, par exemple, la DLC indiquée ne correspond pas à la réalité. La réalisation d'analyses sanitaires supplémentaires permettrait de définir des DLC plus réalistes.
- **Une augmentation des 'DLC secondaire' par un travail de recherche.** La durée de conservation des aliments une fois les emballages ouverts est généralement très courte (48 à 72h pour le jambon cru tranché). Il serait nécessaire que les producteurs réalisent de manière plus systématique des études sur l'évaluation des DLC secondaires. Des emballages refermables ou des portions plus adaptées pourraient pallier à ces DLC après ouverture trop courtes.

Les acteurs de la RHF sont des acheteurs avertis. Les fournisseurs sont par ailleurs moins confrontés aux problèmes sociologiques concernant la crainte des technologies innovantes, car les produits finis présentés aux consommateurs ne portent plus, par nature, d'indications des technologies utilisées en amont. Les critères d'adoptions des technologies sont alors plus rationnels : principalement l'efficacité de la technologie. Une légère hausse du prix sera mieux comprise par ce secteur, car plus facilement amortie : le gaspillage alimentaire est une perte économique chiffrable pour ce secteur, à la différence du gaspillage au niveau domestique, qui est généralement économiquement négligé.
Cependant, dans le cas de la restauration collective les marchés sont publics, sensibles (école, crèche, hôpitaux) et réglementés. Cela peut être un frein à l'adoption de certaines technologies innovantes.

5.6. Distributeurs

La cinquième étape du volet 3 consistait à réaliser des entretiens avec les distributeurs de produits alimentaires. Ces entretiens avaient pour objectif principal d'obtenir des informations quant aux conditions d'acceptation des technologies étudiées.

Les enseignes de la distribution se séparent aujourd'hui le marché en deux : d'un côté, les distributeurs rassemblés dans **la Fédération des Entreprises du Commerce et de la Distribution**, FCD, (Carrefour, Auchan, Metro, Picard, Liddle, , Monoprix …), de l'autre côté, **les distributeurs indépendants** (Leclerc, Intermarché et Système U). La FCD représentait encore, il y a quelques années, la part majoritaire de la distribution. Les indépendants sont sortis récemment de la FCD et ont maintenant 50% de part du marché (sortie de système U fin 2012).

Deux entretiens ont été réalisés avec les deux types d'acteurs : un premier avec la FCD, un second avec Leclerc.

La FCD compte 1500 hypermarchés, entre 5000 et 6000 supermarchés et 20 000 superettes (carrefour city, carrefour contact…). Elle a un rôle de relais entre les distributeurs (animation de réunion, recherche de point d'accords, prise de décisions politiques…).

Leclerc a un fonctionnement particulier : c'est un regroupement de patrons de PME (correspondant à un magasin), fédérés au sein de l'association Leclerc. Ses adhérents acceptent les principes fondateurs d'Edouard Leclerc (charte).

La réduction du gaspillage alimentaire est une volonté commune à la distribution fédérée et indépendante :

Les acteurs de la distribution fédérée et indépendante sont signataires du pacte anti-gaspillage, ce qui implique leur participation aux tables rondes organisées par les ministères. Pour les distributeurs, les pertes sont avant tout des pertes économiques. Elles doivent donc être minimisées.

Les enseignes de la FCD **suivent leurs pertes** via des indicateurs comme le « taux de casse » (regroupant ce qui est jeté, ce qui est donné et ce qui est volé). La FCD cherche d'ailleurs à définir de nouveaux indicateurs pour suivre plus spécifiquement les pertes des enseignes. Par ailleurs, la FCD organise des **groupes de travail** entre adhérents pour discuter du gaspillage. Des actions telles que la mise en place d'ambassadeurs (pour former le personnel) ou de nouveaux procédés alimentaires sont menées.
A titre d'exemple, Monoprix s'engage dans la vente à l'unité (yaourt…) et Auchan dans la vente en vrac pour que les consommateurs puissent adapter leurs achats à leurs besoins.

Leclerc a une approche différente de celle de la FCD vis-à-vis du gaspillage. Le gaspillage fait l'objet d'un suivi national. Mais chaque unité est responsable de son **suivi** et gère ses stocks. Le gaspillage est très hétérogène selon les magasins : il dépend de la taille des locaux et de la manière de s'approvisionner. Les magasins se regroupent au sein de centrales régionales qui mettent en commun les bonnes pratiques vis-à-vis du gaspillage (écriture de guides). Les magasins recherchent des solutions ensemble sur la gestion des commandes, des stocks, de la casse en rayon, des invendus, de la recyclabilité, des dons… La centrale peut également mettre en place des projets pilotes dans certains magasins sur les fruits et légumes par exemple. L'échelon national se charge de diffuser l'information, de participer aux différents **groupes de travail** et d'orienter les magasins. Des discussions sont en cours sur l'identification des sources de gaspillages, sur ce qui doit être

mesuré, mais aucune stratégie n'a été mise en place pour réussir à atteindre la réduction de 50% de pertes d'ici 2025 imposée par le pacte anti gaspillage.

Leclerc a identifié les rayons frais (fruits et légumes, produits traiteurs, rayon charcuterie et poissonnerie, les produits de panifications et les produits laitiers) comme la source de gaspillage principale dans ses magasins. Sur les fruits et légumes, le gaspillage est principalement dû à la manipulation des produits par les clients, la qualité perçue par les clients, la qualité achetée par les chefs de rayons et la gestion des stocks. Certains magasins offrent un large choix de variété (tomates cœur de bœuf…) à leurs clients, ce qui peut engendrer du gaspillage.

Dans le but de réduire le gaspillage, différentes initiatives sont mises en place :
- Un travail sur le conditionnement en atmosphère modifiée pour passer de 2 à 5°C.
- La mise en place de stand Smoothie qui utilise les fruits déclassés.
- La mise en place de machines à conditionnement d'emballage sous vide sur les rayons poissons et charcuteries. Les talons que les clients ne veulent pas à la découpe peuvent ainsi être relayés en rayons libre-service.
- La mise en place de machines de découpe à la minute qui permettent la fresh découpe sur les fruits et légumes. Ainsi, les clients peuvent composer leurs salades selon leurs besoins.

Cependant, les pertes en magasin sont également dues à des facteurs pour lesquels peu d'actions peuvent être entreprises par les distributeurs tels que les contraintes réglementaires, la fragilité de certains produits et la non-rentabilité économique de la revalorisation des produits invendables (transformation).

La principale condition d'acceptabilité d'une technologie est son prix :
L'adoption d'une innovation ne peut pas être à l'origine d'une hausse du prix du produit final car elle devra être prise en charge par le consommateur, la distribution n'étant pas en mesure d'absorber les marges. Néanmoins, les distributeurs accepteront de mettre en linéaire des produits avec un prix plus important si la technologie apporte un avantage au consommateur par rapport à l'existant et que ce produit se positionne comme un nouveau produit. Pour la FCD, cet avantage doit consister en une augmentation de la praticité du produit, alors que pour Leclerc, cet avantage consiste en une amélioration de la qualité du produit. Ces deux types d'avantage sont en effet considérés comme des facteurs conditionnant l'achat de produits premium.

L'Hebdopack Charal : un exemple d'emballage apportant de la praticité
La viande conditionnée dans l'hebdopack est protégée de la lumière du fait de l'emballage opaque et a subi un procédé de mise sous vide permettant la conservation pendant une semaine sans aucun conservateur. Ce produit premium apporte praticité et séduit donc le consommateur.

Par ailleurs, le consommateur est hypersensible sur les questions de sécurité sanitaire. Il est très méfiant concernant les technologies innovantes. Leur innocuité doit être testée. Soucieuse de son image, la distribution n'acceptera pas une technologie qui pourrait lui nuire à l'occasion d'un reportage médiatique sur la filière.

Les deux entretiens réalisés ont permis de tester l'adoption des 26 technologies sélectionnées. Ci-dessous sont présentés les résultats de ces entretiens.

Emballages traceurs et indicateurs de qualité du produit :

La RFID est une technologie très intéressante mais encore trop chère pour être mise en place à grande échelle. Elle permet une meilleure gestion des stocks. La FCD précise qu'un acteur breton

proposait de systématiser leur pose pour gérer les flux de produits, notamment les vols. De plus, l'amélioration de la traçabilité des produits ne peut être que bénéfique pour la filière. Leclerc est également intéressé par cette technologie pour réduire le temps en caisse. Concernant son impact sur le gaspillage, la FCD pense que la technologie pourrait favoriser la réduction du gaspillage notamment sur les rayons fruits et légumes. Pourtant, Leclerc n'est pas de cet avis. Il n'y a pas de problèmes de gaspillage sur la majorité des rayons, leur gestion des stocks est bonne et ne nécessite pas d'amélioration de la prévision.

Des puces fraîcheurs ont déjà été testées sur les produits de la mer. Cela avait vocation, en plus de rassurer le consommateur, à mieux gérer les stocks en rayons et de repérer les ruptures de la chaîne de froid. Cela a représenté un fort investissement mais n'a pas vraiment fonctionné. Elles ont été responsables d'une augmentation du gaspillage, peut-être la lecture était trop difficile pour le consommateur ou ce dernier avait des suspicions sur la fiabilité de la puce. Pour les fabricants, elles ont été à l'origine de nombreux retours de produits. Il faudrait voir leur impact sur les fruits et légumes qui sont des stocks très difficiles à gérer (livraison tous les jours).

Les détecteurs de traceurs peuvent être intéressants mais sont trop chers pour être envisagés par la distribution.

Emballages et technologies permettant d'améliorer la stabilité du produit dans le temps :

Les enseignes de distribution de la FCD sont souvent intéressées par un allongement de la DLC surtout sur certains produits frais comme les yaourts, même si dans ce cas particulier les innovations n'ont pas lieu d'être selon les interviewés. Cependant, l'allongement de la DLC permettra une meilleure gestion de flux sans automatiquement entrainer une diminution du gaspillage au niveau de la distribution. **Tant que le consommateur aura le choix entre deux DLC sur un produit, il prendra celui à la DLC la plus longue et il y aura un problème de rotation**. Or, il est inenvisageable de laisser le consommateur finir les rayons sans réapprovisionnement.
Par ailleurs, augmenter la DLC d'un produit est souvent une opération risquée pour la filière, notamment sur les viandes crues. Leclerc ne préfère pas prendre ce risque. Cependant, la distribution n'absorbera pas l'allongement de la DLC car elle n'a pas vocation à avoir des stocks. C'est donc le consommateur qui aura plus de marge si la DLC est augmentée.

Les emballages respirant fonctionnent déjà bien dans les enseignes de la FCD car ils évitent la manipulation des fruits et légumes qui était une source importante de gaspillage. Leclerc précise, cependant, que ces emballages ont une mauvaise image auprès des consommateurs car ils peuvent être perçus comme une barrière pour cacher des fruits abîmés, et ne contribuent pas à la diminution de l'empreinte carbone.

La FCD a, par ailleurs, des réticences vis-à-vis du consommateur concernant le relargage de substances via les emballages, à l'exception du relargage de CO_2.

Emballages plus performants intégrant des nano-revêtements :

La FCD a déjà adopté certaines de ces technologies, tant qu'elles ne sont pas en contact avec l'aliment pour faciliter l'acceptation du consommateur. Ces emballages sont potentiellement intéressants s'ils apportent de la praticité au consommateur en faisant passer un produit du rayon frais au rayon à température ambiante, sans compter les réductions de consommation d'énergie des

magasins. Cependant, il faudrait que de nouvelles filières de traitement des déchets se développent en même temps que ces technologies.

Emballages Bio-sourcés :

Les emballages bio-sourcés ne sont pas encore envisagés par les distributeurs.

Technologies alternatives d'aseptisation des produits alimentaires permettant une amélioration de la qualité organoleptique

Ces technologies sont intéressantes car moins énergivores. Des épices ionisés sont déjà vendues. Les hautes pressions se développent petit à petit. Pour les technologies comme le chauffage ohmique, le conditionnement aseptique et la lumière pulsée, la FDC reste sceptique car cela semble difficile à vendre, le consommateur ne pouvant pas bien comprendre la technologie.

Emballages portionnables :

Les emballages refermables sont très pratiques pour le consommateur comme démontré pour le gruyère râpé.

Ces entretiens ont été aussi l'occasion de laisser les industriels s'exprimer sur les solutions qu'ils imaginaient pour réduire le gaspillage alimentaire. Quelques exemples sont exposés ci-dessous :

- **Une sensibilisation du consommateur** : Pour les distributeurs, le problème de gaspillage est un problème comportemental du consommateur. Une sensibilisation à tous les stades de sa vie (école, collège, lycée, en tant que consommateur) doit être faite via des campagnes d'affichages, des coachings physiques et numériques (Smartphone), une meilleure connaissance des produits alimentaires (par exemple des fruits et légumes de saison). Leclerc est prêt à faire des animations pour sensibiliser le client et améliorer sa relation avec l'aliment.
- **Une amélioration de la formation du personnel sur les fruits et légumes** qui constitue cependant un investissement difficile à effectuer car le retour sur investissement n'est visible qu'à long terme. Par ailleurs, il est difficile de trouver du personnel formé sur les fruits et légumes par rapport à d'autres rayons (charcuterie, poissonnerie).
- **L'analyse vidéo de la prise en rayon:** Leclerc prévoit cette analyse pour optimiser la gestion de ses stocks.
- **Les dons de produits:** aujourd'hui, les dons des produits MDD sont très faibles car les distributeurs ne veulent pas risquer de voir leurs produits chez des destockeurs. Néanmoins, les dons tendent à augmenter.

5.7. Conclusions du volet 3

Les innovations technologiques sélectionnées dans cette étude ne présentent pas un niveau de maturité équivalent, ce qui se traduit au niveau du marché. De plus, même si certaines technologies ne sont plus considérées comme de réelles innovations, le marché ne semble toujours pas totalement mature.

Les freins principaux identifiés au développement à grande échelle de ces technologies sont les suivants :

La situation économique des* industries agroalimentaires *ne favorisent pas le développement :
Une grande partie des industries agroalimentaires voient leurs prix baisser alors que les volumes n'augmentent pas. Ce contexte difficile ne favorise ni l'investissement des industries dans de nouvelles machines ni l'adoption de technologies augmentant le prix de revient du produit alimentaire. Ainsi, seuls les nouveaux arrivants seraient à même d'adopter des nouveaux procédés, tel que le chauffage ohmique, car les machines ne nécessiteraient pas de s'adapter aux lignes déjà existantes.

Dans le cas des technologies ne nécessitant pas d'équipement, comme les emballages actifs et intelligents, des difficultés d'adoption seront néanmoins observées si l'adoption de ces technologies donne lieu à une augmentation significative du prix de revient du produit. Cela retarde également l'émergence des technologies qui nécessite encore de la recherche comme les nouveaux matériaux d'emballages avec hautes propriétés barrières ou les matériaux d'emballages nanochargés dans la masse.

En effet, les coûts et l'augmentation des prix liés à ces technologies ne pouvant pas être absorbés par les industries agroalimentaires ou la distribution, ils se reporteront sur les consommateurs. Or, le seul cas où un prix plus élevé est accepté est si le repositionnement du produit sur un segment premium avec une augmentation significative de la praticité et/ou de la qualité nutritionnelle et/ou organoleptique pour le consommateur. Les consommateurs sont prêts à payer des produits plus cher s'ils apportent un plus par rapport à l'existant que ce soit une meilleure qualité organoleptique (hautes pressions…), un plus grand respect de l'environnement (biosourcés, coating organique nanochargés…) ou un retour à la naturalité par la suppression des conservateurs (les emballages piégeurs, le conditionnement aseptique, la biopréservation…).

- Le frein économique est le frein majeur dans l'adoption de nouvelles technologies.

La méfiance des consommateurs entraine une demande de plus de transparence et de naturalité :

Les nombreux scandales médiatiques ont nui à l'image de l'agroalimentaire et le consommateur est devenu plus méfiant vis-à-vis de l'industrie et des produits achetés. En conséquence, le consommateur demande plus de transparence de la part des industries et un retour à la naturalité des produits. Cependant, le consommateur accepte difficilement les innovations par crainte et perte de confiance envers l'industrie. Des technologies permettant de supprimer les conservateurs, telles que les emballages piégeurs, sont donc pour l'instant encore mal perçues par le consommateur malgré la naturalité qu'elles confèrent aux produits.

La réglementation peut être un frein pour des technologies innovantes :

Les réglementations Novel Food, relatives aux emballages actifs et intelligents et relatives aux nouveaux matériaux d'emballages sont très strictes et requièrent l'autorisation de l'EFSA avant la mise sur le marché.
Pour les hautes pressions et la lumière pulsée, le frein réglementaire constitue un frein important pour le développement des technologies, ainsi que pour les emballages actifs et intelligents et les nouveaux matériaux d'emballages (coating).
Dans le cas de la biopréservation, il n'y a pas de cadre légal défini. Les ferments ajoutés sont mis dans la liste des ingrédients. Si le développement du procédé amène la réglementation à se durcir, les nouveaux ferments devront faire l'objet de dossiers d'études. Les industries aimeraient donc avoir plus de visibilité sur le long terme pour ne pas se laisser surprendre.

Le retard de la France dans le développement des nouvelles filières de recyclage ne favorise pas l'émergence de technologies contenant des nouveaux matériaux :

En réponse à la demande du consommateur, les industries souhaitent réduire leur impact environnemental en fabricant des nouveaux matériaux organiques. Cependant, ces technologies ne sont pas favorisées car les filières de recyclage sont encore à mettre en place. Ainsi, les emballages bio-sourcés, les coating organiques et les technologies de monocouches recyclables sont bloqués par ce frein environnemental.

Un secteur industriel clé, dispersé, innovant mais toujours conservateur :

Contrairement au secteur de la chimie, l'industrie agroalimentaire est composée d'une multitude d'acteurs (90% de PME qui représentent 50% du CA), ce qui rend le schéma classique de pénétration du marché - 'un leader se lance puis les challengers suivent' - plus complexe à réaliser. Par ailleurs, la dispersion et la multitude d'acteurs freinent la mise en place de technologies qui nécessitent l'équipement de toute la chaîne agroalimentaire comme la RFID. Par ailleurs, malgré un taux d'innovation supérieur à la moyenne française, l'adoption de technologies innovantes par l'industrie agroalimentaire est longue avec un temps d'acceptation et d'adaptation d'environ 10 ans. L'industrie agroalimentaire reste un secteur plutôt conservateur avec une puissance historique forte, ce qui peut constituer des barrières supplémentaires à l'entrée sur le marché de nouveaux acteurs.

Certaines technologies ont encore des freins techniques qui bloquent la mise sur leur marché :

Les nouveaux matériaux d'emballages avec hautes propriétés barrières, matériaux d'emballage nanochargés dans la masse ou encore les emballages respirants/autres technologies d'ajustement des flux et de la sélectivité O_2/CO_2 ne sont pas prêts à être mis sur la marché. Ils requièrent encore de l'investissement pour lever les freins techniques.

Malgré l'existence de freins actuels, les **perspectives d'évolution du marché** des technologies étudiées à 10 ans semblent plutôt optimistes. Les grandes tendances qui se sont dégagées lors de cette étude sont les suivantes :

La transition vers un marché durable est initiée :

La croissance du marché de la chimie verte ainsi que la montée des considérations pour le développement durable dessinent des perspectives optimistes pour les technologies de cette étude

qui ont pour objectif de réduire le gaspillage alimentaire et donc l'impact environnemental du secteur agroalimentaire.

Plus spécifiquement, les innovations telles que les emballages monocouches recyclables, les coatings organiques et les emballages bio-sourcés se positionnent comme des alternatives à l'utilisation de plastiques classiques et des solutions d'avenir dans les 15 à 40 ans. Cependant, ces technologies durables et alternatives aux ressources pétrochimiques sont toujours plus chères que les technologiques classiques et voient leur développement conditionné par l'évolution des cours des matières premières. En outre, leur développement dépendra grandement de l'exigence des consommateurs, qui triant davantage, exigeront une performance améliorée de la filière de recyclage. Les décisions sur les modalités d'extension des consignes de tri seront prises par Ecoemballages. Il devrait donc y avoir un délai entre les décisions d'extension de la collecte et leurs conséquences sur l'évolution des technologies d'emballage.

Une DLC plus longue peut servir de levier à l'exportation des produits alimentaires français et ainsi tester des marchés plus réceptifs aux innovations :

L'augmentation de la DLC est recherchée par les producteurs en priorité pour l'export. Des technologies telles que les hautes pressions, les emballages piégeurs, la biopréservation et les emballages plus performants permettant d'augmenter significativement la DLC représentent donc des leviers pour l'augmentation des marchés à l'export. En effet, les produits exportés sont moteurs pour les innovations car ils nécessitent plus de traçabilité et des DLC plus longues pour être transportés.
Par ailleurs, les marchés étrangers comme l'Asie sont généralement plus réceptifs aux innovations et permettent de tester et valider les potentiels économiques des technologies avant leurs mises sur le marché national.

La restauration hors foyer permet une introduction facilitée des technologies sur le marché :

Le secteur de la restauration hors foyer est une bonne voie d'entrée sur le marché puisque les producteurs sont en lien avec des acheteurs avertis et non pas avec le consommateur directement. Ce secteur permet de démontrer à grande échelle l'efficacité d'une technologie.
A titre d'exemple, les piégeurs d'oxygène peuvent être utilisés dans les produits à destination de la restauration hors foyer pour améliorer la conservation et la qualité des steaks hachés. La présence de ces piégeurs implique une couleur moins rouge de la viande ce qui pourrait constituer en un frein pour un consommateur final mais qui est bien compris par la restauration hors foyer.

Les consommateurs sont demandeurs de plus de transparence vis-à-vis de la qualité des produits alimentaires :

Les crises médiatiques et la perte de confiance des consommateurs résultent en une demande de plus de transparence de la part des industriels. Cela se traduit par un système de traçabilité plus fiable et une DLC plus adaptée et plus compréhensible. Les emballages instrumentés par détection de traceurs, de microorganismes et les intégrateurs temps/température permettront dans le temps, comme au Japon, d'éduquer le consommateur à réduire son gaspillage. Après simplification de l'information donnée par ces puces, une combinaison de ce type d'emballages intelligents avec une puce RFID « adaptée », pourrait permettre de passer d'une DLC fixée à l'avance et non modifiable, vers une DLC interactive, plus juste et tenant compte des réelles conditions de conservation du produit tout au long la chaîne et d'assurer une traçabilité optimale. Par ailleurs, en amont, les

détecteurs et autres capteurs semblent être une réelle valeur ajoutée pour une meilleure gestion des stocks par le distributeur.

Les transferts technologiques limiteront les besoins en termes de recherche :

Les technologies comme la lumière pulsée, l'ionisation et la décontamination des emballages par traitement plasma sont utilisées dans le domaine biomédical qui a des contraintes de sécurité sanitaire plus importantes. L'industrie agroalimentaire peut donc bénéficier des avancées de ce secteur pour le développement de ces technologies. Dans le cas spécifique de la décontamination des emballages par traitement plasma, les applications industrielles sont surtout dans le domaine médical hospitalier pour la stérilisation d'instruments fragiles, mais peu encore dans le domaine agroalimentaire. La France étant leader sur cette technologie, le transfert de cette technologie du biomédical à l'agroalimentaire pour des effets d'aseptisation des emballages présente de bonnes perspectives, notamment dans le cadre d'un conditionnement aseptique.

En conclusion, malgré un climat peu favorable au développement du secteur agroalimentaire, les perspectives futures d'adoption à grande échelle des nouvelles technologies étudiées sont optimistes. En effet ces dernières répondent aux attentes du consommateur en conférant au produit alimentaire plus de naturalité et de traçabilité. Cette adoption par le secteur agroalimentaire sera d'autant plus rapide qu'un soutien fort à l'innovation est mis en place, favorisant les premières mises sur le marché des technologies prometteuses et facilitant l'accès des TPE et PME de l'industrie agroalimentaire aux innovations.

6. RESULTATS VOLET 4 : EVALUATION DES TECHNOLOGIES

6.1. Objectifs et méthode

6.1.1. Cadre méthodologique général de l'évaluation

- **Objectif principal et contraintes identifiées**

L'objectif d'évaluation est d'aboutir à un classement des technologies servant de support aux recommandations à court, moyen et long termes.

L'élaboration de la méthodologie a donc commencé par une analyse de la situation, aboutissant à l'identification de trois contraintes principales :

- **Les données quantifiant le gaspillage sont rares**
  Les données disponibles en matière de gaspillage sont rares et souvent imprécises. Les quantifications disponibles proviennent souvent d'autres pays européens, notamment du Royaume-Uni grâce aux travaux du WRAP.
- **Il existe peu de données quant aux technologies considérées**
  A ce jour, très peu d'innovations technologiques considérées dans cette étude ont fait l'objet d'analyses spécifiques. Aucune quantification de leur impact sur le gaspillage et l'environnement n'est disponible. Enfin, la plupart des technologies n'étant pas encore sur le marché, il est difficile d'évaluer précisément leur coût.
- **Les rares données disponibles font l'objet de divergences**.
  Les définitions font débat et sont source d'écarts dans les évaluations, notamment concernant le gaspillage alimentaire (absence de consensus sur la définition du gaspillage). Certains points sont subjectifs et peuvent varier selon les points de vue, par exemple l'acceptation des technologies par les consommateurs.

- **Solutions méthodologiques apportées en réponse à ces enjeux**

Deux solutions ont été apportées par rapport à ces différentes contraintes :

- **Décomposition de la problématique en sous-problématiques plus simples**
  La problématique de base est la suivante : quelles technologies parmi les 26 sont les plus attractives aujourd'hui et dans 10 ans ? Cette problématique étant trop générale et trop complexe pour y apporter une réponse directe, elle a été décomposée selon le principe dit MECE. La problématique a ainsi été décomposée en sous-problématiques plus simples[48], mutuellement exclusives[49] (ME) et collectivement exhaustives[50] (CE).

- **Evaluation sur la base d'indices qualitatifs**
  Du fait de ces contraintes, le modèle d'évaluation retenu repose sur une approche qualitative basée sur une construction d'indices plutôt qu'un calcul quantitatif. Cette approche a été choisie car l'objectif principal de la méthodologie est de produire un classement. En d'autres termes l'objectif premier est de comparer les technologies entre elles et non d'avoir des valeurs

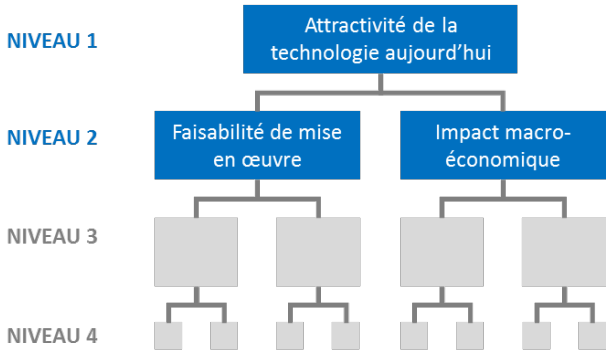
[48] Par « plus simples », on entend plus faciles à traiter au regard des données disponibles et reposant sur moins de paramètres.
[49] Les sous-problématiques sont toutes indépendantes les unes des autres
[50] La problématique principale est intégralement analysée à travers les sous-problématiques choisies

quantifiées sur chaque technologie. Les données quantitatives étant rares, il a été choisi de faire reposer les comparaisons sur des indices qualitatifs, croisant les informations disponibles afin d'être objectifs et fiables. Exemple : connaître l'impact environnemental exact d'un indicateur temps-température n'est pas possible, mais on peut toutefois estimer qu'il est plus élevé que celui d'un emballage biosourcé.

- **Résultat de la décomposition de la problématique**

Si l'on se concentre sur la situation actuelle, on peut effectuer une première décomposition de l'attractivité en deux axes, répondant respectivement aux questions suivantes :
- Peut-on mettre en place cette technologie ?
- A-t-on intérêt à la mettre en place ?

On obtient alors le niveau 2 sur la figure ci-contre, que l'on définit comme suit :

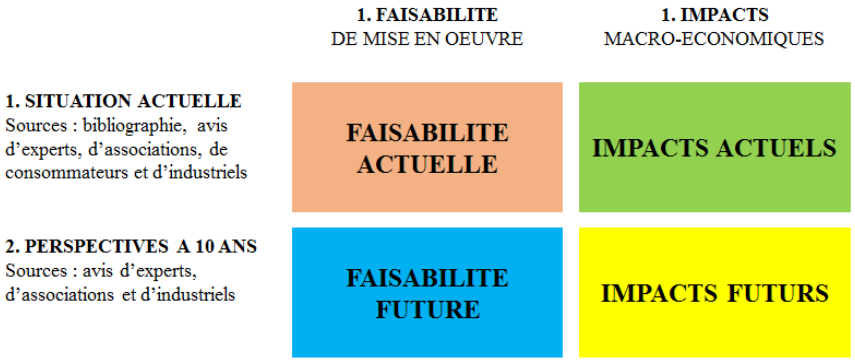


NIVEAU 2	**Faisabilité de mise en œuvre** *Peut-on mettre en place cette technologie ?*	**Impacts macro-économiques** *A-t-on intérêt à la mettre en place ?*
	Cet axe renseigne sur la facilité de mise en œuvre des technologies en prenant en compte quatre indices principaux : l'acceptation de la technologie par le consommateur, la réglementation, la maturité de la technologie et la maturité du marché français. Par maturité du marché, on entend la présence d'acteurs à la fois académiques et industriels sur le sol français. Cette partie repose majoritairement sur des faits observés.	Ce deuxième axe renseigne sur l'intérêt à mettre en place la technologie. Elle repose sur une analyse des bénéfices de la technologie en matière de contribution à la réduction du gaspillage et des coûts. Les bénéfices en matière de gaspillage sont estimés au niveau de la distribution, de la restauration hors foyer et de la consommation des ménages. Le coût de mise en œuvre prend en compte le coût économique ainsi que l'impact environnemental de la technologie. Cette partie repose majoritairement sur des estimations.

Chacun de ces deux axes de niveau 2 est ensuite décomposé en d'autres sous-problématiques plus simples selon le même principe MECE. Les détails des niveaux 3 et 4 est décrit par la suite dans les parties 7.1.2 et 7.1.3.

Le travail qui vient d'être décrit pour la situation actuelle est répliqué sur la situation à 10 ans. Cette réplication de la même méthodologie sur les deux horizons temporels assure la possibilité de comparer ces différents axes à terme. On obtient ainsi 6 indices au total :
- 1 indice de niveau 1 pour chaque horizon temporel ;

- 2 indices de niveau 2 pour chaque horizon temporel, tels que représentés sur la figure récapitulative ci-dessous :



- **Echelles et modes de calculs adoptés**

Echelles : Les indices consolidés de niveaux 1 et 2 servent ensuite de base pour des analyses croisées. Afin de faciliter les comparaisons, l'ensemble de ces indices a été harmonisé selon une échelle de 0 à 10, 10 correspondant à la meilleure technologie. Cette démarche est appelée dans la suite du paragraphe « standardisation » des échelles. Le choix a été fait de faire de 10 la note de la meilleure technologie – et non la meilleure note théorique – pour deux raisons :

- **Ceci facilite les discriminations entre technologies** en augmentant les écarts.
  Les notes obtenues sont en effet ramenées sur 10 par le calcul suivant :
  (note obtenue)*10 / (meilleure note obtenue à l'indice)
  Par ce calcul, des notes étalées de 2 à 5 sont étalées de 4 à 10 après standardisation.
- **Ceci facilite les comparaisons entre axes**. Sans cette approche, on obtiendrait par exemple des notes de 0 à 5 sur un axe et de 2 à 8 sur un autre, ce qui rend difficile et risqué toute comparaison de note. Après standardisation, on obtient en effet des notes effectives allant jusqu'à 10 sur les deux axes, ce qui rend les comparaisons plus pertinentes.

Les indices de niveaux 3 et plus ont en revanche des échelles propres, qui seront détaillées dans les parties 7.1.2 et 7.1.3.

Modes de calculs : Suite à la décomposition MECE, on obtient plusieurs axes plus faciles à estimer, mais ces axes doivent ensuite être reconsolidés selon un mode de calcul adéquat. Ce mode de calcul doit ainsi être choisi de façon à représenter une réalité. Par exemple, si l'idéal recherché est d'obtenir une technologie regroupant les qualités A et B, on multiplie les indices correspondant à A et B. Si en revanche on souhaite obtenir de façon équivalente le bénéfice C ou D, alors on additionne les indices correspondant à C et D.
Cette approche logique s'applique ainsi à tous les niveaux, pour obtenir la note du niveau précédent. Par exemple, on effectue un calcul sur le niveau 2 pour obtenir la note du niveau 1. Etant donné que l'on souhaite idéalement avoir une technologie facile à mettre en place et offrant d'importants gains, il a été choisi de multiplier les indices du niveau 2 : faisabilité de mise en œuvre et impacts macro-économiques. En outre, une multiplication entre ces critères offres deux avantages :

- **Les échelles et coefficients n'ont plus d'impact sur le résultat final.**
  Ceci est illustré dans l'exemple suivant, où les coefficients appliqués à A et B n'ont pas d'incidence sur la note finale, après mise à l'échelle 0-10 :

	Axe A	Axe B	$\frac{A \times B}{10 \times 10}$	$\frac{(A \times 2) \times (B \times 3)}{(10 \times 2) \times (10 \times 3)}$
Techno 1	2	8	0.16	0.16
Techno 2	4	5	0.20	0.20

En revanche, une attention particulière a été portée sur les cas où le calcul est une addition, car les coefficients seront alors lourds d'impacts. Ceci sera détaillé dans la suite du rapport.

- **Un 0 à l'un des paramètres est éliminatoire.**
  Le cas théorique d'une note de 0 sur l'axe faisabilité ou impact macro-économique est en effet rédhibitoire car il exprime une impossibilité ou une absence d'intérêt.

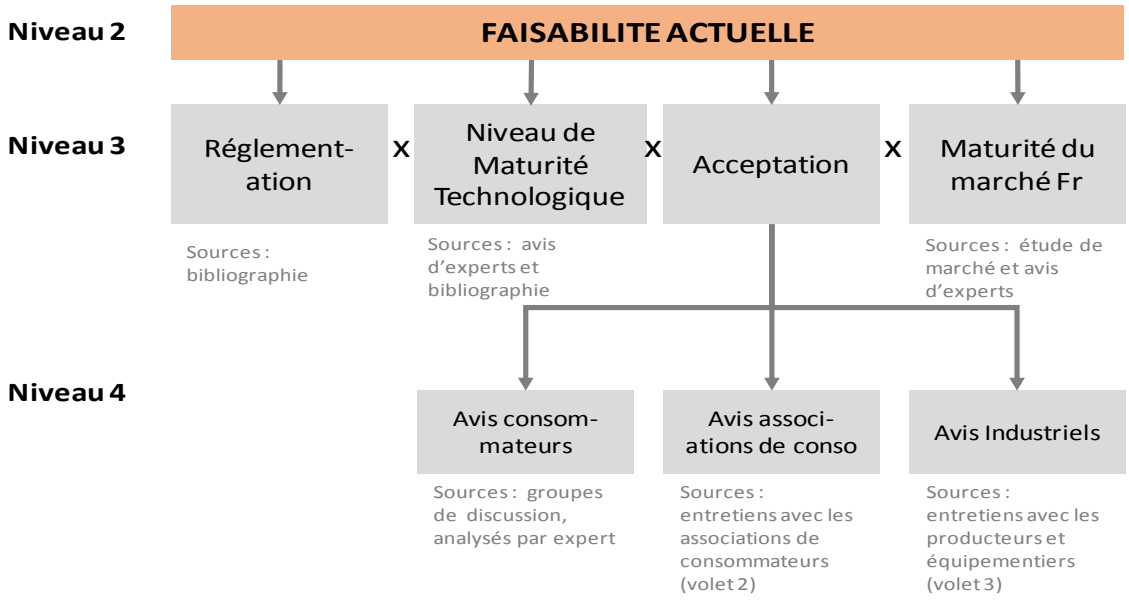
Ces différentes informations obtenues pour chaque technologie sont synthétisées dans une grille d'évaluation.

Le détail de la construction des indices pour chaque axe est donné dans les pages suivantes.

6.1.2. Attractivité actuelle

L'attractivité actuelle est un indice de niveau 1, construit par multiplication de deux indices : faisabilité actuelle de mise en œuvre et impact macro-économique actuel.

- **Faisabilité actuelle de mise en œuvre**



L'indice de niveau 2 « faisabilité de mise en œuvre actuelle » est décomposé en 4 indices, obtenus par les volets 1 à 3 et décris ci-dessous. Ces indices ont été multipliés conformément aux explications données dans la partie 7.1.1.

Indice « Réglementation »
Le cadre réglementaire actuel des technologies a été étudié dans le volet 1 lors de la rédaction des fiches technologiques. L'échelle est composée de 3 niveaux :

- 0 : Interdiction actuellement
- 1 : Autorisation partielle et sous conditions
- 2 : Autorisation de toute la catégorie

Indice « TRL »
La maturité des technologies est évaluée suivant l'échelle TRL (Technology Readiness Level) allant de 0 à 9. Cette évaluation est présentée dans chaque fiche technologique.

Indice « Acceptation »
L'acceptation des consommateurs est une condition pour l'adoption de technologies par l'ensemble des industries agroalimentaires, mais est difficilement mesurable. Dans le cadre de cette étude et du volet 2, 3 groupes de discussions ont été organisés ainsi que des entretiens avec des associations de consommateurs. Les entretiens avec les équipementiers dans le volet 3 ont permis également de compléter ces avis. L'acceptation d'une technologie résulte donc de la moyenne de ces 3 points de vue afin d'obtenir la vision la plus objective possible.

Indice « Maturité du marché français »
Ce critère évalue la présence d'acteurs recherche et industriels dans le secteur de chaque technologie. L'échelle utilisée est la suivante :

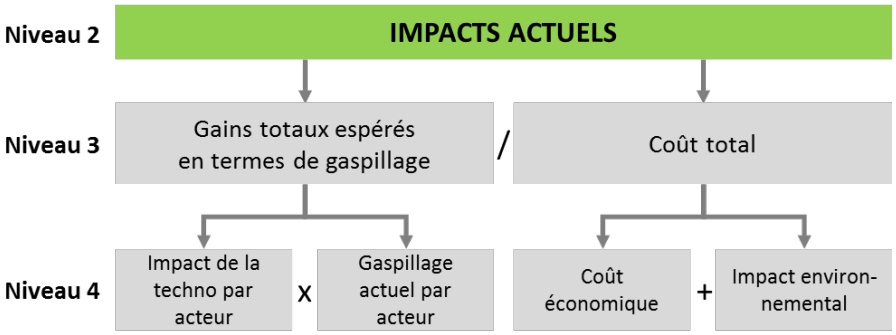
RECHERCHE \ PRODUCTION	Nulle part	A l'étranger	Sur le sol français
Sur le sol français	2	4	6
A l'étranger	1	3	5
Nulle part	0	-	-

La grille a été remplie à partir des fiches technologiques selon 4 principes :

i. S'il n'y a de recherche nulle part, alors il n'y a pas de production, ni en France ni ailleurs. A l'inverse, s'il y a déjà production, il y a recherche.
ii. L'idéal est d'avoir à la fois de la recherche et de la production. S'il n'y a que de la recherche, la note doit être moins bonne.
iii. L'objectif étant d'estimer la maturité du marché français, les innovations présentes sur le sol français sont mieux notées que celles qui en sont absentes.
iv. L'objectif de l'étude est de développer l'usage et donc la commercialisation de certaines technologies. Par conséquent, ont été privilégiées les technologies en production, plutôt qu'une technologie uniquement en recherche en France.

Ces principes ont permis de compléter cette grille théorique, dont toutes les cases ne seront pas utilisées.

- **Impacts macro-économiques**



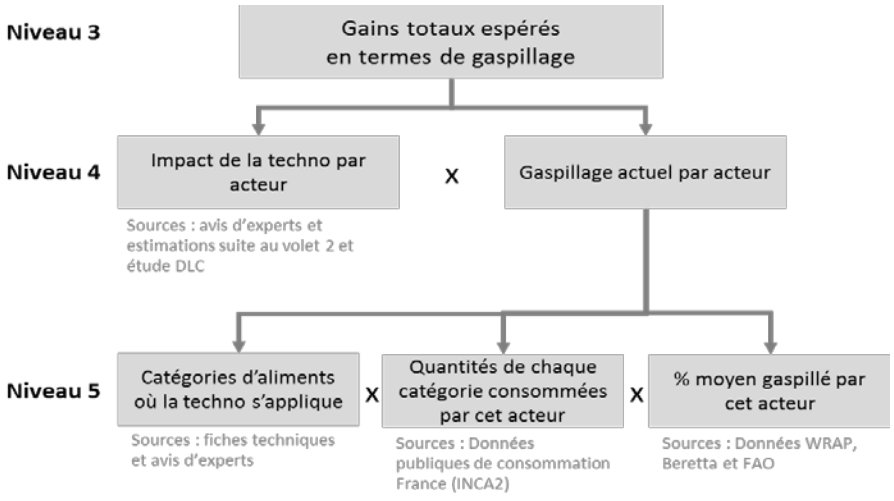
Cet impact est estimé selon un calcul de type retour sur investissement macro-économique, c'est-à-dire gains recherchés / coûts engendrés. Dans le cas présent, on peut reformuler ce ratio dans les termes suivants : gains en termes de gaspillage / coûts totaux.

L'indice « Gains totaux espérés en termes de gaspillage » correspond à la multiplication de l'impact de la technologie sur la réduction du gaspillage alimentaire par le gaspillage actuel par acteur.

L'indice « Coût total » résulte de l'addition du coût économique et de l'impact environnemental qui est ici assimilé à un coût. Ce choix s'explique par l'approche intégrée d'analyse de cycle de vie recherchée. Dans ce modèle, seul le « Coût total » est sensible à un coefficient. Ainsi un coefficient peut être appliqué entre coûts économiques et environnementaux. Différentes hypothèses ont été réalisées et sont présentées dans la partie résultats, pour démontrer la robustesse du modèle[51].
Les indices « Gains » et « Coût » font l'objet d'une description détaillée dans les pages suivantes.

Remarque importante :
Ce ratio peut donc être assimilé à une rentabilité macro-économique estimée pour chaque technologie, mais ne doit pas être confondu avec un retour sur investissement pour l'industriel lui-même. Mais, on remarquera que le retour sur investissement de l'industriel est lui-même fonction de l'acceptation du consommateur qui conditionne les quantités et prix de ventes, et du coût économique. Il s'agit donc d'un sous-ensemble des indices déjà pris en compte.

- **Gains totaux espérés**



[51] Voir annexe 3A

Les gains se calculent à partir de deux composantes : l'estimation du gaspillage actuel sur le périmètre d'application de la technologie et l'estimation du niveau d'impact de la technologie sur la réduction du gaspillage alimentaire. Ces deux indices sont donc multipliés pour obtenir l'indice de gains totaux espérés.

La démarche générale fut donc la suivante pour chaque technologie :

i. Estimer le gaspillage sur chaque catégorie de produits et pour chacun des trois acteurs[52] (indices de niveau 5)
ii. Estimer le périmètre d'application de chaque innovation (indice de niveau 5)
iii. Obtenir le gaspillage actuel sur le périmètre d'application de la technologie, et ce pour chaque acteur (indice de niveau 4) par croisement des indices (i) et (ii)
iv. Estimer l'impact de la technologie en termes de gaspillage sur chacun des trois acteurs (indice de niveau 4)
v. Estimer la réduction de gaspillage par cette technologie (niveau 3) par croisement des indices obtenus en (iii) et (iv).

Indice « Impact de la technologie par acteur »

Pour chaque technologie et pour chacun des 3 types d'acteurs, un niveau d'impact de réduction du gaspillage alimentaire a été évalué. Une note qualitative de 0 à 3 a été attribuée grâce à l'expertise du CTCPA.

Indice « Gaspillage actuel par acteur »

Le gaspillage actuel a été étudié par acteur et catégories d'aliment habituellement présentes dans les études :

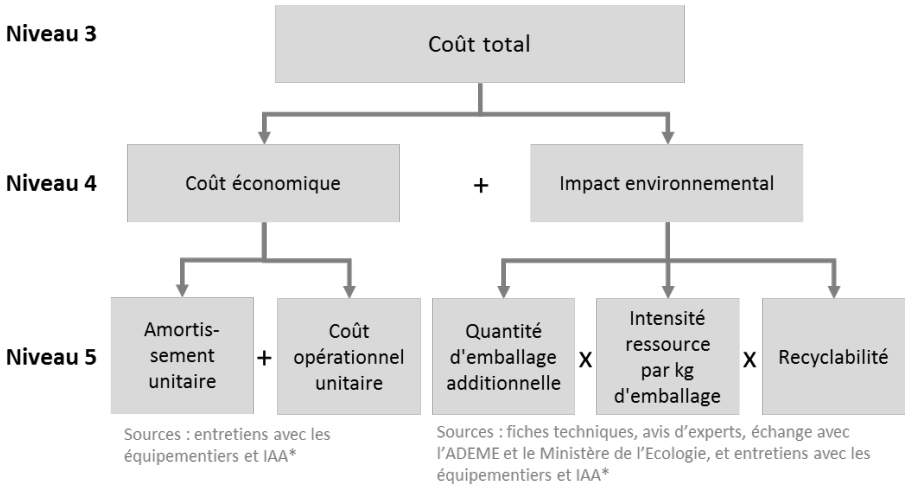
- Fruits et légumes frais et transformés,
- Plats Préparés (frais, sec, appertisés),
- Viandes et Poissons frais,
- Boulangerie,
- Produits céréaliers,
- Produits laitiers et œufs.

Pour chacune de ces catégories, on utilise les données de consommation INCA 2 et les pourcentages moyens de gaspillage par acteur et catégorie de produits. Le gaspillage est ici considéré en quantité et non en valeur afin de ne pas donner trop de poids à la valeur de marché. Une démarche en valeur aurait en effet mis l'accent sur les viandes et ignoré les produits de boulangerie, ce qui n'est pas l'objectif de l'étude.

- **Les coûts**

Les coûts se divisent en 2 composantes : les coûts économiques et les coûts liés à l'impact environnemental. L'approche environnementale par Analyse du Cycle de Vie (ACV) a en effet pour objectif de convertir un impact environnemental en coût. Cette approche a été reprise pour faire de l'impact environnemental un indice qualitatif, assimilé à un coût, et donc additionné au coût économique.

[52] Distributeur, RHF et Consommateurs.



L'indice « Coût économique » fait l'addition de 2 composantes :

- L'amortissement unitaire : cette appréciation qualitative rend compte du niveau d'investissement initial, de la durée de vie de la machine, et du débit de production annuel.
- Le coût opérationnel unitaire : cet indice rend compte de l'ordre de grandeur des coûts de production unitaires.

L'estimation des composantes « amortissement unitaire » et « coût opérationnel unitaire » a été réalisée sur une échelle de 0 à 5, 0 équivalent à aucun amortissement et 5 à un amortissement unitaire très important à partir de données collectées dans le volet 3. Ces données sont détaillées dans la section 6 de ce rapport.

L'indice « Impact environnemental » résulte de la multiplication de 3 indices relatifs :
Cet indice correspond à la multiplication des 3 critères suivants :

- Quantité d'emballage additionnel : quantité d'emballage « en plus » par rapport à un emballage classique.
- Intensité ressource par kg d'emballage : quantité de ressources / matières premières requises pour la fabrication / utilisation de la technologie.
- Recyclabilité : facilité à recycler, type de déchets, avenir du déchet.

La grille de notation utilisée pour l'évaluation de ces différents critères est la suivante :

Comparable à l'existant = 0	La technologie / emballage ne modifie pas la quantité d'emballages, la technologie / emballage utilise les mêmes ressources que la solution existante, l'emballage présente le même type de recyclabilité que la solution existante
Mieux que l'existant = -1	La technologie/emballage réduit la quantité d'emballage, la technologie/emballage utilise moins de ressources par rapport à la solution existante, l'emballage présente un recyclage facilité par rapport à un emballage classique
Moins bien que l'existant = +1	La technologie/emballage implique une quantité d'emballage supplémentaire par rapport à un emballage classique, la technologie/emballage nécessite plus de ressources par rapport à un emballage classique, l'emballage présente un recyclage plus complexe par rapport à un emballage classique

Les technologies ont été notées pour chaque critère à partir :

- des informations contenues dans les fiches technologiques (veille documentaire et dires d'experts),
- des résultats des entretiens avec les équipementiers et industriels,
- de l'expertise de l'équipe.

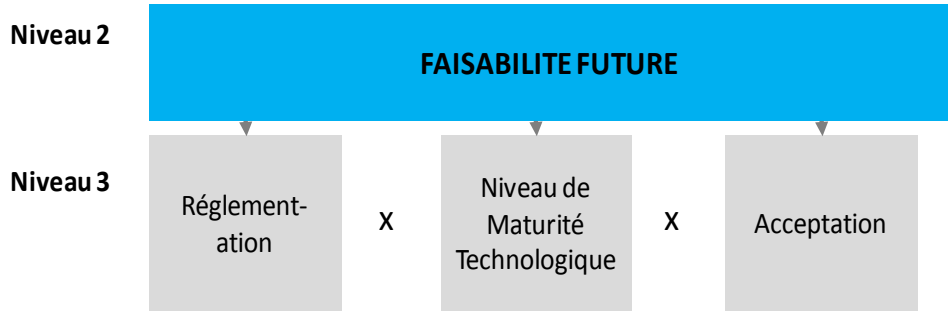
6.1.3. Attractivité à 10 ans

L'approche méthodologique effectuée pour l'attractivité actuelle a été répliquée pour estimer l'attractivité à 10 ans : décomposition selon les mêmes indices, application des mêmes méthodes de calculs et reprise des mêmes échelles. La source principale d'information pour cet indice fut l'atelier de prospective organisé le 20 mars 2014, et décrit ci-dessous :

Afin d'anticiper les évolutions possibles des technologies à 10 ans, un atelier de prospective « *Innovation technologique et gaspillage alimentaire* » a été organisé par Euroquality le 20 mars 2014 au Ministère de l'Économie, du Redressement productif et du Numérique. L'atelier avait deux principaux objectifs : (i) identifier les facteurs pouvant influencer l'adoption des technologies à l'horizon 2025 et (ii) proposer des actions susceptibles de soutenir efficacement le développement des innovations et leur adoption par l'industrie agroalimentaire. Afin d'atteindre le premier objectif, les participants ont identifié pour chaque technologie les freins et les leviers susceptibles d'influer sur la mise sur le marché de chaque technologie. Une appréciation de l'évolution possible de ces facteurs à 10 ans a ensuite été réalisée. L'atelier a réuni 24 participants représentant les pouvoirs publics, la communauté scientifique ainsi que l'industrie agroalimentaire.

L'atelier a ainsi fourni des appréciations et arguments qualitatifs. Ces informations ont ensuite été traitées par l'équipe Euroquality, appuyée de l'expertise du CTCPA.

- **Faisabilité future**



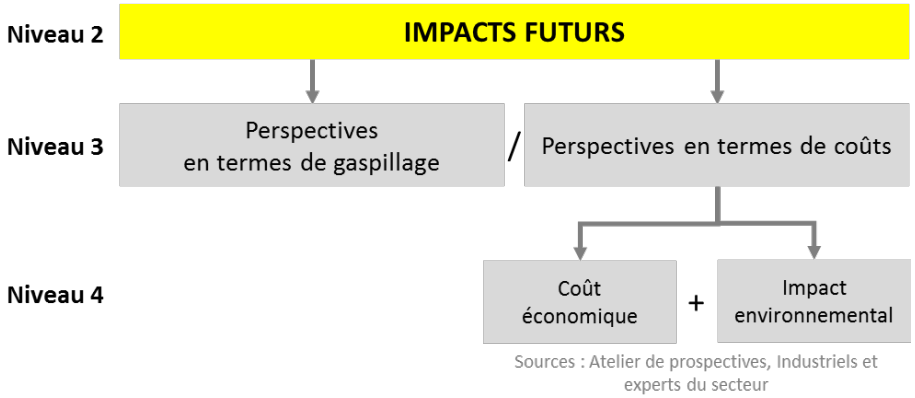
Sources : Atelier de prospectives, industriels et experts du secteur

La faisabilité future correspond à l'estimation de la faisabilité de mise en œuvre des technologies dans une perspective de 10 ans.

La faisabilité future reprend les critères et l'échelle de la faisabilité actuelle à l'exception de la maturité du marché. En effet, l'évolution du marché a été jugée trop dépendante des politiques mises en place à l'issue de l'étude pour être considérée comme un paramètre d'entrée.

- **Impacts futurs**

L'impact futur correspond à l'estimation de l'impact macro-économique lié à la mise en œuvre des technologies dans une perspective de 10 ans.



Sources : Atelier de prospectives, Industriels et experts du secteur

On notera que les gains en termes de réduction du gaspillage ont été repris de l'estimation faite pour l'attractivité actuelle. Ceci répond à deux objectifs :

- Les gains potentiels estimés aujourd'hui doivent devenir les gains effectifs de demain. Il s'agit là de l'objectif même de l'étude : identifier aujourd'hui les leviers technologiques à mettre en œuvre pour atteindre une réduction du gaspillage à 10 ans.
- Il n'y a par ailleurs aucun argument pour justifier une variation des paramètres utilisés dans l'estimation des gains d'ici 10 ans.

6.1.4. Exemple de la méthodologie pour la technologie des hautes pressions

Afin d'illustrer de manière concrète la méthode qualitative d'évaluation, l'exemple de la technologie des hautes pressions est présenté ci-dessous. Pour faciliter la lecture et les comparaisons, **les notes suivantes ont toutes été ramenées sur une échelle de 0 à 10** selon la méthode de standardisation présentée dans la partie 7.1.1.

Indices	**Actuel**	**A 10 ans**
Réglementation	5	10
TRL (Niveau de maturité technologique)	10	10
Maturité du marché français	10	-
Acceptation	10	10
Faisabilité de mise en œuvre	**5**	**10**
Impact distributeur	3	-
Impact restauration hors foyer	3	-
Impact consommateurs	4	-
Coût économique	10	3
Impact environnemental	1	1
Impact macro-économique	**2,2**	**5,2**
Attractivité	**2,7**	**6,5**

Actuel

Pour l'**indice réglementation,** la note sur la technologie a été évaluée à une note de 5 sur 10. En effet, des freins réglementaires existent puisqu' une autorisation de l'EFSA est requise pour la mise sur le marché d'un produit alimentaire ayant subi cette technologie.

La technologie a été évaluée au maximum de l'échelle **Technology Readiness Level** (niveau de maturité technologique). Cette technologie est effectivement mature et déjà industrialisée.

La technologie a la note la plus haute concernant la **maturation du marché français** car la technologie est déjà produite en France.

La technologie a reçu la note maximale pour **l'acceptation** auprès des consommateurs. En effet, elle n'est pas anxiogène pour le consommateur et permet la suppression des conservateurs chimiques.

- Il résulte des 4 précédents indicateurs, une **faisabilité** de mise en œuvre de la technologie de 5 sur 10.

Pour **l'indice de réduction du gaspillage au niveau de la distribution**, la technologie a reçu la note de 3 sur 10. Cela correspond à la meilleure gestion des stocks permis par l'allongement de la date de conservation.

De même, **l'indice de réduction du gaspillage au niveau de la restauration hors foyer** a reçu la note de 3.

Au niveau du **consommateur,** l'indice est de 4 car les bénéfices d'augmentation de DLC et d'amélioration des qualités organoleptiques seront plus importants à ce niveau et auront donc plus d'impacts sur le gaspillage alimentaire.

Concernant le **coût économique**, les hautes pressions ont reçu la note maximale car l'investissement est très élevé et le rendement des machines est bas.

La technologie a un **impact environnemental** faible et a été notée à 1 sur 10. En effet, les hautes pressions n'impliquent pas une diminution ou une augmentation de quantité d'emballage nécessaire, mais utilisent moins de ressources par rapport à une technologie classique d'aseptisation.

- L'**indice impact macro-économique** théorique, qui prend en compte l'impact sur le gaspillage, les coûts et l'impact environnemental évalués ci-dessus, est de 2.2 sur 10.

L'**attractivité actuelle** de la technologie correspond à la multiplication de l'indice de faisabilité de mise en œuvre et l'indice impact macro-économique et prend la valeur de 2.7.

A 10 ans

L'**indice réglementation** présente des perspectives d'amélioration à 10 ans car la technologie sera connue et ne nécessitera sûrement plus d'autorisation de l'EFSA.

La technologie reste à son maximum sur l'échelle **Technology Readiness Level**.

Les hautes pressions seront toujours jugées non anxiogènes et l'**acceptation** des consommateurs reste égale à 10 ans.

- L'amélioration de ces 3 indicateurs entraîne une nette amélioration de la **faisabilité** de mise en œuvre de la technologie dans 10 ans. Cette dernière reçoit une note de 10 sur 10.

Le **coût économique** a été évalué à 3 dans une perspective à 10 ans. En effet, la standardisation des machines permettra une réduction des coûts d'investissement et de production.

La technologie a reçu la même note de 1 pour **l'impact environnemental.** En effet, cet impact déjà faible évoluera peu.

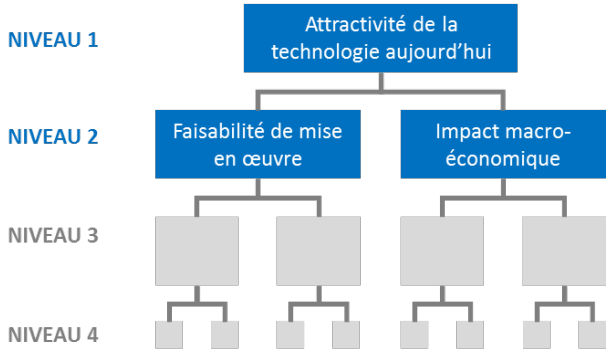
- L'**indice impact macro-économique** tend à s'améliorer à 10 ans et est noté 5.2 sur 10.

L'évolution positive à 10 ans de la faisabilité et de l'indice impact macro-économique permettent d'estimer une **attractivité future** de la technologie notée à 6.5.

6.2. Résultats

Comme expliqué précédemment, l'évaluation des technologies a pour objectif d'aboutir à un classement relatif des technologies.

Les technologies sont évaluées sur différents indices qui constituent les axes de niveau 2 : faisabilité actuelle, faisabilité future, impact actuel et impact futur. Le détail des notes obtenues est présenté en Annexe 3B : Evaluation - Résultats.



Ces 4 axes de niveau 2 constituant à leur tour les axes de niveau 1 qui sont attractivité actuelle et attractivité future.

Les résultats de cette évaluation se caractérisent par une note sur 10 pour chacun des 4 axes (faisabilité actuelle et future ; impact actuel et futur) ainsi que pour l'attractivité actuelle et future.
L'analyse de ces résultats repose sur le croisement d'axes. 6 axes peuvent être utilisés pour réaliser ce croisement car jugés pertinents et suffisamment consolidés: faisabilité actuelle, faisabilité future, impact actuel, impact futur, attractivité actuelle et attractivité future.

Les indices consolidés de niveaux 1 et 2 peuvent ainsi être croisés pour offrir différentes vues et analyses :

Analyse effectuée	Axes utilisés	
▪ Evolution de la faisabilité	Faisabilité actuelle	Faisabilité future
▪ Evolution de l'impact macro-économique	Impact actuel	Impact futur
▪ Attractivité actuelle	Faisabilité actuelle	Impact actuel
▪ Attractivité future	Faisabilité future	Impact futur
▪ Evolution de l'attractivité	Attractivité actuelle	Attractivité future

La combinaison la plus pertinente sur laquelle il a été décidé de se focaliser est le croisement des analyses attractivité actuelle - attractivité future.

Représentation graphique de l'attractivité actuelle et future des technologies

Ci-dessous se trouve la représentation graphique de l'attractivité actuelle avec en abscisse la faisabilité actuelle et en ordonnée l'impact actuel :

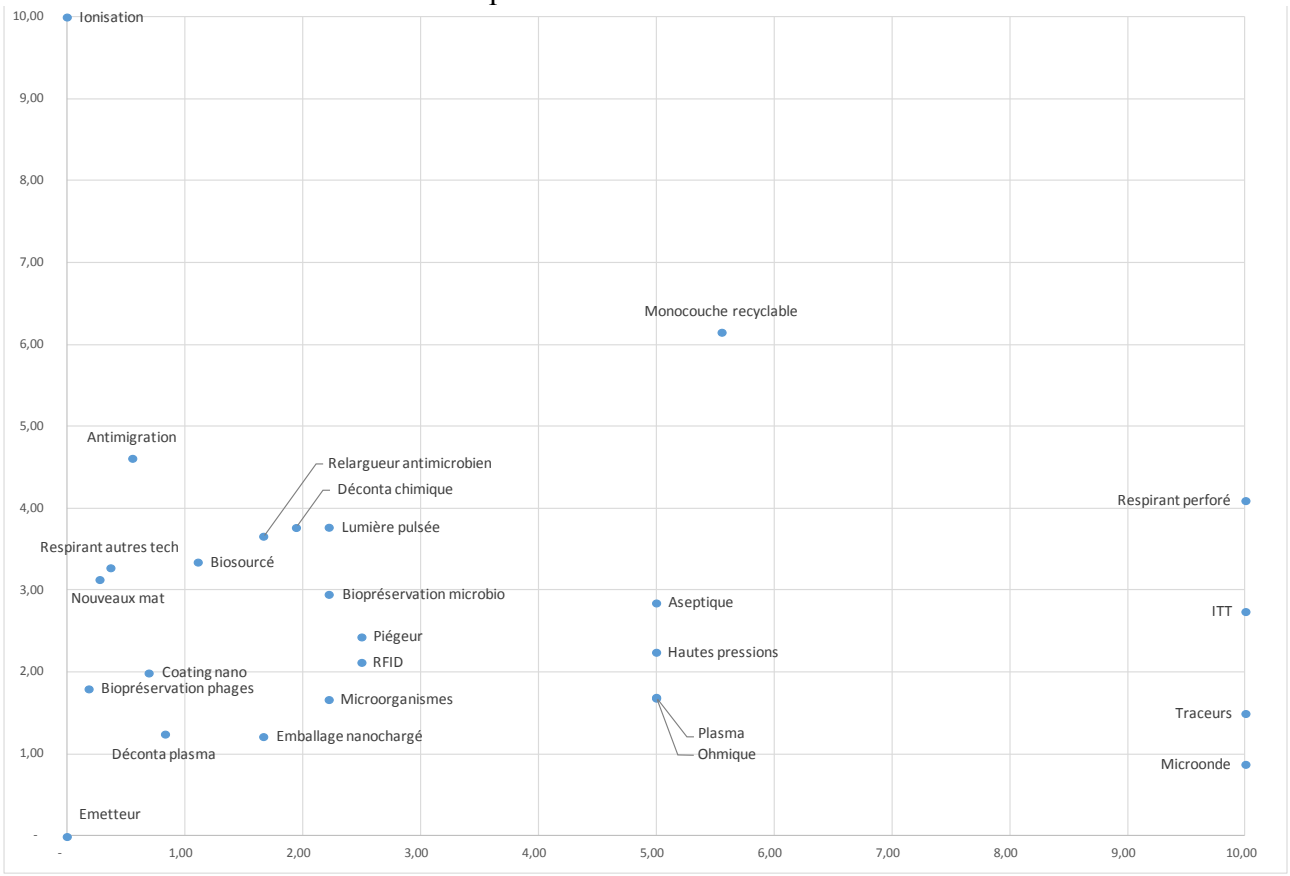


Figure 13 Représentation graphique de l'attractivité actuelle des 26 technologies

La première étape a consisté en une analyse graphique de la figure 1. Cette étape nous a permis d'identifier 5 technologies éloignées de l'origine :

- Emballages respirants par technologies de perforation
- Monocouche recyclables
- Emballages instrumentés par détection de microorganismes
- Emballages instrumentés par détection de traceurs
- Chauffage microonde

Dans une deuxième étape, la valeur de l'attractivité actuelle, ce qui correspond à la multiplication des axes faisabilité actuelle et impact actuel, des technologies a été étudiée.

Il apparait alors qu'un écart important est observé entre 3 technologies et les 23 restantes. En effet, ces 3 technologies présentent une attractivité actuelle supérieure ou égale à 6.7 alors que le reste des technologies a une attractivité inférieure ou égale à 3.7.

Ces 3 technologies sont :

- Emballages respirants par technologies de perforation (10)
- Monocouche recyclables (8.3)
- Emballages instrumentés par détection de microorganismes (6.7)

Cette étude des valeurs de l'attractivité actuelle confirme que 3 des 5 technologies identifiées graphiquement peuvent être considérées comme ayant une attractivité actuelle importante et représenter un fort intérêt de mise en œuvre à l'heure actuelle.

L'objectif de l'étude étant de proposer un cadre d'actions public pour l'aide au développement des technologies, la notion d'évolution à 10 ans est donc primordiale. Elle a donc été prise en compte dans le processus de sélection finale des technologies.

La représentation graphique de l'attractivité des technologies à 10 ans est présentée ci-dessous.

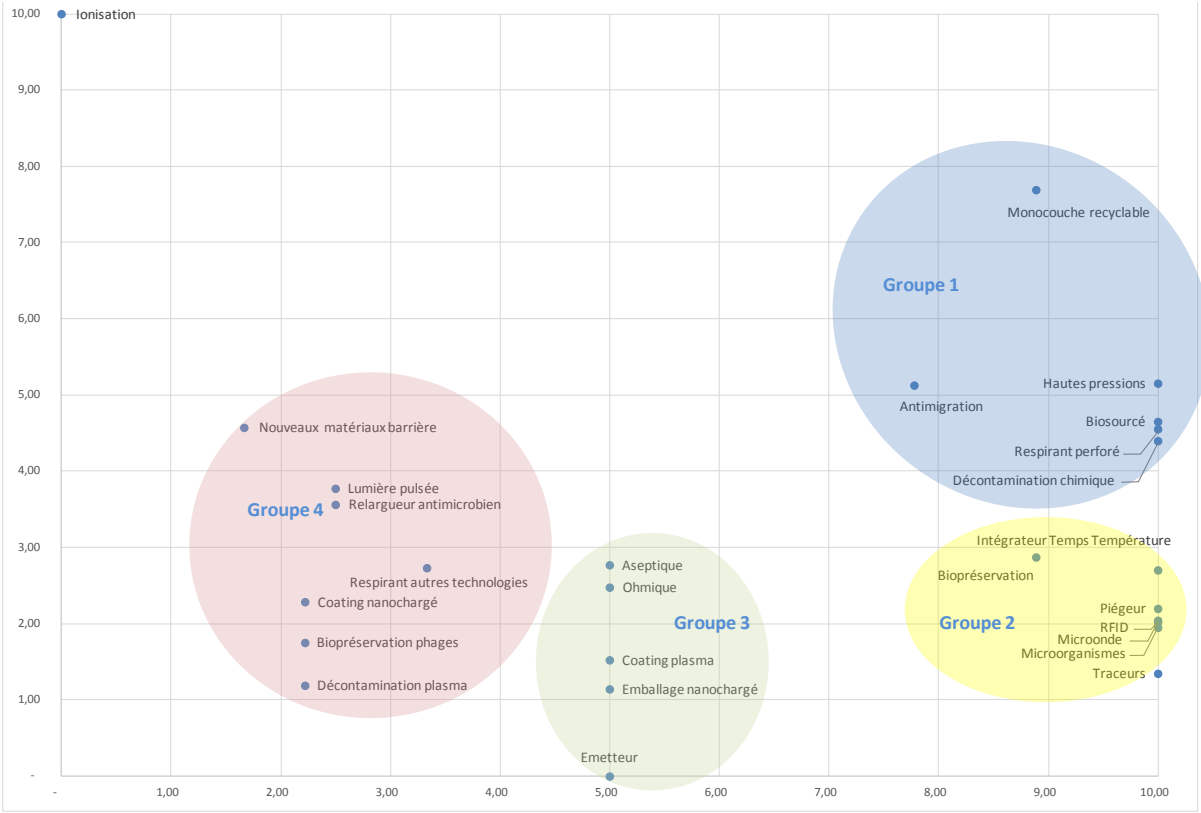


Figure 14 Représentation graphique de l'attractivité à 10 ans des 26 technologies

Le graphique ci-dessus représente en abscisse la faisabilité de mise en œuvre à 10 ans et en ordonné l'impact macro-économique à 10 ans *(un coefficient de 1 a été appliqué à chaque type de coûts)*.

Comme précédemment, la première étape a consisté à réaliser une analyse graphique de la figure 2. Cette lecture permet de dessiner 4 groupes de technologies en fonction de leur éloignement avec l'origine.

La seconde étape a consisté à comparer les valeurs de l'attractivité future, ce qui correspond à la multiplication des axes faisabilité future et impact futur, des différentes technologies.
Cette seconde étape a confirmé l'analyse graphique et permet ainsi le classement des technologies en 4 groupes d'après leurs valeurs d'attractivité future:

Groupe 1 : attractivité supérieure à 5

- Monocouche recyclables
- Hautes pressions
- Emballages biosourcés
- Emballages respirants par technologies de perforation
- Décontamination chimique de surface
- Antimigration

Groupe 2 : attractivité comprise entre 2 et 4

- Emballages avec intégrateurs temps/température
- Biopréservation
- Emballages piégeurs
- Traçabilité et RFID
- Chauffage microonde
- Emballages instrumentés par détection de microorganismes
- Emballages instrumentés par détection de traceurs

Groupe 3: attractivité inférieure ou égale à 2

- Conditionnement aseptique
- Chauffage ohmique
- Coatings minéraux technologies plasma
- Matériaux d'emballage nanochargés dans la masse
- Emballages émetteurs

Groupe 4: attractivité inférieure à 1.5

- Lumière pulsée
- Emballages à libération contrôlée de substances à effet antimicrobien
- Emballages respirants / autres technologies d'ajustement des flux et de la sélectivité O_2/CO_2
- Nouveaux matériaux d'emballages avec hautes propriétés barrières
- Coatings organiques nanochargés
- Biopréservation par les phages
- Décontamination des emballages par traitement plasma

Le groupe 1 se caractérise par **une attractivité très intéressante** à l'horizon des 10 ans. La faisabilité est strictement évaluée supérieure à 7 sur 10 et l'impact macro-économique supérieur ou égal à 4 sur 10.

Le groupe 2 est également caractérisé par **une grande faisabilité de mise en œuvre** strictement supérieur à 8 sur 10. Cependant l'impact macro-économique est moins évident et doit donc être suivi dans les années à venir.

Le groupe 3 regroupe des technologies dont **l'attractivité est plus faible** caractérisée par un impact macro-économique faible et une faisabilité de mise en œuvre de 5.

Le groupe 4 est caractérisé par une **faisabilité de mise en œuvre très faible** ce qui rend les technologies peu attractives. En effet, même si un impact macro-économique est estimé, une mise en œuvre de la technologie est nécessaire.

Les résultats obtenus ci-dessus correspondent au cas où un même coefficient est appliqué aux coûts économiques et à l'impact environnemental, hypothèse retenue du fait que l'application de coefficients n'a que peu d'impact sur les résultats.

Les autres hypothèses réalisées sont présentées en ANNEXE 3A : EVALUATION – test de coefficients.

Evaluation environnementale

Des typologies de technologie se dessinent par rapport à leur impact environnemental : 11 technologies ont globalement un impact environnemental comparable aux solutions existantes, 7 technologies présentent un impact amélioré dû à des besoins plus faibles en termes de ressources et 7 technologies affichent un impact dégradé qui s'explique par l'ajout de composant aux emballages.

5 technologies avec un impact équivalent aux solutions actuelles

Les technologies suivantes se caractérisent par une note de 0 à l'ensemble des critères.

	Quantité d'emballage additionnel	Intensité ressource par kg d'emballage	Recyclage
Emballages à libération contrôlée de substances à effet antimicrobien	**0**	**0**	**0**
Nouveaux matériaux d'emballages avec hautes propriétés barrières			
Emballages respirants par technologies de perforation			
Chauffage microonde			
Emballages minimisant en toutes conditions les phénomènes de migration			

Ces notes s'expliquent par le fait que ces technologies n'impliquent pas d'ajout de composant, nécessitent des ressources comparables aux solutions existantes et ne nécessite pas la mise en place de nouvelles filières de recyclage.

6 technologies avec un impact équivalent à l'exception d'un besoin plus important en ressources

	Quantité d'emballage additionnel	Intensité ressource par kg d'emballage	Recyclage
Biopréservation	**0**	**+1**	**0**
Biopréservation par les phages			
Matériaux d'emballage nanochargés dans la masse			
Emballages respirants / autres technologies d'ajustement des flux et de la sélectivité O_2/CO_2			
Décontamination chimique de surface			
Décontamination des emballages par traitement plasma			

Les technologies ci-dessus présentent le même profil que les technologies existantes bien qu'elles nécessitent davantage de ressources pour leur utilisation et fabrication.

7 technologies avec un impact sur l'environnement plus faible

	Quantité d'emballage additionnel	Intensité ressource par kg d'emballage	Recyclage
Emballages bio-sourcés	**0**	**-1**	**0**
Hautes pressions			
Conditionnement aseptique			
Chauffage ohmique			
Lumière pulsée			
Ionisation			

Les technologies ci-dessus nécessitent moins de ressources pour leur utilisation ou fabrication et n'impliquent ni un ajout d'emballage ni un recyclage plus complexe. Ces 6 technologies ont donc un impact amélioré en termes de ressources nécessitées.

La technologie 4.1 Technologies monocouches recyclables présente quant à elle un impact amélioré en termes de ressources et de recyclage.

8 technologies avec un impact environnemental plus important

	Quantité d'emballage additionnel	Intensité ressource par kg d'emballage	Recyclage
Coatings minéraux technologies plasma	**+1**	**+1**	**0**
Coatings organiques nanochargés			
Emballages avec intégrateurs temps/température	**+1**	**+1**	**+1**
Emballages instrumentés par détection de traceurs (oxygène, CO_2, éthylène)			
Emballages instrumentés par détection de microorganismes			
Emballages piégeurs (oxygène et composants de maturation)			
Emballages émetteurs de CO_2, emballages émetteurs d'éthanol			
Traçabilité et RFID			

2 technologies, qui sont les technologies de coatings, présentent un impact environnemental supérieur en termes de quantité d'emballage et de ressources utilisées.

6 technologies présentent un impact plus important pour tous les critères. En effet, toutes ces technologies consistent en de l'ajout d'emballage via l'intégration d'une puce ou d'un capteur. Egalement cette puce ou capteur implique que l'emballage total nécessite plus de ressources pour sa fabrication ainsi qu'un recyclage plus complexe.

Remarques

L'ajout d'emballage est encore associé à une augmentation de l'impact environnemental du couple produit-technologie.

Il est important de rappeler que les emballages représentent en moyenne 8% de l'impact environnemental du couple produit-emballage et varie de 2 à 33% suivant le type de produit. De plus, les analyses de cycle de vie n'incluent pas encore systématiquement le gaspillage. La prise en compte des pertes et gaspillage pourrait résulter en la diminution de la contribution de l'emballage à l'impact environnemental total.

Par ailleurs, il est important de rappeler que l'emballage a pour fonction de protéger le produit alimentaire et ainsi optimiser sa conservation et donc limiter le gaspillage.

Il est par conséquent intéressant de se poser la question du potentiel que l'emballage représente pour limiter les pertes et gaspillage alimentaires.
En effet, l'ajout d'emballage, si son impact sur la réduction du gaspillage est important, peut permettre de réduire l'impact environnemental total du couple produit-emballage. Des efforts de recherche devront donc être réalisés sur la détermination de l'impact d'une technologie ou d'un emballage sur la réduction du gaspillage puisqu'à l'heure actuelle aucune information n'est disponible.

L'ADEME ajoute qu'il ne faut pas trop réduire les emballages car il y a un risque de gaspillage supérieur et dans ce cas l'impact environnemental serait encore pire.

Une utilisation intelligente de l'emballage est promue : emballage additionnel si l'impact de cet ajout est significatif sur la réduction du gaspillage.

7. VOLET 5 : RECOMMANDATIONS

7.1. Introduction

Les recommandations ont été élaborées en deux étapes principales :

La première étape a consisté à formuler des recommandations par groupes de technologies à partir d'une analyse des freins et des leviers pouvant influencer la mise sur le marché des innovations. Elle a été réalisée lors d'un atelier participatif organisé le 20 mars 2014 au Ministère de l'Économie, du Redressement productif et du Numérique avec 24 représentants des pouvoirs publics, de la communauté scientifique et de l'industrie. Les technologies retenues dans l'étude ont été réparties en trois groupes selon leur degré de maturité. Pour chaque groupe, les facteurs influençant le développement des innovations et leur adoption par l'industrie agroalimentaire ont d'abord été discutés. Des actions susceptibles de stimuler la mise en œuvre des technologies par l'industrie agroalimentaire ont ensuite été identifiées dans quatre domaine : (i) législation (besoins en termes d'évaluation scientifique des risques liés aux technologies et besoins en termes d'évolution du cadre législatif et réglementaire pour permettre la commercialisation de ces nouvelles technologies), (ii) recherche (thématiques de recherche), (iii) industrie (leviers pour stimuler l'adoption des technologies par les industries agroalimentaires) et (iv) consommateur (action permettant d'informer les consommateurs).

La deuxième étape a consisté à synthétiser les résultats des travaux par groupe de technologie en formulant des recommandations couvrant l'ensemble des technologies couvertes par l'étude. L'analyse dans les différents volets (inventaire des nouvelles technologies, perception des consommateurs, impact des technologies sur la compétitivité des entreprises et évaluation de l'attractivité des technologies) a ainsi permis d'identifier cinq principaux axes de recommandation :

1 Amélioration de la connaissance sur le gaspillage alimentaire,
2 Sensibilisation des acteurs aux enjeux du gaspillage alimentaire,
3 Evaluation scientifique et adaptation du cadre réglementaire,
4 Accompagnement de la recherche,
5 Soutien à l'adoption des innovations par les industries agroalimentaires.

Au total, 17 recommandations ont été formulées. Une vue synthétique est fournie page suivante puis des « fiches actions » présentent le détail de chaque recommandation. Un plan d'action est ensuite proposé.

7.2. Vue d'ensemble des recommandations

Axe	Intitulé de la recommandation	Objectifs
1 Amélioration de la connaissance sur le gaspillage alimentaire	1.1 Estimer le volume des pertes et du gaspillage alimentaire par filière de production	Quantifier par filière de production les volumes des pertes et du gaspillage alimentaire aux différentes étapes de la chaîne de valeur (production primaire, transformation, distribution, consommateur)
	1.2 Mesurer l'impact d'une augmentation des DLC des produits périssables sur le gaspillage et sur la compétitivité des entreprises	Quantifier le lien entre une augmentation de la DLC des produits alimentaires et la réduction du gaspillage qui pourrait en résulter, identifier les produits pouvant bénéficier d'un allongement des DLC et estimer les répercussions de ces changements sur la compétitivité des industries agroalimentaires, notamment à l'export
	1.3 Assurer un suivi du gaspillage alimentaire des ménages	Charger une entité d'assurer un suivi annuel de l'évolution du gaspillage alimentaire des ménages
2 Sensibilisation des acteurs aux enjeux du gaspillage alimentaire	2.1 Informer les consommateurs sur les innovations réalisées par les industries agroalimentaires	Lancer une campagne d'information à destination du grand public sur les innovations mises en œuvre par les industries agroalimentaires pour lutter contre le gaspillage alimentaire
	2.2 Sensibiliser les consommateurs par l'innovation technologique	Encourager les industries agroalimentaires, les représentations professionnelles, les distributeurs à développer des applications permettant aux consommateurs d'obtenir plus d'informations sur les produits
	2.3 Sensibiliser par l'enseignement, et former les futurs professionnels	Sensibiliser les générations futures (futurs consommateurs) et former les futurs ingénieurs au gaspillage alimentaire
3 Evaluation scientifique et adaptation du cadre réglementaire	3.1 Evaluer l'innocuité des innovations technologiques	Etudier les migrations pour les nouveaux matériaux en contact avec les aliments et la formation de composés néoformés pour les procédés innovants.
	3.2 Actualiser et harmoniser le cadre réglementaire Novel Food	Réviser la réglementation Novel Food afin de simplifier sa mise en œuvre au niveau européen et de faciliter l'introduction de nouvelles technologies qui ont démontré leur innocuité depuis 1997(règlement en cours de révision).
	3.3 Réviser le statut réglementaire des DLC et DLUO au regard des nouvelles technologies	Etablir le statut réglementaire des indicateurs temps- température (ITT) vis-à-vis des DLC étiquettables
4 Accompagnement de la recherche	4.1 Inciter les acteurs de la recherche à inscrire la thématique du gaspillage alimentaire dans leurs priorités	Renforcer l'expertise française sur les questions du gaspillage alimentaire
	4.2 Stimuler les actions de recherche collective (de filière) sur l'ensemble des technologies minimisant le gaspillage alimentaire	Améliorer l'impact des technologies en termes de performances notamment via l'élargissement des marchés concernés
	4.3 Encourager la recherche sur l'alimentarité et la recyclabilité des nouveaux matériaux d'emballages	Identifier des solutions compétitives et durables pour des matériaux d'emballages à impact favorable sur le gaspillage
	4.4 Stimuler la recherche interdisciplinaire avec la micro-électronique et le secteur de la santé	Faire bénéficier les industries agroalimentaires des avancées technologiques dans d'autres secteurs, notamment dans le secteur de la micro-électronique (RFID, .) et de la santé (Plasma froids, .)
	4.5 Accroître la dynamique de recherche sur le gaspillage alimentaire au niveau européen	Mutualiser avec d'autres pays européens les efforts de recherche entrepris pour développer les innovations susceptibles de réduire le gaspillage alimentaire
5 Soutien à l'adoption des innovations par les IAA	5.1 Encourager les filières de production à engager des actions pour diminuer le gaspillage alimentaire	Fournir aux IAA des préconisations spécialisées et les guider dans leurs démarches d'innovation grâce à la création et la diffusion d'un livre blanc et de guides de bonnes pratiques
	5.2 Favoriser les premières mises sur le marché des innovations les plus prometteuses	Amorcer l'utilisation de nouvelles technologies ou de nouveaux emballages
	5.3 Faciliter l'accès aux innovations pour les petites entreprises	Stimuler l'acquisition et l'adoption d'innovations par un accompagnement adapté

7.3. Fiches actions

Axe 1 Amélioration de la connaissance sur le gaspillage alimentaire	
Recommandation	1.1 Estimer le volume des pertes et du gaspillage alimentaire par filière de production
Objectif	Quantifier par filière de production les volumes des pertes et du gaspillage alimentaire aux différentes étapes de la chaîne de valeur et par filière de production agro-alimentaire
Justification	La quantification des pertes et du gaspillage au niveau des filières est un préalable indispensable à la mise en œuvre et au suivi d'actions visant à réduire le gaspillage. La dernière étude d'envergure réalisée en France date de 2011 (rapport «*Pertes et gaspillage alimentaire. Marges de manœuvre et verrous au stade de la remise directe au consommateur et en restauration collective* » préparé pour le compte du Ministère de l'agriculture). L'information disponible est insuffisante, notamment au regard des efforts réalisés dans d'autres pays comme en Allemagne (quantification réalisée dans le rapport « Determination of discarded food and proposals for a minimization of food wastage in Germany", Kranert et al, 2012) ou au Royaume Uni où des études sont régulièrement publiées par le WRAP http://www.wrap.org.uk.
Moyens	L'étude pourrait être réalisée (ou financée) par l'ADEME et/ou le Ministère de l'Agriculture. L'étude pourra s'appuyer sur les définitions des pertes et du gaspillage alimentaire préparées dans le cadre du projet de recherche européen FUSIONS.
Acteurs potentiels	Soit l'ADEME et/ou Ministère de Agriculture (financement) Soit l'INRA (réalisation)
Impact attendu	La connaissance précise et actualisée des volumes des déchets dans les différentes filières et par les différents acteurs permettra de sensibiliser chaque filière agro-alimentaire aux enjeux liés à la réduction du gaspillage. L'étude mise en place dans le cadre de cette recommandation permettra de définir des indicateurs qui rendront possible un suivi de l'évolution des volumes des déchets ainsi que l'évaluation des actions de lutte contre le gaspillage.
Lien avec autres recommandations	1.3, 4.1 et 5.1
Principale limite à la mise en œuvre	Faible contrainte budgétaire
Priorité : Basse	**Date de mise en œuvre suggérée :** Court Terme

Axe 1 Amélioration de la connaissance sur le gaspillage alimentaire	
Recommandation	1.2 Mesurer l'impact d'une augmentation des DLC sur le gaspillage et sur la compétitivité des entreprises
Objectif	Quantifier le lien entre une augmentation de la DLC des produits alimentaires et la réduction du gaspillage, identifier les produits pouvant bénéficier d'un allongement des DLC et estimer les répercussions de ces changements sur la compétitivité des industries agroalimentaires.
Justification	Les résultats de la revue bibliographique ont permis d'identifier l'augmentation de la durée de conservation des produits alimentaire comme l'un des principaux leviers à disposition de l'industrie agroalimentaire pour lutter contre le gaspillage alimentaire. Si une corrélation entre la date limite de conservation des produits alimentaires périssables et les quantités gaspillées au niveau des ménages a été établie dans plusieurs études, aucune publication établissant un lien de causalité entre une augmentation de la DLC et une réduction du gaspillage alimentaire n'a pu être identifiée dans la littérature. Dans le cadre de cette étude, une enquête auprès de 68 consommateurs a été réalisée afin d'identifier l'influence de la DLC des aliments sur le comportement des consommateurs et notamment dans quelle mesure elle influence le choix des produits alimentaires. L'enquête a ainsi permis d'établir que la DLC est un paramètre majeur de la fonction de décision de consommation des consommateurs, elle-même cause de gaspillage. Des travaux complémentaires restent cependant nécessaires pour quantifier l'impact d'une augmentation de la DLC sur le gaspillage alimentaire en prenant en compte l'impact d'une augmentation de la DLC aux différents maillons de la chaîne alimentaire (notamment au niveau de la distribution) et en étudiant les arbitrages qui peuvent être effectués par les consommateurs au moment de l'achat et les conséquences d'une augmentation de la DLC sur la gestion des approvisionnements des ménages.
Moyens	Etude financée par l'ADEME ou par les interprofessions ou réalisée par un organisme de recherche ou institut technique
Acteurs potentiels	Soit l'ADEME et/ou Ministère de Agriculture et Ministère de l'Ecologie (financement) Soit ANIA, FCD et Organismes de recherche (réalisation)
Impact attendu	Inciter les filières à revoir les DLC
Lien avec autres recommandations	5.1
Principale limite à la mise en œuvre	Faible contrainte budgétaire
Priorité : Basse	**Date de mise en œuvre suggérée** : Moyen terme

Axe 1 Amélioration de la connaissance sur le gaspillage alimentaire	
Recommandation	1.3 Assurer un suivi du gaspillage alimentaire des ménages
Objectif	Charger une entité d'assurer un suivi annuel de l'évolution du gaspillage alimentaire des ménages
Justification	En l'absence de consensus sur la définition des pertes et du gaspillage alimentaire, il n'existe pas de statistique européenne sur les quantités de déchets alimentaires. Les travaux publiés permettent néanmoins d'établir que le gaspillage au niveau des ménages représente la part la plus importante du gaspillage alimentaire avec 58% du gaspillage total au Royaume Uni, 67% en France et 75% pour l'UE (source : Ministère de l'Ecologie, 2011). Mesurer l'évolution des quantités de déchets au niveau des ménages constitue donc un préalable. Au Royaume Uni, les travaux du WRAP permettent de suivre l'évolution du gaspillage au niveau des ménages. Il n'existe pas de données comparables pour la France : la dernière quantification du volume des déchets des ménages a été réalisée en 2007 par l'ADEME dans le cadre de la campagne MODECOM.
Moyens	Inciter les observatoires existants (observatoire des déchets de l'ADEME, observatoire de l'alimentation) à produire, en collaboration, des rapports annuels sur les déchets alimentaires ou intéger le gaspillage dans les études INCA de l'ANSES
Acteurs potentiels	Soit l'ADEME et/ou Ministère de l'Agriculture et Ministère de l'Ecologie (financement)
Impact attendu	Possibilité de mesurer l'efficacité des actions entreprises pour lutter contre le gaspillage au niveau des ménages.
Lien avec autres recommandations	1.1
Principale limite à la mise en œuvre	Peu de contraintes
Priorité : Basse	**Date de mise en œuvre suggérée** : Long terme

Axe 2 Sensibilisation des acteurs aux enjeux du gaspillage alimentaire	
Recommandation	2.1 Informer les consommateurs sur les innovations réalisées par les industries agroalimentaires
Objectif	Lancer une campagne d'information à destination du grand public sur les innovations mises en œuvre par les industries agroalimentaires pour lutter contre le gaspillage alimentaire
Justification	Les récents scandales alimentaires ont contribué à dégrader l'image du secteur agroalimentaire et à renforcer la méfiance des consommateurs vis-à-vis de l'industrie. Les résultats des groupes de discussions réalisés durant cette étude démontrent que les consommateurs demandent plus de transparence de la part de l'industrie. Dans un souci de transparence, il semble important que l'industrie informe les consommateurs des innovations technologiques qu'elle utilise.
Moyens	Campagne d'information lancée par l'industrie
Acteurs potentiels	Interprofessions
Impact attendu	Amélioration de la transparence sur la mise en œuvre des technologies afin de faciliter l'acceptation des innovations par les consommateurs
Lien avec autres recommandations	5.1
Principale limite à la mise en œuvre	Peu de contraintes, dépend de l'industrie
Priorité : Moyenne	**Date de mise en œuvre suggérée** : Long terme

Axe 2 Sensibilisation des acteurs aux enjeux du gaspillage alimentaire	
Recommandation	2.2 Sensibiliser les consommateurs par l'innovation technologique
Objectif	Encourager les industries agroalimentaires, les représentations professionnelles, les distributeurs à développer des applications permettant aux consommateurs d'obtenir un ensemble d'informations sur les produits, tout au long de la chaîne alimentaire grâce à la mise en place de référentiels communs et des solutions pour assurer la traçabilité (utilisation de la RFID ou du NFC).
Justification	L'un des principaux leviers de réduction du gaspillage alimentaire est d'agir sur le comportement des consommateurs. Une piste possible pour influer sur les habitudes de consommation est de faciliter l'accès à l'information sur les produits de consommation finale. Dans cette perspective, la généralisation de l'utilisation de smartphones ouvre de nouvelles possibilités en facilitant l'accès à des informations supplémentaires à celles indiquées sur les étiquettes des produits alimentaires, comme par exemple la composition des produits, leur valeur nutritionnelle, leur date limite de consommation, l'éventuel présence d'allergène etc. Le déploiement de ce type d'applications contribuera à sensibiliser les consommateurs et pourra contribuer à diminuer le gaspillage des produits de consommation finale au niveau des ménages.
Moyens	Soutien à la mise en œuvre de nouvelles applications pour smartphones / tablettes et ordinateurs
Acteurs potentiels	Interprofessions, Industries agroalimentaires, DGCIS
Impact attendu	Meilleure information notamment pour les consommateurs sur les produits alimentaires (composition, qualité nutritionnelle, présence d'allergènes …) et alertes sur les DLC ou DLUO.
Lien avec autres recommandations	1.3
Principale limite à la mise en œuvre	Contrainte budgétaire car besoin de financements
Priorité : Moyenne	**Date de mise en œuvre suggérée** : Court terme

Axe 2 Sensibilisation des acteurs aux enjeux du gaspillage alimentaire	
Recommandation	2.3 Sensibiliser par l'enseignement, et former les futurs professionnels
Objectif	Sensibiliser les générations futures (futurs consommateurs) et former les futurs ingénieurs au gaspillage alimentaire
Justification	L'information des futurs consommateurs sur l'ampleur et l'impact du gaspillage alimentaire et leur sensibilisation aux actions permet de réduire la quantité de nourriture jetée est identifié comme un levier efficace de lutte contre le gaspillage. Le Pacte National de Lutte contre le gaspillage alimentaire lancé en juin 2013 inclut une mesure relative à la formation dans les lycées agricoles et dans les écoles d'hôtellerie. Il est proposé ici d'aller plus loin en incluant la thématique du gaspillage aux programmes d'éducation à l'alimentation des écoles primaires. Par ailleurs, malgré les enjeux économiques, environnementaux et sociaux du gaspillage alimentaire, le sujet est très rarement abordé dans les cursus de formation des futurs managers du secteur agro-alimentaire. Afin de les sensibiliser à la question du gaspillage, des modules de formation adaptés doivent être développés dans les établissements d'enseignement supérieurs.
Moyens	Intégrer la thématique du gaspillage alimentaire aux programmes d'éducation à l'alimentation dans les écoles primaires (par exemple sur la gestion des températures de stockage réfrigéré et de l'approvisionnement en denrées périssables) et inscrire le gaspillage dans les référentiels de formation des établissements d'enseignement supérieur agroalimentaire.
Acteurs potentiels	Ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche et ministère de l'Agriculture
Impact attendu	Amélioration du comportement des consommateurs et renforcement des compétences des ingénieurs agroalimentaires
Lien avec autres recommandations	-
Principale limite à la mise en œuvre	Peu de contraintes
Priorité : Basse	**Date de mise en œuvre suggérée** : Court terme

Axe 3 Evaluation scientifique et adaptation du cadre réglementaire	
Recommandation	3.1 Evaluer l'innocuité des innovations technologiques
Objectif	Etudier les migrations pour les nouveaux matériaux en contact avec les aliments et la formation de composés néoformés pour les procédés innovants.
Justification	Les règlements européens 450/2009 concernant les emballages actifs et intelligents et 10/2011 concernant les matériaux de contact alimentaire encadrent la mise sur le marché des nouveaux emballages alimentaires. Le Règlement (CE) n° 258/97 relatif aux nouveaux aliments et aux nouveaux ingrédients alimentaires inclut dans son champ d'application certains aliments fabriqués avec des procédés non conventionnels en 1997. La plupart des innovations technologiques proposées dans cette étude, nécessitent la constitution de dossiers d'autorisation, notamment vis-à-vis de l'apparition et de la possible migration de NIAS (Non Intended Added Substances) à partir des emballages, ou néoformés non intentionnellement par l'utilisation de procédés innovants non conventionnels. A ce jour cette procédure est longue. Elle devrait être simplifiée suite à : - (1) la publication d'une liste de substances autorisées à entrer dans la composition des emballages actifs et/ou intelligents : lorsque cette liste positive sera disponible, seules les nouvelles substances devront faire l'objet d'une évaluation des risques. Afin de faciliter la mise en œuvre de ces évaluations, des études concernant les migrations des NIAS des nouveaux matériaux en contact avec les aliments sont nécessaires. Les matériaux concernés sont par exemple le PBS (polymère bio-sourcé à base d'acide succinique) et le PEF (polyester furanique). - (2), la reconnaissance de l'innocuité de certains procédés vis à vis de la formation de composés néoformés (voir aussi recommandation 3.2)
Moyens	Saisine de l'EFSA
Acteurs potentiels	EFSA et laboratoires publiques
Impact attendu	Lever les verrous réglementaires susceptibles de bloquer les investissements dans les innovations.
Lien avec autres recommandations	4.3, 3.2
Principale limite à la mise en œuvre	Manque de données : il sera nécessaire de réaliser une synthèse bibliographique et d'engager les laboratoires publics dans l'acquisition de nouvelles données.
Priorité : Haute	**Date de mise en œuvre suggérée** : Moyen terme

Axe 3 Evaluation scientifique et adaptation du cadre réglementaire	
Recommandation	3.2 Actualiser et harmoniser le cadre réglementaire Novel Food
Objectif	Réviser la réglementation Novel Food afin de simplifier sa mise en œuvre au niveau européen et de faciliter l'introduction de nouvelles technologies qui ont démontré leur innocuité depuis 1997.
Justification	Les écarts d'interprétations et de mise en œuvre de certaines réglementations entre les Etats Membres, comme par exemple pour la technologie des hautes pressions, peuvent entraîner des distorsions de concurrence entre pays membres de l'UE. Dans ce contexte, il semble nécessaire de réviser le Règlement (CE) n° 258/97 relatif aux nouveaux aliments et aux nouveaux ingrédients alimentaires. Notamment, il conviendrait d'intégrer le recul technique et d'évaluation sanitaire acquis par les agences d'évaluation du risque Européenne (EFSA) et Nationales (dont ANSES) depuis 1997 sur les différentes technologies innovantes de conservation, afin de réviser le champ d'application du règlement pour certains types d'aliments / technologies ayant démontré leur innocuité. Les innovations couvertes par l'étude et concernées a priori par cette réglementation Novel Food sont principalement les hautes pressions et la lumière pulsée.
Moyens	Lobbying au niveau européen (DG SANCO, Parlement et Conseil) et auprès des Etats Membres
Acteurs potentiels	DGCCRF, ANIA
Impact attendu	Diminuer le délai d'autorisation Novel Food
Lien avec autres recommandations	3.1, 5.2 et 5.3
Principale limite à la mise en œuvre	La coordination de l'action des différents états membres peut être difficile, l'industrie doit s'emparer de cette recommandation.
Priorité : Haute	**Date de mise en œuvre suggérée** : Moyen terme

Axe 3 Evaluation scientifique et adaptation du cadre réglementaire	
Recommandation	3.3 Réviser le statut réglementaire des DLC et DLUO au regard des nouvelles technologies
Objectif	Etablir le statut réglementaire des indicateurs temps - température (ITT) vis-à-vis des DLC et DLUO.
Justification	Les emballages intelligents fournissent une indication sur la fraîcheur des produits (emballages instrumentés par détection de traceurs ou de micro-organismes, Indicateurs Temps Température, puces RFID). Dans des pays comme le Japon où le concept d'emballage intelligent a été très largement développé, une diminution du gaspillage alimentaire a été observée, avec notamment une pleine intégration des outils par les consommateurs. L'information apportée par ces innovations est susceptible d'être en contradiction avec la DLC ou la DLUO indiquée sur les étiquettes des produits : la situation actuelle, qui consiste à superposer les informations de DLC ou de DLUO à d'autres informations de qualité de produits, est source de confusion. Le statut réglementaire des indicateurs temps - température (ITT) par rapport aux indications de DLC doit être clarifié pour permettre un développement de ce type de technologies.
Moyens	Nouvelle réglementation portant sur les ITT
Acteurs potentiels	DGCCRF, DGAL
Impact attendu	Adapter la réglementation aux évolutions technologiques
Lien avec autres recommandations	5.2
Principale limite à la mise en œuvre	Peu de contraintes.
Priorité : Haute	**Date de mise en œuvre suggérée** : Moyen terme

Axe 4 Accompagnement de la recherche	
Recommandation	4.1 Inciter les acteurs de la recherche à inscrire la thématique du gaspillage alimentaire dans leurs priorités de recherche
Objectif	Renforcer l'expertise française sur les questions du gaspillage alimentaire
Justification	Le gaspillage alimentaire n'est pas suffisamment identifié comme une priorité de recherche. L'étude a mis en lumière un très grand décalage entre les enjeux du gaspillage alimentaire et les efforts de recherche entrepris au niveau national. La France semble également en retard par rapport à d'autres pays comme le Royaume-Uni où des travaux d'expertise sur le gaspillage alimentaires sont régulièrement publiés par le WRAP. D'autres pays comme l'Allemagne ont réalisé des études plus ponctuelles.
Moyens	Intégration du gaspillage dans les contrats d'objectifs et de performance des organismes de recherche sous tutelle des ministères. Organisation de conférences scientifiques sur le gaspillage alimentaire
Acteurs potentiels	Ministère de l'Agriculture, Ministère de la Recherche, ANR, Organismes de recherche, enseignement supérieur, FFAS
Impact attendu	Intensification de l'effort de recherche national
Lien avec autres recommandations	4.2, 4.3 et 4.4
Principale limite à la mise en œuvre	Aucune
Priorité : Moyenne	**Date de mise en œuvre suggérée** : Court terme

Axe 4 Accompagnement de la recherche	
Recommandation	4.2 Stimuler les actions de recherche collective sur l'ensemble des technologies minimisant le gaspillage alimentaire
Objectif	Améliorer l'impact des technologies en termes de performance, et notamment via l'élargissement des marchés concernés.
Justification	Le dispositif français d'accompagnement à la R&D propose des outils de soutien à la recherche pour les entreprises (aides BPI et DGCIS, FUI), pour la recherche académique (projets ANR). Il n'existe pas d'outil pour réaliser des travaux au niveau de groupes d'entreprises. Dans le cadre du FP6 et du FP7, l'Union Européenne avait instauré un outil de soutien à la recherche pour ce type de projet de recherche. Ce type de projet n'a pas été repris dans le nouveau programme cadre européen Horizon 2020 et il n'existe pas d'équivalent au niveau national. Le besoin de pouvoir réaliser des travaux de R&D selon une approche filière, c'est-à-dire au stade précompétitif subsiste cependant. Ce type d'instrument est particulièrement adapté pour la recherche dans le domaine des emballages.
Moyens	Nouveaux outils de financement de la recherche inspiré de l'instrument « recherche pour associations de PME » du FP7 en complément des appels FUI et des appels à projets «filière ». Création d'une UMT sur les innovations technologiques et le gaspillage alimentaire.
Acteurs potentiels	Ministère de la Recherche et de l'Enseignement supérieur, DGCIS, Ministère de l'Agriculture
Impact attendu	Renforcer la compétitivité de filières (versus compétitivité d'entreprises individuelles)
Lien avec autres recommandations	4.3 et 4.4
Principale limite à la mise en œuvre	Contraintes importantes dans un contexte de réduction des dépenses publiques.
Priorité : Basse	**Date de mise en œuvre suggérée** : Moyen terme

Axe 4 Accompagnement de la recherche	
Recommandation	4.3 Encourager la recherche sur l'alimentarité et la recyclabilité des nouveaux matériaux d'emballages alimentaires à fort impact sur le gaspillage
Objectif	Identifier des solutions compétitives et durables pour des matériaux d'emballages à impact favorable sur le gaspillage.
Justification	L'alimentarité et la recyclabilité des matériaux d'emballage constituent un verrou technico-économique à la mise en œuvre de certaines innovations technologiques retenues dans cette étude. Pour lever ce verrou, des efforts de recherche doivent être réalisés pour améliorer la connaissance sur la possible toxicité des matériaux d'emballages et les migrations des NIAS (Non Intended Added Substance). D'autre part, l'étude de la recyclabilité des nouveaux emballages (nouveaux matériaux et emballages instrumentés) est nécessaire pour diminuer l'impact environnemental lié à l'utilisation de ces innovations dans les emballages.
Moyens	Inscrire les thématiques de la recyclabilité et de l'alimentarité des nouveaux emballages dans les appels à projets de l'ANR, de l'ADEME, FFAS.
Acteurs potentiels	ANR, ADEME, FFAS
Impact attendu	Lever les verrous (techniques, économiques, et environnementaux) susceptibles de bloquer le développement d'innovations intéressantes
Lien avec autres recommandations	3.1
Principale limite à la mise en œuvre	Peu de contraintes dans la mesure où le dispositif d'appel à projets est déjà en place.
Priorité : Haute	**Date de mise en œuvre suggérée** : Moyen terme

Axe 4 Accompagnement de la recherche	
Recommandation	4.4 Stimuler la recherche interdisciplinaire et la co-innovation entre la micro-électronique, l'agroalimentaire, et le secteur de la santé
Objectif	Faire bénéficier les industries agroalimentaires des avancées technologiques d'autres secteurs, notamment dans le secteur de la micro-électronique (RFID, …) et de la santé
Justification	Les emballages instrumentés présentent un potentiel intéressant pour contribuer à la diminution du gaspillage alimentaire. Les innovations dans ce domaine peuvent bénéficier des avancées déjà réalisées dans d'autres domaines technologiques (par exemple la micro-électronique) et d'autres secteurs d'application (principalement la santé). Des transferts technologiques entre ces secteurs et l'agroalimentaire doivent être encouragés, notamment en stimulant les interactions entre les acteurs de la recherche, comme avec le pôle MINATEC à Grenoble. D'autre part, la décontamination des emballages par traitement plasma, est principalement appliquée industriellement dans le domaine médical hospitalier pour la stérilisation d'instruments fragiles. La France est leader sur cette technologie. Le transfert de cette technologie du biomédical à l'agroalimentaire pour des effets d'aseptisation des emballages présente donc de bonnes perspectives, notamment dans le cadre d'un conditionnement aseptique. Enfin, les technologies comme la lumière pulsée, l'ionisation et la décontamination des emballages par traitement plasma sont déjà utilisées dans le domaine biomédical avec des contraintes de sécurité sanitaire plus importantes. Un transfert de technologie vers l'agroalimentaire doit être encouragé.
Moyens	Création d'un cluster de pôles technologiques suite à un appel à projets dédié (sur le modèle de France GREEN PLASTIC). Pôles concernés : Minatec, Plastipolis, Valorial, Lyon Biopole
Acteurs potentiels	DGCIS, Pôles de compétitivité
Impact attendu	Assurer un leadership français dans le développement d'emballages intelligents et de la décontamination des emballages par traitement plasma.
Lien avec autres recommandations	5.2
Principale limite à la mise en œuvre	Peu de contraintes dans la mesure où le cluster est créé sous l'impulsion de la DGCIS.
Priorité : Moyenne	**Date de mise en œuvre suggérée** : Moyen terme

Axe 4 Accompagnement de la recherche	
Recommandation	4.5 Accroitre la dynamique de recherche sur le gaspillage alimentaire au niveau européen
Objectif	Mutualiser avec d'autres pays européens les efforts de recherche entrepris pour développer les innovations susceptibles de réduire le gaspillage alimentaire.
Justification	L'effort de recherche sur le gaspillage alimentaire au niveau national devrait être renforcé dans les années à venir. Une mutualisation de cet effort avec d'autres pays européens stimulera le partage de connaissances entre les équipes de recherche et permettra d'augmenter les possibilités de financement des travaux de recherche.
Moyens	Inciter la DG Agriculture à prendre en compte le gaspillage alimentaire dans le cadre du Partenariat Européen pour l'Innovation (PEI). Inciter la DG Recherche et Innovation à continuer à financer des projets sur le gaspillage dans le cadre d'Horizon 2020. Renforcer le volet gaspillage dans l'ERANET SUSFOOD.
Acteurs potentiels	Ministère de l'Agriculture, Ministère de la Recherche, Organismes de recherche et alliances.
Impact attendu	Effet levier pour le financement de la recherche
Lien avec autres recommandations	4.1
Principale limite à la mise en œuvre	Peu de contraintes mais besoin d'inciter les autres États membres à soutenir ces initiatives auprès de la Commission Européenne.
Priorité : Moyenne	**Date de mise en œuvre suggérée** : Court terme

Axe 5 Soutien à l'adoption des innovations par les industries agroalimentaires	
Recommandation	5.1 Encourager les filières de production à engager des actions pour diminuer le gaspillage alimentaire
Objectif	Fournir aux industries agroalimentaires des préconisations spécialisées et les guider dans leurs démarches d'innovation grâce à la création et la diffusion d'un livre blanc et de guides de bonnes pratiques
Justification	Une boîte à outil visant à guider les entreprises agroalimentaires dans la mise en œuvre d'actions visant à diminuer les déchets alimentaires a été développée par l'association Européenne FoodDrinkEurope. Pour le moment, il n'existe pas de déclinaison au niveau national de cette initiative. Les informations contenues dans notre rapport pourraient être utilisées pour aller plus loin en développant des recommandations pour chaque filière de production. Une approche par filière devrait permettre d'atteindre plus facilement les PME concernées.
Moyens	Utiliser le contenu technique du présent rapport PIPAME comme base à la rédaction de guides pratiques à destination des industriels et PME. Réalisation d'un livre blanc interprofessions par l'ANIA. Charger l'ACTIA de coordonner la rédaction des guides de bonnes pratiques par filière.
Acteurs potentiels	ANIA et interprofessions, ACTIA, CTI, organismes de recherche et enseignement supérieur
Impact attendu	Augmentation des actions entreprises par les industries agroalimentaires pour lutter contre le gaspillage alimentaire
Lien avec autres recommandations	1.1
Principale limite à la mise en œuvre	Peu de contraintes pour la déclinaison au niveau national de l'initiative européenne « Every Crumb Count ». Faible contrainte budgétaire pour la rédaction des guides de bonnes pratiques par filière.
Priorité : Moyenne	**Date de mise en œuvre suggérée** : Court terme

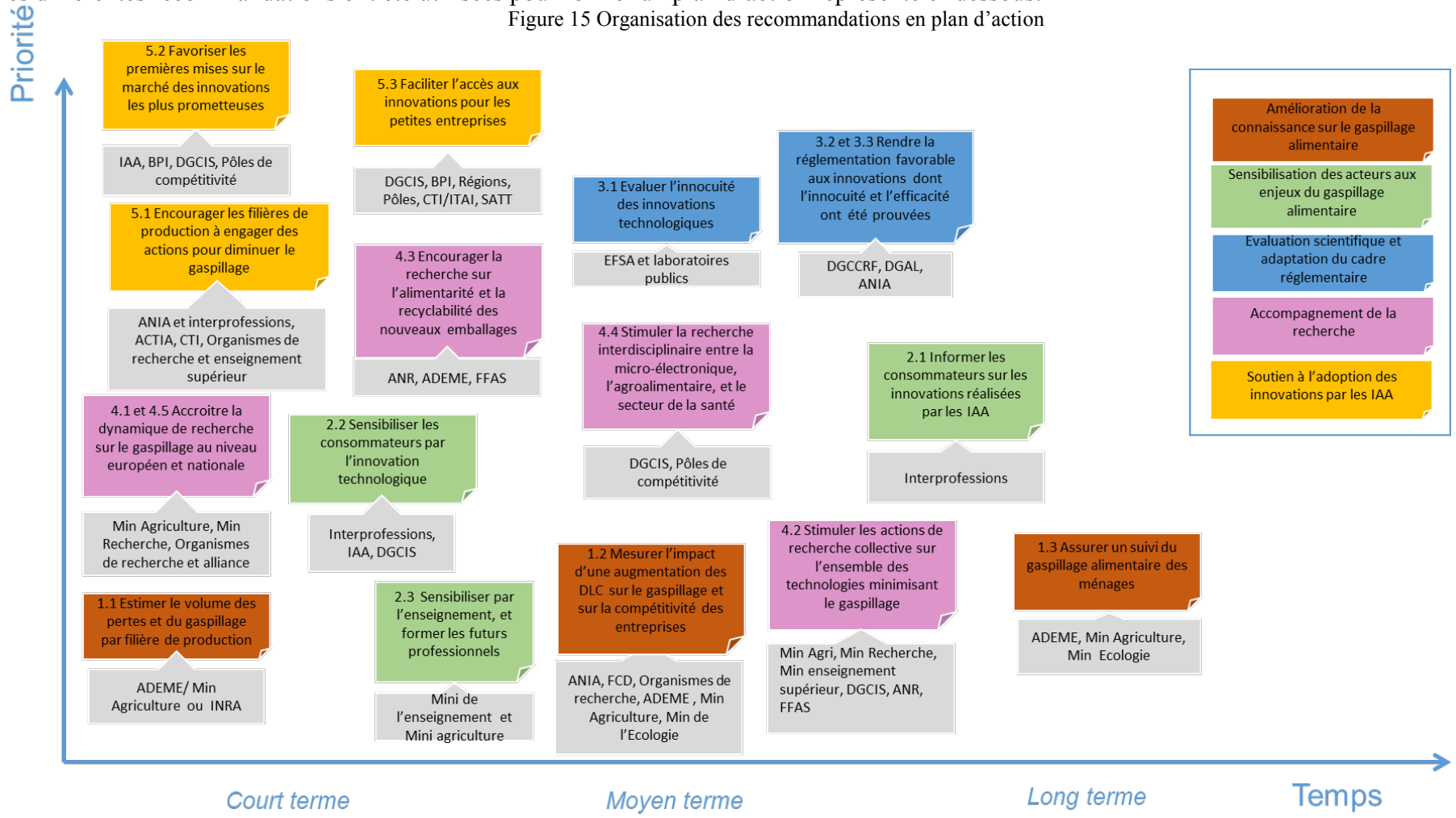
Axe 5 Soutien à l'adoption des innovations par les industries agroalimentaires	
Recommandation	5.2 Favoriser les premières mises sur le marché des innovations les plus prometteuses
Objectif	Amorcer l'utilisation de nouvelles technologies ou de nouveaux emballages.
Justification	Treize technologies innovantes ont été jugées prometteuses par l'évaluation de l'étude. Elles nécessitent un soutien financier (recherche et investissement) pour poursuivre leur développement et leur mise sur le marché. • Monocouche recyclables • Emballages biosourcés • Haute pression • Antimigration • Emballages respirants par technologies de perforation • Biopréservation • Emballages instrumentés par détection de microorganismes • Emballages avec intégrateurs temps/température • Décontamination chimique de surface • Emballages piégeurs • Chauffage microonde • Traçabilité et RFID • Emballages instrumentés par détection de traceurs
Moyens	Soutien à l'investissement par la BPI, ou par la DGCIS (programmes investissement d'avenir, prêts à l'industrialisation), crédit impôt innovation ou recherche
Acteurs potentiels	Industries agroalimentaires, BPI, DGCIS, Pôles de compétitivité
Impact attendu	Entraîner la diffusion des technologies les plus prometteuses
Lien avec autres recommandations	4.2, 4.3, 4.4
Principale limite à la mise en œuvre	Peu de contraintes dans la mesure où le dispositif d'aides est déjà en place.
Priorité : Haute	**Date de mise en œuvre suggérée** : Court terme

Axe 5 Soutien à l'adoption des innovations par les industries agroalimentaires	
Recommandation	5.3 Faciliter l'accès aux innovations pour les petites entreprises
Objectif	Stimuler l'acquisition et l'adoption d'innovations par un accompagnement adapté
Justification	Les PME et TPE n'ont souvent pas assez de moyens pour tester les innovations technologiques par leur propre moyen. L'adoption des technologies par ces entreprises doit être favorisée, par exemple en leur facilitant l'accès à des démonstrateurs ou des plateformes de service leur permettant de découvrir et tester ces innovations. Des solutions de soutiens individuels et collectifs sont également nécessaires pour faciliter l'accès aux innovations par un grand nombre d'entreprises. Les principales technologies concernées par cette mesure sont par exemple les hautes pressions et le chauffage microonde, la biopréservation, la décontamination chimique de surface ou les emballages respirants par technologies de perforation et les emballages piégeurs.
Moyens	- Aide au développement de plateformes de services pour réaliser des productions test (par exemple soutien des régions et de l'État au projet de construction du démonstrateur Haute Pression en Pays de Loire) - Mise en œuvre d'actions collectives au niveau régional - Aides BPI
Acteurs potentiels	DGCIS, BPI, Régions, Pôles, CTI/ITAI, SATT
Impact attendu	Permettre aux PME et TPE innovantes de bénéficier des s'approprier les avancées technologiques
Lien avec autres recommandations	5.2
Principale limite à la mise en œuvre	Peu de contraintes dans la mesure où le dispositif d'aides est déjà en place.
Priorité : Haute	**Date de mise en œuvre suggérée** : Court terme

7.4. Plan d'actions

Les différentes recommandations ont été utilisées pour former un plan d'action représenté ci-dessous.

Figure 15 Organisation des recommandations en plan d'action



8. CONCLUSION

Cette étude est la première analyse d'envergure sur la possible contribution des innovations technologiques à la réduction du gaspillage alimentaire. Au regard des enjeux du gaspillage alimentaire, il est surprenant que la thématique soit si peu prise en compte dans la recherche au niveau national et européen. Le rapport permet d'identifier des pistes pour améliorer cette situation et augmenter l'effort de recherche en fournissant des recommandations destinées aux différents acteurs de l'innovation agroalimentaire :

- Pour les différents acteurs de l'industrie agroalimentaire, le rapport présente une revue détaillée de 26 innovations technologiques dans le domaine des emballages et des technologies de conservation des aliments, avec une analyse de l'acceptation des consommateurs ainsi qu'une revue des différents facteurs (techniques, économiques, environnementaux, réglementaires) susceptibles d'influencer leur mise sur le marché. Ces informations constituent une base de connaissances pouvant aider à la réflexion sur la mise en œuvre des innovations technologiques au sein des entreprises. Plusieurs recommandations s'adressent directement aux représentants des industries agro-alimentaires. L'ANIA est encouragée à mobiliser les entreprises du secteur agroalimentaire, par exemple en mettant en œuvre une déclinaison au niveau national de l'initiative « *Every Crumb Count* » : les informations de ce rapport constituent une base intéressante pour décliner les mesures et adapter la « boîte à outils» à destination des entreprises.

- Pour la communauté scientifique, le message principal est qu'il est urgent de prendre en compte le gaspillage alimentaire dans les priorités de recherche. Ce rapport met en effet en lumière un très grand décalage entre la volonté politique exprimée au niveau européen et national de réduire le gaspillage alimentaire, et l'effort de recherche. Les effets du gaspillage alimentaire sur l'environnement appellent également à une plus grande mobilisation de la communauté scientifique. Tous les acteurs de la recherche (enseignement supérieur, organismes de recherche, CTI/ITAI, pôles de compétitivités etc.) sont concernés. Le rapport identifie les thématiques prioritaires et proposent des actions pour renforcer les activités de la communauté scientifique comme par exemple l'intégration du gaspillage dans les contrats d'objectifs et de performances des organismes de recherche sous tutelle des ministères.

- Enfin, pour les pouvoirs publics, l'étude identifie plusieurs pistes d'actions permettant de stimuler et d'accompagner les efforts du secteur privé et public. La première étape est de combler le retard observé avec d'autres pays comme le Royaume-Uni en améliorant la connaissance sur le gaspillage alimentaire. L'analyse du contexte législatif ayant permis d'identifier différents verrous susceptibles de bloquer les investissements dans les innovations, des adaptations du cadre réglementaire sont proposées avec notamment une révision, vers une simplification, de la réglementation Novel Food et la mise en place d'une nouvelle réglementation portant sur les des Intégrateurs Temps- Température (ITT). Plusieurs actions sont proposées pour accompagner la recherche, avec notamment une plus grande prise en compte des thématiques de la recyclabilité et de l'alimentarité des nouveaux emballages. Enfin, le soutien à l'adoption des innovations les plus prometteuses est encouragé à travers des aides à l'investissement par la BPI ou par la DGCIS à destination des équipementiers et des industries agroalimentaires, et à travers l'accompagnement des industriels dans leurs démarches d'innovation.

9. ANNEXE 1 ETUDE CONSOMMATEUR SUR LES DLC

9.1. Introduction

L'objectif de l'étude « *Les innovations technologiques, leviers de réduction du gaspillage dans le secteur agroalimentaire* » est de proposer un cadre d'action publique pour soutenir les innovations technologiques pouvant être mises en œuvre par l'industrie agroalimentaire française et susceptibles de diminuer le gaspillage alimentaire.

L'étude se concentre principalement sur les innovations technologiques qui permettent d'améliorer les produits alimentaires à travers une meilleure conservation de leur fraîcheur, une prolongation de leur durée de conservation et une amélioration de leur qualité nutritionnelle. Le périmètre de l'étude regroupe ainsi de nouvelles technologies d'aseptisation des produits alimentaires (haute pression, chauffage ohmique, conditionnement aseptiques etc.), ainsi que des innovations dans le domaine des emballages alimentaires (nouveaux matériaux et emballages actifs ou intelligents).

Si la prolongation de la conservation des aliments et le maintien de leur fraîcheur sont identifiées comme un levier permettant de réduire le gaspillage dans plusieurs articles scientifiques (Bond et al. 2013, Quested et al. 2011, Lipinski et al. 2013), aucune étude établissant un lien de causalité entre une augmentation de la Date Limite de Consommation (DLC) et une réduction du gaspillage alimentaire n'a pu être identifiée dans la littérature.

L'objectif de cette enquête est d'étudier l'influence de la DLC des aliments sur le comportement des consommateurs vis-à-vis du gaspillage alimentaire. Cette enquête est réalisée afin de valider la pertinence du périmètre de l'étude : la plupart des technologies retenues dans le cadre de l'étude permettant d'augmenter la durée de conservation des aliments, il est indispensable d'établir de manière objective un lien de causalité entre l'augmentation de la DLC des produits alimentaires et la réduction du gaspillage.

9.2. Méthodologie

Des travaux précédents ont permis d'établir une corrélation entre la date limite de conservation des produits alimentaires et les quantités gaspillées au niveau des ménages. Les produits les plus gaspillés par les consommateurs sont ceux qui se conservent le moins : l'enquête quantitative menée par le FNE et PikPik Environnement en France en 2012 (FNE, 2011) indique que plus des trois quart des aliments les plus gaspillés sont les produits frais. Une enquête réalisée par la TNS Sofres en 2012 indique par ailleurs que la DLC est une cause majeure de rejet d'un produit : 78% des Français déclarent savoir que cette date n'est qu'informative mais en pratique, 55% des personnes interrogées déclarent jeter directement le produit lorsque la DLC est dépassée. D'après cette étude, la DLC est la deuxième cause de rejet après l'aspect du produit.

Si une corrélation entre durée de conservation des produits et gaspillage alimentaire paraît ainsi bien établie, les liens de causalité entre augmentation de la DLC et gaspillage nécessitent une étude plus approfondie. Afin d'étudier ces liens éventuels, trois constats simples peuvent être établis :

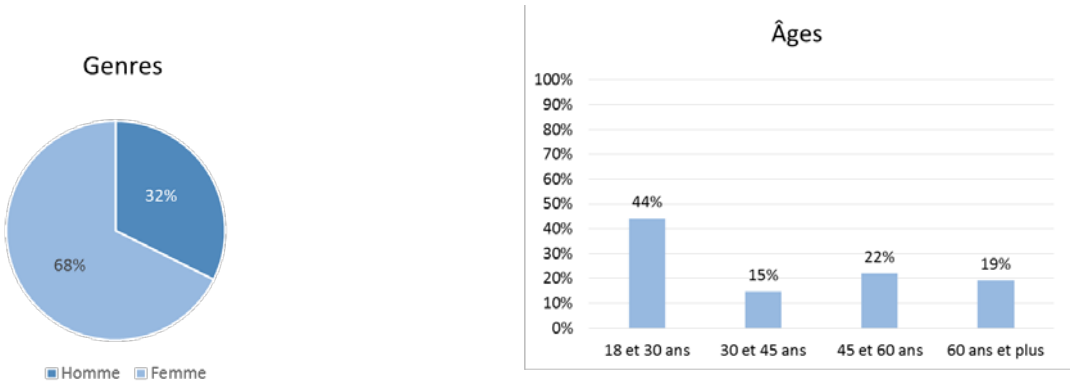
i. Si un consommateur jette un produit parce que sa DLC est dépassée, cela signifie qu'il a préféré consommer d'autres produits dans les jours précédents la DLC du premier ;

ii. Ceci implique que la DLC n'est pas le seul paramètre pris en compte dans la fonction de décision du consommateur ;
iii. Parmi les autres paramètres pouvant jouer, le plus évident semble être les préférences du consommateur.

Par la suite, on simplifiera la fonction de décision du consommateur en supposant que seuls deux paramètres entrent en compte : l'un rationnel, la DLC, l'autre plus irrationnel, les préférences.

L'étude vise ainsi à estimer l'importance de la DLC et des préférences des consommateurs dans la fonction de choix des produits alimentaires. L'étude concerne uniquement la consommation finale des ménages : l'impact d'une prolongation de la durée de conservation des produits au niveau de la production, de la distribution ou de la restauration hors foyer (RHF) n'est pas couvert par cette analyse.

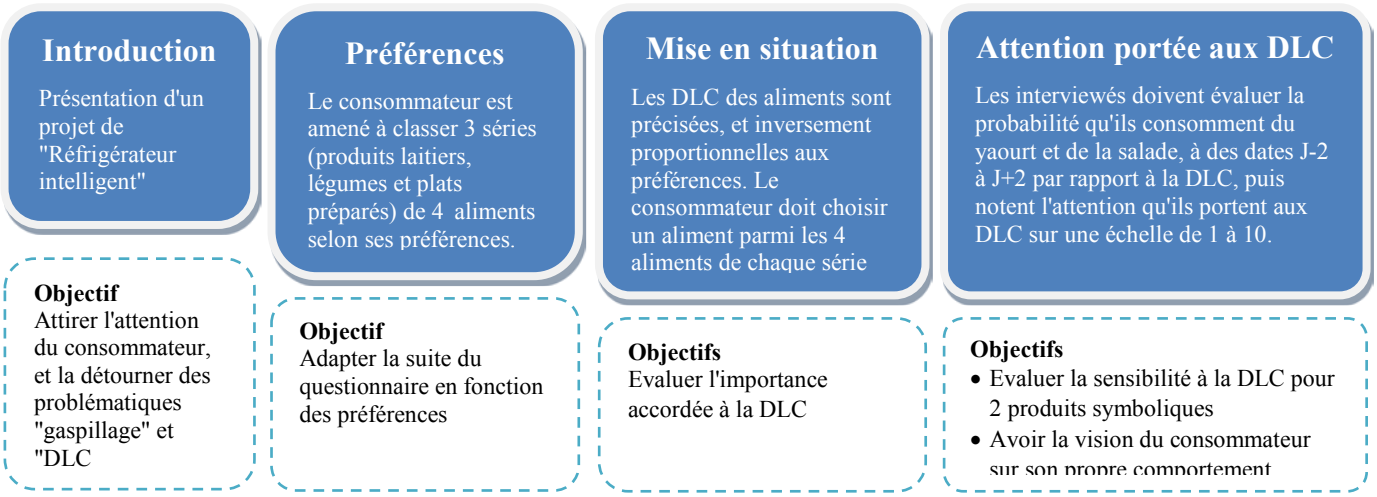
L'enquête s'est déroulée entre le 25 novembre et le 11 décembre 2013 sur la base d'un questionnaire en ligne qui a été soumis à 68 personnes sans distinction de catégories socio-professionnelles. Toutes les personnes interrogées ont en commun de gérer l'approvisionnement en aliments au sein de leur foyer. La répartition en âge et en genre des participants est représentée dans la figure 1 ci-dessous.



Graphique 6 Répartition de l'échantillon de 68 personnes en genre et en âge

Le questionnaire est divisé en quatre parties, résumées dans le schéma ci-dessous.

Graphique 7 : organisation de l'enquête



Un questionnaire en ligne hébergé par la plateforme Qualtrics[53] a été utilisé pour permettre une mise en situation des personnes interrogées. Afin de détourner l'attention des participants de la problématique « gaspillage et DLC », l'introduction au sondage portait sur la présentation d'un projet fictif sur le développement d'un réfrigérateur intelligent.

La première partie du questionnaire porte sur les préférences alimentaires : le consommateur est amené à classer 4 types de plats préparés, de légumes et de produits laitiers en fonction de ses préférences. L'objectif est d'adapter la suite du questionnaire en fonction des préférences sur les trois catégories de produits : produits laitiers, légumes et plats préparés.

Dans la seconde partie de l'enquête, le consommateur est mis en situation dans différents scénarios. Les DLC des aliments sont précisées aux répondants. Elles sont inversement proportionnelles aux préférences déclarées à la première question (i.e. le produit le plus apprécié a la DLC la plus lointaine). Le consommateur est ensuite invité à choisir un aliment parmi les 4 aliments de chaque série. Il doit ainsi arbitrer entre un aliment qu'il préfère alors que le produit a une durée de vie encore importante et un produit qu'il aime moins mais qui est proche de la date limite de consommation. La valeur nutritionnelle des aliments est précisée, afin que ce critère ne biaise pas le choix des consommateurs qui doit se faire uniquement en fonction de la DLC. L'objectif de cette étape est d'évaluer l'importance accordée à la DLC dans le choix des aliments par les consommateurs.

La troisième partie du questionnaire porte sur l'attention portée aux DLC : les interviewés doivent évaluer la probabilité qu'ils consomment du yaourt et de la salade à des dates Jour -2 à Jour +2 par rapport à la DLC. Ils sont ensuite invités à noter l'attention qu'ils portent aux DLC sur une échelle de 1 à 10. Le répondant doit également préciser son genre et sa catégorie d'âge à cette étape. Cette partie a trois objectifs : (i) évaluer la sensibilité à la DLC pour deux produits symboliques, (ii) avoir la vision du consommateur sur son propre comportement et (iii) confronter ces résultats avec la mise en situation précédente.

[53]Qualtrics est une plateforme de création et de soumission de questionnaires personnalisés en ligne, http://qualtrics.com/

9.3. Résultats

9.3.1. Comportements par rapport à la mise en situation : préférences ou DLC ?

Les résultats de l'enquête révèlent que lorsque les consommateurs ont le choix entre quatre aliments et que l'aliment qu'ils apprécient le moins est celui qui périme le plus tôt, **49%** d'entre eux choisissent ce produit. En d'autres termes, 49% des interviewés choisissent le produit qui périme le plus vite, même s'il est le moins apprécié parmi les 4 proposés.

Tableau 12 Choix de consommation avec 4 produits, DLC inversement proportionnelles aux préférences déclarées

% des répondants	Choix 1	Choix 2	Choix 3	Choix 4
Produits laitiers	18%	12%	22%	49%
Légumes	19%	19%	18%	44%
Plats préparés	15%	12%	21%	53%
Moyenne	17%	14%	20%	49%

Cette tendance s'accentue lorsque le choix doit se faire entre deux produits uniquement. Lorsque le répondant peut choisir entre le 1er produit (aliment préféré, DLC la plus lointaine) et le 4ème produit, (aliment qu'ils aiment le moins, DLC la plus proche), 65% des répondants choisissent alors le produit le moins apprécié.

Tableau 13 Choix de consommation avec 2 produits, DLC inversement proportionnelles aux préférences déclarées

% des répondants	Choix 1	Choix 4
Produits laitiers	37%	63%
Légumes	28%	72%
Plats préparés	37%	63%
Moyenne	34%	66%

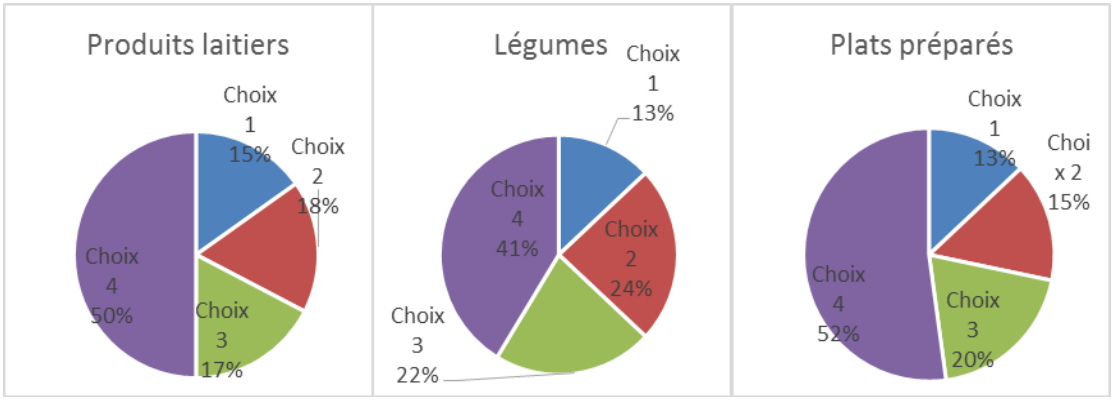
Les résultats pour les trois catégories de produits retenus dans cette enquête sont très proches. Les choix de consommation avec 4 produits donnent les résultats suivants[54] :

- Environ **55%** des personnes choisissent le plat préparé à DLC la plus courte
- Environ **45%** des personnes choisissent le légume à DLC la plus courte
- Environ **50%** des personnes choisissent le produit laitier à DLC la plus courte

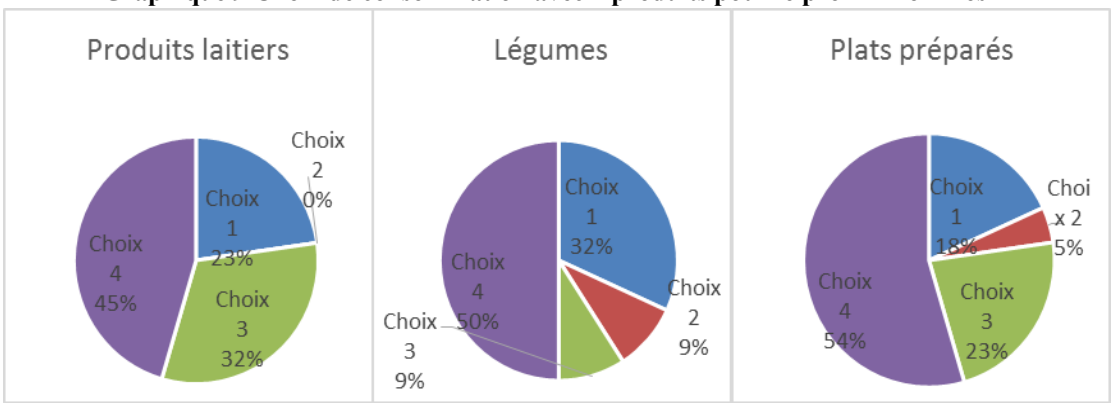
A quelques exceptions près (notamment pour la tranche d'âge 30-45 ans), tous les groupes de consommateurs partagent les mêmes comportements de consommation. Les graphiques suivants donnent le détail des résultats par genre et catégorie d'âge.

[54] Ces moyennes varient de +/-5% selon les profils.

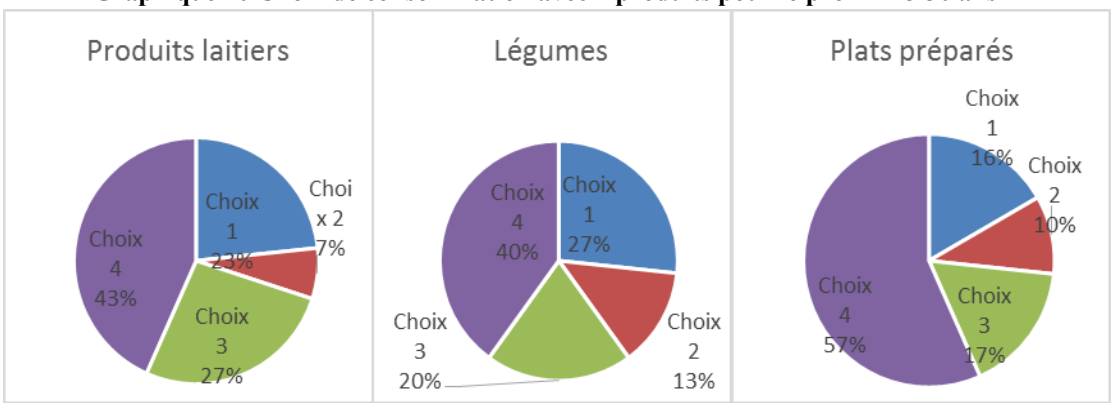
Graphique 8 Choix de consommation avec 4 produits pour le profil « femmes »



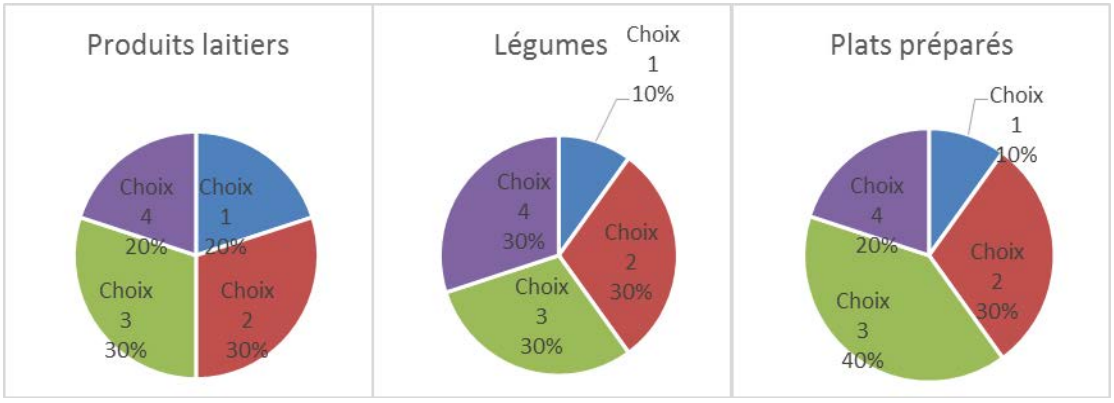
Graphique 9 Choix de consommation avec 4 produits pour le profil « hommes »



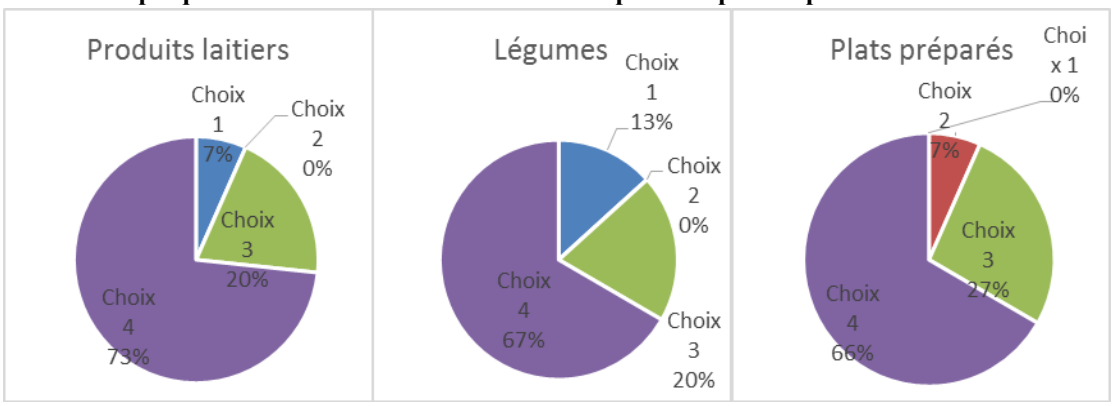
Graphique 10 Choix de consommation avec 4 produits pour le profil «18-30 ans »



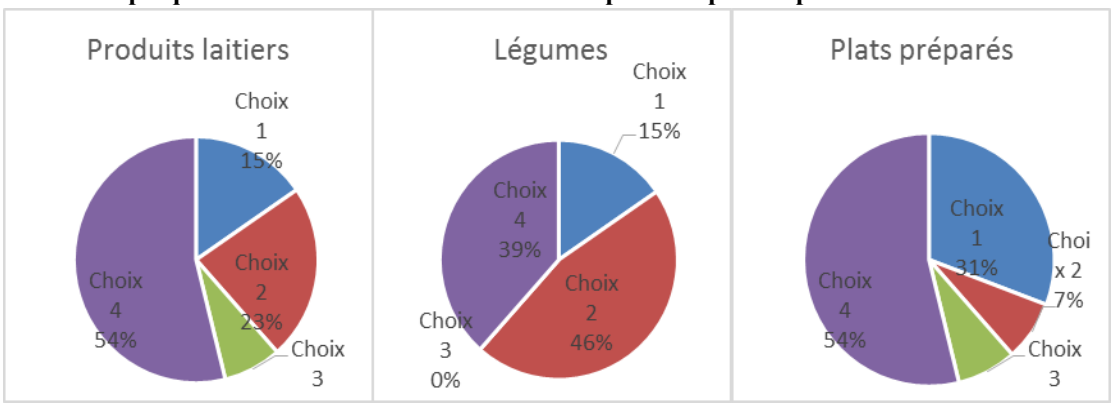
Graphique 11 Choix de consommation avec 4 produits pour le profil « 30-45 ans »



Graphique 12 Choix de consommation avec 4 produits pour le profil «45-60 ans »



Graphique 13 Choix de consommation avec 4 produits pour le profil «+ de 60 ans »



Ces tendances observées avec quatre produits ont ensuite été confirmées avec seulement deux produits. Les consommateurs ont en effet été mis face à une situation de « réfrigérateur quasiment vide », avec seulement deux options pour chaque catégorie d'aliments : (i) le produit qu'ils préfèrent, à péremption lointaine ; ou (ii) le produit qu'ils aiment le moins, à péremption imminente. Ils sont alors 65% en moyenne à avoir préféré le produit à DLC la plus courte. Ceci non seulement confirme les précédentes tendances, mais laisse entendre qu'elles se vérifient d'autant plus lorsque les choix se réduisent.

9.3.2. Sensibilité déclarée à la DLC

En moyenne, les consommateurs ont évalué leur sensibilité à la DLC à **6,4/10**. Les femmes se déclarent bien plus sensibles à la DLC que les hommes : en moyenne, elles ont évalué leur sensibilité à 7.2/10 contre 4.7/10 pour les hommes.

Les résultats de l'enquête indiquent également une augmentation de la sensibilité à la DLC semble augmenter avec l'âge.

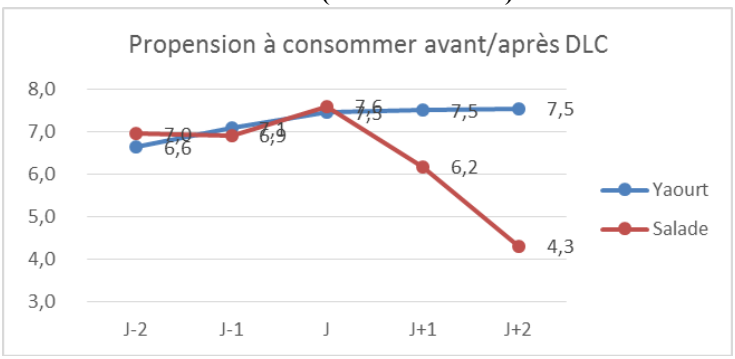
Tableau 2 Indice de sensibilité à la DLC par tranche d'âge

18-30 ans	30-45 ans	**Moyenne**	45-60 ans	+ de 60 ans
5,8/10	5,9/10	**6,4/10**	6,9/10	7,5/10

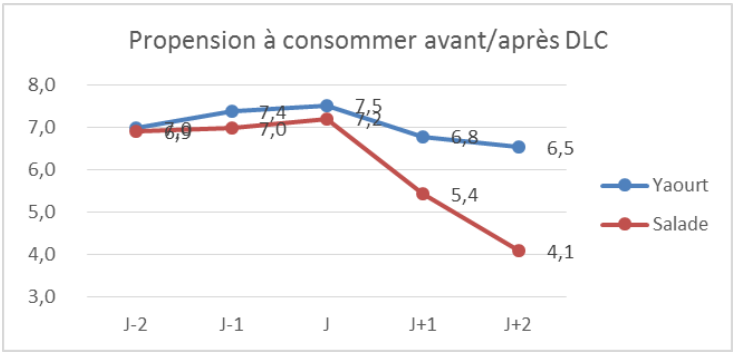
9.3.3. Comportements vis-à-vis des produits ayant dépassé la DLC

La dernière partie du questionnaire permet d'évaluer la probabilité que les répondants consomment deux produits alimentaires (yaourt et salade) à des dates Jour -2 à Jour +2 par rapport à la DLC. Les résultats indiquent que la probabilité de consommation – notée de 0 à 10 – chute rapidement une fois la date dépassée.

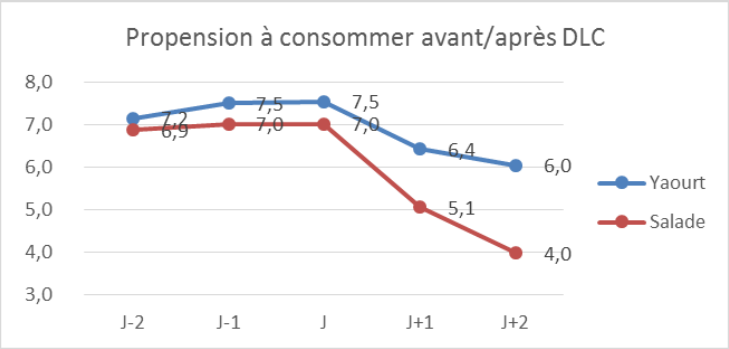
Graphique 14 Probabilité de consommation du yaourt et de ma salade avant/après la DLC – résultats pour les hommes (indice de 1 à 10)



Graphique 15 Probabilité de consommation du yaourt et de ma salade avant/après la DLC – moyenne hommes-femmes (indice de 1 à 10)



Graphique 16 Probabilité de consommation du yaourt et de ma salade avant/après la DLC – résultats pour les femmes (indice de 1 à 10)



Les groupes se déclarant les plus attentifs à la DLC (les femmes et les plus de 45 ans) sont également ceux qui sont le moins prêts à consommer un yaourt quand sa DLC est dépassée.

Les femmes et les plus de 45 ans semblent plus enclins à rejeter les produits ayant dépassé la DLC. Ce sont ces mêmes groupes qui déclarent être les plus sensibles à la DLC.

On observe également que la baisse de la probabilité de consommation à DLC plus deux jours est de 3 points pour la salade et de 1 point pour les yaourts. Plusieurs hypothèses peuvent être avancées pour expliquer ce résultat :

i. Une DLC dépassée est associée à une dégradation visuelle pour la salade en sachet, ce qui implique un rejet du produit. Un yaourt n'ayant pas de dégradation visuelle semblable, les consommateurs sont plus enclins à le goûter avant d'exprimer une opinion sur sa validité.
ii. Le yaourt est un produit assez « symbolique » dans la mesure où une partie des consommateurs semblent savoir qu'ils peuvent le consommer après la DLC. Ce point doit cependant être nuancé car la baisse de la probabilité de consommer un yaourt après DLC reste importante pour les consommateurs se déclarant très attentifs aux dates limites de consommation. Ex : chez les femmes, cette baisse est de 2,5 points dans les deux jours suivants la DLC, contre 0 pour les hommes.

Ces observations préliminaires laissent donc à penser que l'information DLC est génératrice de gaspillage une fois la date dépassée, mais aussi que les consommateurs sont préoccupés par la problématique du gaspillage alimentaire puisqu' ils privilégient en majorité la proximité de la date de péremption au détriment de leurs goûts pour leur consommation quotidienne.

9.4. Discussion et conclusion

Cette enquête a été réalisée afin d'identifier l'influence de la DLC des aliments sur le comportement des consommateurs et notamment dans quelle mesure elle influence le choix des produits alimentaires. Les résultats démontrent une attention moyenne de 6,4/10 de la part des consommateurs vis-à-vis de la DLC avec des variations importante selon le genre (7,2/10 pour les femmes contre 4,7/10 pour les hommes) et selon l'âge (7,5/10 pour les plus de 60 ans contre 5,8/10 pour les 18-30 ans). Plus de 50% des consommateurs interrogés traduisent cette attention dans leurs choix d'aliments, quel que soit leur âge ou sexe. L'enquête a ainsi permis d'établir que la DLC est un paramètre majeur de la fonction de décision de consommation des consommateurs, elle-même cause de gaspillage. Elle a également permis de démontrer que les intentions de consommation chutent rapidement après le dépassement de la DLC, ce qui semble indiquer que l'information DLC est un facteur contribuant au gaspillage alimentaire.

Ces résultats sont néanmoins à interpréter avec précaution du fait des limites de l'étude. Premièrement, l'étude se limite au niveau de la consommation des ménages et ne prend pas en compte l'impact de la DLC aux autres maillons de la chaîne alimentaire, notamment au niveau de la distribution. Deuxièmement, l'enquête se focalise sur les choix des aliments au moment de la consommation finale. Elle ne prend pas en compte les arbitrages qui peuvent être effectués par les consommateurs au moment de l'achat ni les conséquences d'une augmentation de la DLC sur la gestion des approvisionnements des ménages.

En conclusion, cette enquête à permis de valider la pertinence de l'hypothèse faite quant au lien entre extension de la DLC et gaspillage. Des travaux complémentaires restent nécessaires pour quantifier l'impact d'une augmentation de la DLC sur le gaspillage alimentaire.

Bibliographie

Bond M., Meacham T., Bhunnoo R. et Benton T.G., 2013. *Food waste within global food systems*. Royaume-Uni, 40p. In *:* A Global Food Security report

France Nature Environnement, 2011. *Résultats des caractérisations du gaspillage alimentaire dans les ordures ménagères et assimilées.* France, 10 p.

Quested T. et Parry A., 2011. *New estimates for household food and drink waste in the UK.* Royaume-Uni, 19 p.

Lipinski B., Hanson C., Lomax J., Kitinoja L., Waite R. et Searchinger T., 2013. *Reducing food losses and waste*. Etats-Unis, 40 p.

TNS Sofrès, 2012. *Les Français et le gaspillage alimentaire*. France, 25 p.

10. ANNEXE 2A: SCENARIOS PRESENTES AUX PARTICIPANTS DES GROUPES DE DISCUSSION

Présentation : un scénario par page

Groupe de Discussion

LIEU - DATE

Scénario n°1

Au cours de leur mûrissement les bananes libèrent naturellement de l'éthylène. Ce gaz accélère leur murissement, ce qui limite leur durée de vie, surtout lorsqu'elles sont préemballées. Un nouveau type d'emballage permettant d'absorber l'éthylène présent dans l'emballage a été développé. Ainsi, les bananes mûrissent plus lentement.

Scénario n°2

Un industriel lance un nouvel emballage pour les plats préparés réfrigérés de type hachis parmentier. Sur cet emballage se trouve une étiquette qui change de couleur en fonction du temps et de la température de conservation du produit. Le consommateur peut ainsi prioriser la consommation des produits après l'achat, non seulement en fonction de la date limite de consommation (DLC) affichée mais également en fonction des conditions réelles de conservation.

Scénario n°3

Un nouveau moyen de conservation du hachis parmentier réfrigéré a été mis au point. Le hachis parmentier emballé est soumis, dans de l'eau froide, à une très forte pression, similaire à la pression de la plongée à une profondeur de 350 mètres. Ce procédé permet d'éliminer les bactéries et d'allonger significativement la durée de conservation du hachis parmentier, sans modifier sa valeur nutritionnelle, ni ses qualités gustatives.

Scénario n°4

Un industriel a introduit un nouveau système permettant d'améliorer la traçabilité des produits alimentaires. Il repose sur l'utilisation d'une puce RFID qui émet un signal radio pouvant être enregistré à une certaine distance (quelques centimètres à quelques mètres). Ainsi, les plats préparés réfrigérés peuvent être facilement suivi depuis leur production jusqu'à leur distribution. Cela pourra permettre de connaître les conditions réelles de conservation des produits et dans le futur, de communiquer ces informations à votre réfrigérateur ou téléphone portable.

Scénario n°5

Un nouvel emballage pour les brioches est lancé sur le marché. Cet emballage contient de l'alcool en faible quantité qui permet de limiter l'apparition de moisissures sur la brioche. La diffusion progressive de l'alcool au cours du temps permet d'améliorer sensiblement la durée de conservation des brioches sans modifier les qualités gustatives.

Scénario n°6

Un nouveau procédé permettant aux brioches d'être conservées plus longtemps a été mis au point. Une fois emballées, les brioches sont exposées à de courts et intenses flashs de lumière riche en Ultra Violets (UV). La luminosité très forte de ces flashs tue les microorganismes (tels que les bactéries, les moisissures...) sans modifier les qualités gustatives et nutritionnelles des brioches. Après ce traitement, le produit peut être conservé plus longtemps.

Scénario n°7

Un nouvel emballage pour le cabillaud frais est lancé sur le marché. Cet emballage contient des bactéries lactiques. Celles-ci sont, par exemple, utilisées pour transformer le lait en yaourt. Elles empêchent les autres bactéries de se développer. Cette technologie permet ainsi au cabillaud frais d'être conservé plus longtemps.

Scénario n°8

Une méthode de conservation et de décontamination du cabillaud a été mise au point. Le cabillaud frais et préemballé est soumis à un faisceau d'électrons ou à un rayonnement hautement énergétique qui élimine les microorganismes responsables de la dégradation des aliments. Ainsi, le cabillaud peut être conservé plus longtemps dans son emballage fermé.

Scénario n°9

Un industriel agroalimentaire propose un nouvel emballage en plastique pour conditionner les plats cuisinés non réfrigérés en barquettes plastiques comme le chili con carne. Cet emballage contient un nanomatériau d'origine naturelle qui permet de limiter la pénétration d'oxygène à travers l'emballage plastique, et donc l'oxydation du chili con carne. Ainsi les barquettes plastiques de chili con carne peuvent être stockées plus longtemps.

Scénario n°10

Un nouveau procédé pour préparer et emballer le chili con carne a été mis au point. Le produit est chauffé dans un tube pendant un temps court à très haute température à l'aide d'un courant électrique. Il est ensuite conditionné à froid à l'abri de toute bactérie, dans son emballage final. L'emballage plastique est décontaminé à part, par une solution d'eau oxygénée, puis parfaitement rincé et séché avant remplissage et fermeture. Ce procédé permet de fabriquer des produits qui se conservent plus longtemps à température ambiante.

11. ANNEXE 2B: TEST DE KENDALL ET PRECISIONS STATISTIQUES

Test de Kendall

Le test de Kendall's W permet la comparaison de multiples réponses de participants. Il s'agit d'un test non paramétrique c'est-à-dire que la valeur réelle de chaque nombre indépendamment des autres n'a pas de signification.

C'est le cas dans cette étude car seule une technologie pouvait être classée très négativement et une seule pouvait être classée très positivement ; de ce fait les nombres ne sont pas indépendants. Ces statistiques sont basées sur un ordre de rang (ex. une technologie avec un score plus élevé qu'une autre a un rang positif ; une technologie avec un score plus bas a un rang négatif ; et les intermédiaires ont un rang moyen). A partir de ces rangs il est décidé si l'hypothèse nulle, chaque technologie est notée de la même façon avec la même fréquence, doit être rejetée ou pas. Pour cela une valeur du X^2 a été calculée à partir des observations des rangs qui diffèrent comparés aux rangs qui sont identiques. Le nombre de degrés de liberté pour le X^2 correspond au nombre de catégories comparés-1 ; soit 10 catégories donc 9.

De plus, le calcul de Kendall's W donne une indication sur l'intensité de l'effet, et peut être interprété de la même manière que les coefficients de corrélation. Kendall W est compris entre 0 et 1. Si Kendall's W est égal à 1 cela indique que les participants ont rangé les technologies strictement dans le même ordre, si il y a des différences d'opinion (comme c'est le cas ici où de nombreuses technologies n'étaient notées ni positivement ni négativement), Kendall's W sera plus petit. Si Kendall's W est égal à 0, cela signifie qu'il n'y a pas de tendance spécifique dans le classement des technologies. Il n'existe pas de règles précises pour l'interprétation des données, cela dépend du type de recherche. En sciences sociales, il est considéré que les scores de Kendall's $W < 0.10$ sont trop faibles pour être pertinents et les scores > 0.40 indiquent un accord majeur.

Précisions statistiques

Les variables de l'étude sont non-indépendantes. Afin de réaliser un classement de ces variables, il faut donc recourir à un test non-paramétrique qui n'implique pas l'estimation de paramètres (moyenne, écart type) décrivant la distribution de la variable étudiée.

Le test Fridman Chi-Square permet comparer les différentes notes données par un même participant. Pour l'interprétation du test Kendall's W, il est nécessaire de passer par la normalisation du test de Friedman. Cela permet d'obtenir une valeur de test entre 0 et 1. 0 signifie qu'il n'y a pas de notation générale c'est-à-dire que le classement est totalement indépendant des différentes technologies. 1 signifie à l'inverse que pour chaque technologie individuellement tous les participants ont attribués la même note, le classement est alors dépendant des technologies.

Les analyses ont été faites en SPSS19.

Les résultats montrent qu'il y a effectivement une différence de classement entre les technologies. Il est donc possible de déterminer quelles sont celles qui sont plus ou moins bien classées (Kendall's $W=.20$; $X2(df=9;N=24)=43.75$; $p<.001$).

Utiliser un test de Wilcoxon apparié permet d'établir des comparaisons deux à deux, ce qui est résumé dans le rapport en deux groupes généraux. Les valeurs exactes de p sont fournies dans le tableau 5 ci-dessous. Les valeurs de p représentent les chances de rejeter à tort l'hypothèse H0 (H0 : il n'y a pas de différence entre les technologies comparées).

Classements		RFID	Ionisation	Emballages piégeurs	chauffage ohmique et conditionnement aseptique	Emballages émetteurs d'ethanol	Lumière pulsée	Matériaux d'emballage nanochargés dans la masse	Hautes pressions	Intégrateurs temps/température	Biopréservation
Classement moyen		**3.81**	**3.85**	**4.65**	**4.83**	**5.23**	**5.38**	**6.38**	**6.60**	**6.73**	**7.54**
RFID	**3.81**	xxx									
Ionisation	**3.85**	**0.883**	**xxx**								
Emballages piégeurs	**4.65**	**0.147**	**0.154**	**xxx**							
chauffage ohmique et conditionnement aseptique	**4.83**	**0.281**	**0.321**	**0.984**	**xxx**						
Emballages émetteurs d'ethanol	**5.23**	**0.047**	**0.09**	**0.56**	**0.596**	**xxx**					
Lumière pulsée inactivation	**5.38**	**0.009**	**0.028**	**0.419**	**0.432**	**0.785**	xxx				
Matériaux d'emballage nanochargés dans la masse	**6.38**	0.002	0.003	0.017	0.069	0.06	0.129	xxx			
Hautes pressions	**6.60**	0.001	0.001	0.032	0.041+	0.094	0.043+	1	xxx		
Intégrateurs temps/température	**6.73**	0.001	0.001	0.044	0.072	0.11	0.076	0.804	0.821	xxx	
Biopréservation	**7.54**	0	0.001	0.002	0.014+	0.006+	0.014+	0.224	0.19	0.237	xxx

1) Les valeurs fournies représentent la probabilité de rejeter à tort l'hypothèse nulle c'est-à-dire que les technologies sont classées positivement de façon égale (ie valeur faible < 10 indique que le rejet de H0 est justifié, valeur élevée indique que H0 n'aurait pas dû être rejetée). Aucune correction pour des comparaisons multiples n'a été faite.
2) Les cellules bleues – technologie dans le groupe inférieur ; cellules jaunes - technologies dans le groupe supérieur ; cellules vertes – n'a pas pu être classé dans l'un des deux groupes. Les valeurs de P indiquées avec un + signifient que la technologie est complètement différente. Pour la compréhension du rapport, aucun autre groupe n'a été constitué

12. ANNEXE 3A : EVALUATION – TEST DE COEFFICIENTS

Comme expliqué dans la partie 7.1 « Objectifs et méthode », appliquer un coefficient ne peut avoir d'impact sur un classement lorsque les indices sont multipliés. Par conséquent, aucun coefficient n'existe dans l'indice « Faisabilité de mise en œuvre ». En revanche, l'indice « Impacts macro-économiques à 10 ans » est un ratio et comporte des additions dans le numérateur (Gains totaux espéré en terme de réduction du gaspillage) et le dénominateur (Coût total de la technologie). La question des coefficients peut être écartée au numérateur, car il s'agit de quantités additionnées. Une pondération peut en revanche être introduite au dénominateur, entre coûts économiques et coûts environnementaux, au travers des coefficients C1 et C2 :

Coût total = (Coût économique) x C1 + (Coût environnemental) x C2

Les informations collectées durant l'étude soulignent la prédominance du facteur coût économique dans l'adoption de technologies par les industriels. Cependant, des produits plus respectueux de l'environnement sont de plus en plus demandés par les consommateurs et de plus en plus favorisés par le contexte réglementaire. Dans ce contexte, il a été choisi de fixer par défaut C1=C2=1. Cependant les valeurs de C1 et C2 restent arbitraires et ne peuvent pas être définies objectivement. Il convient donc d'évaluer la sensibilité du modèle – et en particulier des indices « impact actuel » et « impact futur » – face à ces deux valeurs.

Plusieurs simulations ont été menées en faisant varier C1 et C2 entre les deux types de coûts. Ces variations ont été menées selon trois principes :

i. Une seule valeur varie à la fois :
   Afin de mieux comprendre l'impact d'une variation de C1 et C2 sur le résultat final, l'un des coefficients reste à sa valeur initiale – i.e. 1 – tandis que le coefficient étudié varie.
ii. Les simulations sont faites à partir de valeurs entières :
   Les valeurs étant arbitraires, il n'a pas été jugé pertinent d'effectuer le test sur des valeurs décimales. Ce choix n'a cependant pas d'incidence sur la qualité des conclusions du test.
iii. Les valeurs choisies ne dépassent pas 10 :
   Ce seuil a été choisi pour tester l'impact d'un changement d'ordre de grandeur. En revanche une valeur plus importante ne serait pas pertinente dans le cas présent, et reviendrait à rendre un type de coût négligeable par rapport à l'autre.

Les simulations ont donc été menées avec les valeurs 1 (valeur initiale), 2, 5 et 10. Puis les groupes de technologies obtenus ont été comparés avec les groupes de référence, obtenus avec C1=C2=1. Les effets observés furent les suivants :

Hypothèses	Effets observés
C1=2 C2=1	Les groupes 3 et 4 sont composés des mêmes technologies et celles-ci sont dispersées de manière semblable. Le groupe 1 est composé des mêmes technologies et inclut en plus les innovations 1.3 Emballages instrumentés par détection de microorganismes et 1.1 Emballages avec intégrateurs temps/température. La dispersion des technologies est globalement très proche.
C1=1 **C2=2**	Dans ce cas également, la dispersion est globalement la même et les groupes sont composés des mêmes technologies. Seul le groupe 1 est plus éclaté.
C1=5	Dans ce test, les groupes 3 et 4 restent très proches du cas de référence. Par

C2=1	contre les groupes 1 et 2 sont remplacés par 4 groupes : ***Groupe 1' avec une attractivité supérieure ou égale à 7 :*** 1.3 Emballages instrumentés par détection de microorganismes 1.1 Emballages avec intégrateurs 1.7 Biopréservation ***Groupe 2' avec une attractivité comprise entre 3,9 et 6,7 :*** 2.5 Emballages respirants par technologies de perforation 3.1 Haute pression 4.1 Monocouche recyclables 2.7 Emballages biosourcés 4.2 Antimigration ***Groupe 3' avec une attractivité de 3 :*** 1.4 Emballages piégeurs 3.7 Décontamination chimique de surface ***Groupe 4' avec une attractivité autour de 2,5 :*** 1.2 Emballages instrumentés par détection de traceurs 1.9 Traçabilité et RFID 3.2 Chauffage micro-onde
C1=10 C2=1	Le groupe 1 ne contient que la technologie de 1.7 Biopréservation du groupe 1 de référence et inclut en plus les innovations 1.3 Emballages instrumentés par détection de microorganismes et 1.1 Emballages avec intégrateurs temps/température. Les groupes 3 et 4 restent les mêmes à l'exception du groupe 3 qui affiche un impact inférieur à 1 alors que le groupe de référence 3 allait jusqu' à 2.
C1=1 **C2=10**	Dans ce test, les groupes 3 et 4 restent les mêmes mais la dispersion est plus resserrée notamment pour le groupe 4 qui affiche un impact compris entre 0 et 3 contre 1 à 6 dans le cas de référence. Le groupe 1 est lui très éclaté et ne contient que les 4 premières technologies du groupe 1 de référence : 4.1 Monocouche recyclables, 2.7 Emballages biosourcés, 3.1 Haute pression et 4.2 Antimigration. Le groupe 2 est composé des mêmes technologies plus les innovations 2.5 Emballages respirants par technologies de perforation et 1.7 Biopréservation issues du groupe 1 de référence. La dispersion de ce groupe est beaucoup plus resserrée.
C1=1 **C2=5**	Le test présente globalement la même répartition que dans le cas précédent (Coût économique 1 – Impact environnemental 10).

Ces tests de sensibilité ont permis d'aboutir à la conclusion que l'application d'un coefficient différent de 1 n'a que peu d'impact. En effet, les technologies du groupe 1 et 2 restent similaires quelles que soient les valeurs choisies. Afin de simplifier le modèle, il a donc été choisi de conserver les valeurs par défaut C1=C2=1.

13. ANNEXE 3B : EVALUATION - RESULTATS

Comme expliqué dans la section 7.1.1, l'ensemble des indices a été projeté sur une échelle de 0 à 10 selon une méthode dénommée « standardisation » des échelles, afin de faciliter les comparaisons entre technologies. On rappelle également que pour chaque indice, 10 correspond à la meilleure technologie parmi celles étudiées. En d'autres termes, si une technologie obtient 10, cela signifie qu'elle est celle dont les caractéristiques se rapprochent le plus de celles visées sur l'indice considéré. Par exemple, une note de 10 au TRL reflètera une maturité technologique *maximale*, tandis qu'un coût économique de 10 correspond à la technologie dont le coût est *le plus faible*.

Les notes obtenues pour les différents critères ont donc été standardisées et ramenées sur 10 afin de permettre une lecture plus facile des résultats. Les tableaux ci-dessous présentent les notes obtenues pour chaque technologie aux différents indices à l'heure actuelle et dans une perspective de 10 ans.

	AXE 1.1					AXE 1.2						
Technologie	**Réglementation**	**TRL**	**Maturité du marché Fr**	**Indice d'acceptation Consommateurs**	**Faisabilité de mise œuvre actuelle**	**Indice réduction gaspillage distributeur**	**Indice réduction gaspillage consommateur**	**Indice réduction gaspillage restauration collective**	**Indice Coût de la technologie**	**Indice Coût environnemental par rapport à l'existant**	**Impacts macro-économiques théoriques**	**Attractivité actuelle de la technologie**
Emballages avec intégrateurs temps/température	10	10	10	10	10,0	5	5	4	3	10	2,7	6,7
Emballages instrumentés par détection de traceurs (oxygène, CO_2, éthylène)	10	10	10	10	10,0	3	2	3	4	10	1,5	3,7
Emballages instrumentés par détection de microorganismes	5	4	10	10	2,2	4	2	3	4	10	1,7	0,9
Emballages piégeurs (oxygène et composants de maturation)	5	10	10	5	2,5	4	5	4	3	10	2,4	1,5
Emballages émetteurs de CO_2, emballages émetteurs d'éthanol	10	10	-	5	-	-	-	-	5	10	-	-

	AXE 1.1					AXE 1.2						
Technologie	**Réglementation**	**TRL**	**Maturité du marché Fr**	**Indice d'acceptation Consommateurs**	**Faisabilité de mise œuvre actuelle**	**Indice réduction gaspillage distributeur**	**Indice réduction gaspillage consommateur**	**Indice réduction gaspillage restauration collective**	**Indice Coût de la technologie**	**Indice Coût environnemental par rapport à l'existant**	**Impacts macro-économiques théoriques**	**Attractivité actuelle de la technologie**
Emballages à libération contrôlée de substances à effet antimicrobien	5	10	7	5	1,7	3	4	3	4	3	3,7	1,5
Biopréservation	10	3	7	10	2,2	4	2	3	3	4	3,0	1,6
Biopréservation par les phages	5	1	3	10	0,2	2	2	1	3	4	1,8	0,1
Traçabilité et RFID	5	10	10	5	2,5	6	3	4	5	10	2,1	1,3
Nouveaux matériaux d'emballages avec hautes propriétés barrières	5	1	10	5	0,3	2	4	3	4	3	3,1	0,2
Coatings minéraux technologies plasma	10	10	10	5	5,0	2	4	3	6	7	1,7	2,1
Coatings organiques nanochargés	5	6	5	5	0,7	2	4	3	4	7	2,0	0,3
Matériaux d'emballage nanochargés dans la masse	5	10	3	10	1,7	1	2	1	5	4	1,2	0,5
Emballages respirants par technologies de perforation	10	10	10	10	10,0	2	2	2	1	3	4,1	10,0
Emballages respirants / autres technologies d'ajustement des flux et de la sélectivité O_2/CO_2	10	1	3	10	0,4	2	2	2	1	4	3,3	0,3
Emballages bio-sourcés (type PEF)	5	4	10	5	1,1	2	3	2	4	1	3,3	0,9
Hautes pressions	5	10	10	10	5,0	3	4	3	10	1	2,2	2,7
	AXE 1.1					AXE 1.2						

Technologie	Réglementation	TRL	Maturité du marché Fr	Indice d'acceptation Consommateurs	Faisabilité de mise œuvre actuelle	Indice réduction gaspillage distributeur	Indice réduction gaspillage consommateur	Indice réduction gaspillage restauration collective	Indice Coût de la technologie	Indice Coût environnemental par rapport à l'existant	Impacts macro-économiques théoriques	Attractivité actuelle de la technologie
Chauffage microonde	10	10	10	10	10,0	0	2	1	8	3	0,9	2,1
Conditionnement aseptique	10	10	10	5	5,0	1	4	2	6	1	2,9	3,5
Chauffage ohmique	10	10	10	5	5,0	0	3	2	6	1	1,7	2,1
Lumière pulsée	5	9	10	5	2,2	2	4	3	5	1	3,8	2,0
Ionisation	5	10	10	-	-	6	10	8	5	1	10,0	-
Décontamination chimique de surface	5	8	10	5	1,9	4	3	3	3	4	3,8	1,8
Décontamination des emballages par traitement plasma	5	3	10	5	0,8	1	2	1	4	4	1,3	0,3
Technologies monocouches recyclables	10	6	10	10	5,6	2	10	3	5	1	6,2	8,3
Emballages minimisant en toutes conditions les phénomènes de migration	5	2	10	5	0,6	2	10	3	5	3	4,6	0,6

	AXE 2.1				AXE 2.2			
Technologie	**Acceptation Consommateurs à 10 ans**	**Réglementation à 10 ans**	**TRL à 10 ans**	**Faisabilité de mise en œuvre à 10 ans**	**Coût économique dans 10 ans**	**Impact environnemental dans 10 ans**	**Impacts macro-économiques à 10 ans**	**Perspectives futures**
Emballages avec intégrateurs temps/température	10	10	10	10,0	1	10	2,7	4,0
Emballages instrumentés par détection de traceurs (oxygène, CO_2, éthylène)	10	10	10	10,0	3	10	1,3	2,0
Emballages instrumentés par détection de microorganismes	10	10	10	10,0	3	7	2,0	2,9
Emballages piégeurs (oxygène et composants de maturation)	10	10	10	10,0	2	10	2,2	3,2
Emballages émetteurs de CO_2, emballages émetteurs d'éthanol	5	10	10	5,0	4	10	-	-
Emballages à libération contrôlée de substances à effet antimicrobien	5	5	10	2,5	3	3	3,6	1,3
Biopréservation	10	10	9	8,9	2	4	2,9	3,7
Biopréservation par les phages	10	5	4	2,2	2	4	1,8	0,6
Traçabilité et RFID	10	10	10	10,0	3	10	2,0	3,0
Nouveaux matériaux d'emballages avec hautes propriétés barrières	5	5	7	1,7	2	2	4,6	1,1
Coatings minéraux technologies plasma	5	10	10	5,0	5	7	1,5	1,1
Coatings organiques nanochargés	5	5	9	2,2	1	7	2,3	0,7
Matériaux d'emballage nanochargés dans la masse	10	5	10	5,0	4	4	1,1	0,8
	AXE 2.1				AXE 2.2			

Technologie	Acceptation Consommateurs à 10 ans	Réglementation à 10 ans	TRL à 10 ans	Faisabilité de mise en œuvre à 10 ans	Coût économique dans 10 ans	Impact environnemental dans 10 ans	Impacts macro-économiques à 10 ans	Perspectives futures
Emballages respirants par technologies de perforation	10	10	10	10,0	1	2	4,6	6,7
Emballages respirants / autres technologies d'ajustement des flux et de la sélectivité O_2/CO_2	10	10	3	3,3	1	4	2,7	1,3
Emballages bio-sourcés (type PEF)	10	10	10	10,0	2	1	4,7	6,8
Hautes pressions	10	10	10	10,0	3	1	5,2	7,5
Chauffage microonde	10	10	10	10,0	3	1	2,0	3,0
Conditionnement aseptique	5	10	10	5,0	5	1	2,8	2,0
Chauffage ohmique	5	10	10	5,0	3	1	2,5	1,8
Lumière pulsée	5	5	10	2,5	4	1	3,8	1,4
Ionisation	0	5	10	-	4	1	10,0	-
Décontamination chimique de surface	10	10	10	10,0	1	4	4,4	6,4
Décontamination des emballages par traitement plasma	5	5	9	2,2	3	4	1,2	0,4
Technologies monocouches recyclables	10	10	9	8,9	4	0	7,7	10,0
Emballages minimisant en toutes conditions les phénomènes de migration	10	10	8	7,8	4	2	5,1	5,8

14. SIGLES

ACTIA	Association de Coordination Technique pour l'Industrie Agroalimentaire
ACV	Analyse Cycle de Vie
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
ANIA	Association Nationale des Industries Agro-Alimentaires
ANR	Agence Nationale de La Recherche
ANSES	Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
AU	Amortissement Unitaire
BPI	Banque Publique D'investissement
CE	Collectivement Exhaustives/ Collectivement Exhaustives
CE	Commission Européenne
CEA	Commissariat à L'énergie Atomique et aux Energies Alternatives
CEP	Champ électrique pulsé
CESFO	Comité d'Entraide Sociale de la Faculté d'Orsay
CETIAT	Centre Technique des Industries Aérauliques et Thermiques
CHLEAN	Conception Hygiénique des Lignes et Equipements et Amélioration de la Nettoyabilité
CNRFID	Centre National de Référence RFID
CNRS	Centre National de la Recherche Scientifique
COU	Coût Opérationnel Unitaire
CTCPA	Centre Technique de la Conservation des Produits Agricoles
CTI	Centre Technique Industriel
DGAL	Direction Générale de l'Alimentation
DGCCRF	Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes
DGCIS	Direction Générale de la Compétitivité, de L'Industrie et des Services
DLC	Date Limite de Consommation
DLUO	Date Limite d'Utilisation Optimale
DVM	Durée de Vie Microbiologique
EDF	Électricité De France
EFSA	European Food Safety Authority
ENSAIA	École Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires
ENSBANA	École Nationale Supérieure de Biologie Appliquée à la Nutrition et à l'Alimentation
EVOH	Éthylène-alcool vinylique
FAO	Food And Agriculture Organization
FCD	Fédération des Entreprises du Commerce et de la Distribution
FEBA	Fédération Européenne des Banques Alimentaires
FFAS	Fonds Français pour l'Alimentation et la Santé
FL	Fruit & Légumes
FUI	Fonds Unique Interministériel
GEPEA	Génie des Procédés : Environnement - Agroalimentaire
GES	Gaz à Effet
GREMI	Groupe de Recherches sur l'Energétique des Milieux Ionisés
HP	Haute Pression
IAA	Industries Agro-Alimentaires

IAR	Industries et Agro-Ressources
IFREMER	Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
ILHDE	Impulsions Lumineuses à Haute Densité Energétique
INRA	Institut National de la Recherche Agronomique
ITAI	Institut Technique Agro-Industriel
ITT	Indicateurs Temps/Température
LETI	Laboratoire d'Electronique des Technologies de l'Information
MAP	Modified Atmosphere Packaging
MDD	Marque De Distributeur
ME	Mutuellement Exclusives
MECE	Mutuellement Exclusives
NFC	Near Field Communication
NIAS	Non Intended Added Substances
ONG	Organisation Non Gouvernementale
ONU	Organisation des Nations Unies
PA	Polyamide
PAM	Pôle Marchés et Achats
PAPC	Procédés Alimentaires et Physico-Chimie
PBS	Polymère bio-sourcé à base d'acide succinique
PE	Polyéthylène
PEF	Polyéthylène-Furanoate
PET	Polytéréphtalate d'éthylène
PICS	Programme Purdue Improved Cowpea Storage
PIPAME	Pôle Interministériel de Prospective et d'Anticipation des Mutations Economiques
PLA	Polylactic Acid
PME	Petites et Moyennes Entreprises
QSAR	Quantitative Structure-Activity Relationship
RFID	Radio-Frequency Identification
RHF	Restauration Hors Foyer
RMT	Réseau Mixte Technologique
RSE	Responsabilité Sociétale des Entreprises
SATT	Sociétés d'Accélération du Transfert de Technologies
TPE	Très Petites Entreprises
TRL	Technology Readiness Level
TTI	Time Temperature Indicator
UMR	Unité Mixte de Recherche
UMR IATE	Unité de Recherche Consacrée aux Agro-Polymères et Technologies Emergentes
UMT	Unité Mixte Technologique
WRAP	Waste and Resources Action Programme

15. DÉFINITIONS

Pertes et gaspillage alimentaire	Cette étude s'appuie sur la définition du rapport «GLOBAL FOOD LOSSES AND FOOD WASTE» (Pertes et gaspillage alimentaire au niveau mondial) de la FAO de mai 2011. Elle y désigne le gaspillage alimentaire comme les quantités de denrées saines et comestibles qui, au lieu d'être destinées à la consommation humaine sont gaspillées, perdues, dégradées ou consommées par des parasites dans n'importe quelle phase de la filière agroalimentaire. La FAO, par cette définition, considère donc que le gaspillage alimentaire est le fait de ne pas consommer une denrée destinée initialement à l'alimentation de l'homme et ce quelle qu'en soit la raison et quel que soit le devenir des produits : alimentation animale, compost… Se tenir strictement à cette définition amène à considérer la valorisation de produits alimentaires consommables par le compostage, la méthanisation ou la distribution aux animaux domestiques comme du gaspillage alimentaire. S'il est certain que dans certaines situations, ces moyens de valorisation sont intéressants dans l'attente de solutions plus globales pouvant réduire le gaspillage à la source, ils ne seront pas traités dans cette étude qui concerne des innovations permettant de réduire le gaspillage alimentaire selon la définition de la FAO.
Industrie agro-alimentaire	L'industrie agroalimentaire (en abrégé IAA) est l'ensemble des activités industrielles qui transforment des matières premières issues de l'agriculture, de l'élevage ou de la pêche en produits alimentaires destinés essentiellement à la consommation humaine. Ces activités industrielles ont pour but de modifier ou au contraire de conserver les propriétés organoleptiques des matières premières, tout en garantissant la sécurité sanitaire des produits alimentaires finaux. Elles sont liées au stockage, à la transformation à proprement parler et au conditionnement des produits alimentaires. En fonction de l'état de transformation final du produit, les procédés mis en œuvre par les industries agroalimentaires seront concentrés sur une ou plusieurs de ces étapes, et seront plus ou moins complexes et nombreux. On peut ainsi distinguer trois grands types de produits alimentaires en fonction de leur état de transformation. • Les produits alimentaires consommés en l'état, c'est-à-dire les produits frais vendus soit en vrac (par exemple les fruits et légumes ou le poisson à l'étal), soit conditionnés. En ce qui concerne ces produits, les industries agroalimentaires développent des procédés et technologies mis en œuvre lors du stockage et du conditionnement. Exemple: pommes vendues en filets… • Les produits alimentaires dont la nature initiale n'a pas été modifiée, mais qui ont subi des processus liés à leur conservation. Les industries agroalimentaires développent pour ces produits des procédés de conservation: thermiques (par le chaud ou par le froid), par élimination d'eau. Exemples de produits: fruits au sirop, légumes en conserve, fruits secs…

	• Les produits alimentaires dont la nature a été changée: pour ces produits, les industries agroalimentaires développent des procédés de transformation des matières premières (réactions biologiques, procédés physiques et chimiques de transformation, procédés de formulation et texturation) qui peuvent être aussi des procédés de conservation (par exemple, la fermentation du lait qui donne du fromage), ou qui sont couplés avec des procédés conservatifs.
Innovations technologiques	Dans cette étude le terme « Innovations technologiques » est entendu comme des technologies innovantes pouvant être mises en œuvre par les industries agroalimentaires pour agir sur le gaspillage au niveau de la distribution, de la restauration et de la consommation finale par les ménages. Ces innovations ne concerneront pas les technologies n'agissant que sur les pertes (au niveau de la production agricole et des industries agroalimentaires), les nouveaux produits alimentaires (excepté l'introduction d'innovations technologiques modifiant la composition des aliments, ex. bio-ferments, cf. infra), les innovations de services liés aux comportements des consommateurs ou les innovations dans le secteur de l'électroménager. Les innovations mises en œuvre au sein de la chaîne logistique et de la distribution ne sont pas exclues mais elles sont a priori minoritaires ou marginales.

16. INDEX DES TABLEAUX

Figure 2 Définitions proposées par le groupe de travail « Définition et évaluation du gaspillage alimentaire » du Pacte National de lutte contre le gaspillage alimentaire (Mai 2013)Tableau 1 Périmètre du gaspillage alimentaire en fonction des acteurs concernés et du caractère évitable du gaspillage, préparé par le groupe de travail « Définition et évaluation du gaspillage alimentaire » du Pacte National de lutte contre le gaspillage aliment - 22 -

Tableau 2 Quantification des pertes et du gaspillage aux différents maillons de la chaîne alimentaire (Source : Ministère de l'Ecologie 2011 pour la France, le Royaume Uni et la moyenne UE, Kranert et al., 2012 pour l'Allemagne, (*hors coproduits et boues, **hors boissons et compost) - 25 -

Tableau 3 Répartition du gaspillage alimentaire dans la restauration (en % d'aliment jeté dans des cantines suisses) - (Source : Beretta et al., 2012) - 30 -

Tableau 4 Répartition du gaspillage alimentaire par les ménages (en % d'aliment jeté) - 31 -

Tableau 5 aperçu des 26 innovations technologiques retenues dans l'étude - 58 -

Tableau 6 : degré de maturité des 26 innovations technologiques retenues dans l'étude - 64 -

Tableau 7 : Rassemblement des technologies en 14 groupes - 77 -

Tableau 8 : Classement moyen des technologies (Test de Kendall– Un classement bas correspond à une faible acceptation par le consommateur) - 91 -

Tableau 9 : Typologie de l'ensemble des technologies étudiées - 101 -

Tableau 10 Résumé des entretiens par acteur - 103 -

Tableau 11 Initiatives pour la réduction du gaspillage en RHF - 118 -

Tableau 12 Choix de consommation avec 4 produits, DLC inversement proportionnelles aux préférences déclarées - 172 -

Tableau 13 Choix de consommation avec 2 produits, DLC inversement proportionnelles aux préférences déclarées - 172 -

17. INDEX DES FIGURES

Figure 1 Schéma illustrant les différents maillons de la chaîne alimentaire contribuant aux pertes et gaspillages alimentaires (Source : Every crumb counts - HTTP://EVERYCRUMBCOUNTS.EU/) ..... - 21 -

Figure 2 Définitions proposées par le groupe de travail « Définition et évaluation du gaspillage alimentaire » du Pacte National de lutte contre le gaspillage alimentaire (Mai 2013)Tableau 1 Périmètre du gaspillage alimentaire en fonction des acteurs concernés et du caractère évitable du gaspillage, préparé par le groupe de travail « Définition et évaluation du gaspillage alimentaire » du Pacte National de lutte contre le gaspillage aliment..... - 22 -

Figure 3 Synthèse des résultats sur le gaspillage au niveau de la distribution et de la restauration d'après l'étude « *Pertes et gaspillage alimentaire. Marges de manœuvre et verrous au stade de la remise directe au consommateur (distribution et restauration) et en restauration collective* » (source Pre-Waste, 2013) ..... - 26 -

Figure 4 Répartition du gaspillage alimentaire des ménages en France en poids ..... - 30 -

Figure 5 Contribution de chaque catégorie d'aliment au gaspillage alimentaire et à l'empreinte carbone (Buchner et al. 2013) ..... - 33 -

Figure 6 Contribution de chaque catégorie au gaspillage alimentaire et au coût économique (Jan et al., 2013)..... - 34 -

Figure 7 Périmètre de l'étude (Parties rentrant dans le périmètre de l'étude en vert)..... - 41 -

Figure 8 Représentation des actions réalisées durant l'étude..... - 42 -

Figure 9 Schéma méthodologique global de l'étude ..... - 42 -

Figure 10 échelle de niveau de maturité technologique TRL (Technology Readiness Level) ..... - 62 -

Figure 11 : Fréquence des avis positifs et négatifs pour chaque technologie discutée (les avis neutres ne sont pas représentés ; N=24) ..... - 90 -

Figure 12 Schéma d'organisation de la RHF ..... - 117 -

Figure 13 Représentation graphique de l'attractivité actuelle des 26 technologies ..... - 142 -

Figure 14 Représentation graphique de l'attractivité à 10 ans des 26 technologies ..... - 143 -

Figure 15 Organisation des recommandations en plan d'action ..... - 167 -

18. INDEX DES GRAPHIQUES

Graphique 1 Contribution des catégories de produits alimentaires à la quantité totale du gaspillage des ménages au Royaume Uni (Source : Ventour, 2008)..... - 27 -

Graphique 2 Contribution des catégories de produits alimentaires au coût total du gaspillage des ménages au Royaume Uni (Source : Ventour, 2008)..... - 28 -

Graphique 3 Répartition des trois types de gaspillage alimentaire identifiés par le WRAP en 2008 (Ventour, 2008) (données pour la Grande-Bretagne)..... - 28 -

Graphique 4 Contribution des catégories de produits alimentaires au poids du gaspillage évitable ... - 29 -

Graphique 5 Contribution des catégories de produits alimentaires au coût du gaspillage évitable- 29 -

Graphique 6 Répartition de l'échantillon de 68 personnes en genre et en âge ..... - 170 -

Graphique 7 : organisation de l'enquête..... - 171 -

Graphique 8 Choix de consommation avec 4 produits pour le profil « femmes »..... - 173 -

Graphique 9 Choix de consommation avec 4 produits pour le profil « hommes »..... - 173 -

Graphique 10 Choix de consommation avec 4 produits pour le profil «18-30 ans »..... - 173 -

Graphique 11 Choix de consommation avec 4 produits pour le profil « 30-45 ans »..... - 173 -

Graphique 12 Choix de consommation avec 4 produits pour le profil «45-60 ans »..... - 174 -

Graphique 13 Choix de consommation avec 4 produits pour le profil «+ de 60 ans »..... - 174 -

Graphique 14 Probabilité de consommation du yaourt et de ma salade avant/après la DLC – résultats pour les hommes (indice de 1 à 10) ..... - 175 -

Graphique 15 Probabilité de consommation du yaourt et de ma salade avant/après la DLC – moyenne hommes-femmes (indice de 1 à 10)..... - 175 -

Graphique 16 Probabilité de consommation du yaourt et de ma salade avant/après la DLC – résultats pour les femmes (indice de 1 à 10) ..... - 176 -

Liste des personnes consultées dans le cadre de l'étude

NOM	PRENOM	ORGANISATION
AIVAREZ	Garciela	IRSTEA
ARINO	Stephane	LECLERC
BASCLET	Giulia	FCD
BELARD	Laurent	NATUREPLAST
BENISSAD	Madame	APETITO
BERAZA	Juliette	COJEAN
BERNARD	Jean-Paul	SAIREM
BERNARD	Micheline	CTRC ILE DE FRANCE
BERTAUD	Simon	GREEN TECHNOLOGIES
BLOGOWSKI	Alain	FRANCEAGRIMER
BREUILLER	Marion	COJEAN
CARESMEL	Nathalie	UNIPACKAGING
CASTILLO	David	LE PALM
CELLI	Anne Marie	CTRC CORSE
CHAMPOMIER-VERGES	Marie-Christine	INRA
CHAUVET	Anne	SYNDIFRAIS
CHEVALIER	Bernard	OR.GE.CO, FAMILLES RURALES TOURAINE
CHOLLET	Monsieur	ISYTECH PLASMA
COLONNA	Florence	COJEAN
COTILLON	Christophe	ACTIA
DARWANE	Mahjouba	CTRC ILE DE FRANCE
DEGRAEVE	Pascal	BIODYMIA-UNIVERSITE LYON 1
DOURCHES	Jean Louis	INDECOSA CGT DU VAR
DROUIN	Monsieur	ADEPALE
DUCHEZ	Solange	UNION DEPARTEMENTALE DE LA CONFEDERATION SYNDICALE DES FAMILLES DE LA HAUTE VIENNE
ELLOUZE	Mariem	IFIP - MAISONS ALFORT
FUIRET	Madame	FICT
GARS	Nathalie	INDECOSA CGT CORSE
GASSIE	Julia	MAAF/DGAL
GILOIRE	Pascal	CTRC BASSE NORMANDIE
GOURINOVITCH	Jacqueline	AFOC CORSE
NOM	**PRENOM**	**ORGANISATION**
GREGORI	Monsieur	FICT
GUILBERT	Stephane	INRA

GUILBERT	Wilfred	TARTEFRAIS
HARLAUT	Bernard	CTRC ILE DE FRANCE
JÖNSSON	Eric	TOPCHIM
KUNTZ	Florent	AERIAL
LEBOUTEILLER	Guillaume	NATUREPLAST
LEBRETON	Richard	BONGRAIN
LEGENTIL	Anne	FAMILLES RURALES
LEPECHEUR	Eric	CCC FRANCE
LEVY	Jean-Marc	APETITO
LEVY	Yoav	FRESH POINT
LORRE	Sylvie	BIOCEANE
LUROL	Sebastien	CTIFL
LUSTRAT	Elisabeth	VITAGORA
MANDEGOU	Laurent	BIOMEGA
MAURICE	Francis	LABORATOIRES STANDA
METEAU	Jerome	AVERY DENNISON
NGUYEN-THE	Christophe	INRA
ONNO	Monsieur	FLEURY MICHON
ORLIANGES	Françoise	CTRC LIMOUSIN - FAMILLES RURALES DE CORREZE
PECQUEUR	Mathieu	FCD
RAY	Delphine	ALFA LAVAL
REDLINGSHOEFER	Barbara	INRA
RIEDEL	Christophe	CLARANOR
RIVIERE	Gilles	ANSES
ROUMANET	Frederic	THIMONNIER
SIRI	Bruno	CONSEIL NATIONAL DE L'EMBALLAGE
STAPPAERTS	Dave	ACE PACKAGING
THOMACHOT	Matthieu	ACXYS TECHNOLOGIES
TONELLO SAMSON	Carole	HIPERBARIC
TRANCHARD	Christophe	VIRGINBIOPACK
VAN BUREN	Peter	SHOCKWATCH
VAUTIER	Thomas	EVIDENCIA
VERNIER	Antoine	ADEME
WERNER	Dala	AERIAL

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages Volet 1

Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), 2009. *Campagne nationale de caractérisation des ordures ménagères : que trouve-t-on aujourd'hui dans nos poubelles ? Résultats de la campagne MODECOM 2007-2008.* [en ligne] France, 2p. Disponible sur : http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=62275&ref=23117&p1=B (consulté le 30.10.2013)

Beretta C., Stoessel F., Baier U. et Hellweg S., 2012. *Quantifying food losses and the potential for reduction in Switzerland.* Suisse, 10 p. In *:* Waste Management 33, Elsevier, pp 764-773

Bond M., Meacham T., Bhunnoo R. et Benton T.G., 2013. *Food waste within global food systems*. Royaume-Uni, 40p. In *:* A Global Food Security report

BSR, 2011. *Waste Not, Want Not: An Overview of Food Waste.* Royaume-Uni, 6 p.

Bridgwater E. et Quested T., 2011. *Synthesis of Food Waste Compositional Data 2010.* Royaume-Uni, 30 p.

Buchner B., Fischler C., Gustafson E., Reilly J., Riccardi G., Ricordi C. et Veronesi U., 2012. *Food waste : causes, impacts and proposals*. Italy, 71 p.

Chapagain A. et James K., 2011. The water and carbon footprint of household food and drink waste in the UK. Royaume-Uni, 52 p.

Cofresco Frischehalteprodukte Europa, 2011. *Das Wegwerfen von Lebensmitteln - Einstellungen und Verhaltensmuster. Ergebnisse Deutschland. Save Food Study.* [en ligne] Allemagne, 24 p. Disponible sur : http://www.cofresco.de/pdf/Results_Save_Food_Study_Germany.pdf (consulté le 30.10.2013)

Conseil National de l'Emballage, 2011. *Prévention du gaspillage et des pertes des produits de grande consommation : Le rôle clé de l'emballage*. France, 18 p.

Department for Environmental Food and Rural Affairs (DEFRA), 2010. *Household Food and Drink Waste linked to Food and Drink Purchases.* Royaume Uni, 11 p.

Escaler M. et Teng P., 2011. *'Mind the Gap': Reducing Waste and Losses in the Food Supply Chain.* NTS Insight, June 2011, 10 p.

Fremiot A., 2012. *Etude des leviers d'actions potentiels pour réduire le gaspillage alimentaire :* rapport de stage. Master 1. ADEME, 73 p.

France Nature Environnement, 2011. *Résultats des caractérisations du gaspillage alimentaire Dans les ordures ménagères et assimilées.* France, 10 p.

GIRUS, 2011. *Grenelle II : Obligation de tri à la source pour les gros producteurs de biodéchets Synthèse Préfiguration du décret d'application.* [en ligne] France, 10 p. Disponible sur : http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=77702&p1=00&p2=05&ref=17597 (consulté sur 30.10.2013)

Gustavsson J., Cederberg C., Sonesson U., van Otterdijk R. et Meybeck A., 2011. *Global food losses and food waste Extent, Causes and Prevention.* Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and Swedish Institute for Food and Biotechnology (SIK), 29 p.

Institution of Mechanical Engineers, 2013. *Global food waste not, want not* [en ligne]. Royaume-Uni, 36 p. Disponible sur : http://www.imeche.org/docs/default-source/reports/Global_Food_Report.pdf?sfvrsn=0 (Consulté le 21.10.2013)

Jan O., Tostivint C., Turbé A., O'Connor C. and Lavelle P., Flammini A., El-Hage Scialabba N., Hoogeveen J., Iweins M., Tubiello F., Peiser L. et Batello C., 2013. *Food Wastage Footprint Impacts on natural resources Technical Report.* Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO), 249 p.

Kranert M., Hafner G., Barabosz J. et Schneider F., 2012. *Determination of discarded food and proposals for a minimization of food wastage in Germany.* Allemagne, 40 p.

Laisney C., Soyeux A. et Redlingshöfer B., 2013. *Les gaspillages et les pertes de la « fourche à la fourchette » Production, distribution, consommation.* [en ligne] France, 18 p. Disponible sur *:* http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/CEP_Document_de_travail_no7_Gaspillages_alimentaires_cle0a419d.pdf (Consulté le 28.10.2013)

Langley, Joseph, et al. 2010. *Food for Thought? - A UK pilot study testing a methodology for compositional domestic food waste analysis*. In : Waste management & research, p. 220-227

Lipinski B., Hanson C., Lomax J., Kitinoja L., Waite R. et Searchinger T., 2013. *Reducing food losses and waste*. Etats-Unis, 40 p.

Ministère de l'Agriculture, 2011. *Pertes et gaspillages alimentaires Marges de manœuvre et verrous au stade de la remise directe au consommateur (distribution et restauration) et en restauration collective. Rapport Final*. [en ligne] France, 35 p. Disponible sur : http://alimentation.gouv.fr/IMG/pdf/Pertes-gaspillages_RAPPORT270112_cle02c35d.pdf (consulté le 30.10.2013)

Ministère de l'Agriculture, 2012. Dossier de presse Lutte contre le gaspillage alimentaire [en ligne] France, 9 p. Disponible sur : http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/121206_DP_GapillageAlim_OpePilotes_cle8a3514.pdf (consulté le 23.10.2013)

Ministère de l'Ecologie: Direction Générale de la Prévention et des Risques, 2011. *Rapport intermédiaire de l'étude relative au gaspillage alimentaire*. France, 29 p.

Ministère de l'Ecologie: Direction Générale de la Prévention et des Risques, 2012. *Réduction du gaspillage alimentaire État des lieux et pistes d'action - Rapport final.* France, 76 p.

Monier V., Mudgal S., Escalon V., O'Connor C., Gibon T., Anderson G., Montoux H., Reisinger H., Dolley P., Ogilvie S. et Morton G., 2010. *Final Report : Preparatory Study on Food Waste Accross EU 27*. France, 210 p.

Observatoire National des Déchets d'Ile de France (ORDIF), 2013. *Gaspillage alimentaire : les bonnes pratiques européennes.* France, 64 p.

Parfitt J., Barthel M. et Macnaughton S., 2010. *Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050.* Royaume-Uni, 18 p.

Parlement Européen, 2012. *Résolution du Parlement européen du 19 janvier 2012 sur le thème "Éviter le gaspillage des denrées alimentaires: stratégies pour une chaîne alimentaire plus efficace dans l'Union européenne" (2011/2175(INI))*. Journal officiel de l'Union Européenne, Volume 56 du 6 aout 2013, 50 p.

Quested T. et Johnson H., 2009. *Household Food and Drink Waste in the UK – Final Report.* Royaume-Uni, 95 p.

Quested T. et Parry A., 2011. *New estimates for household food and drink waste in the UK.* Royaume-Uni, 19 p.

Redlingshöfer B. et Soyeux A., 2011. *Pertes et Gaspillage.* In : Esnouf C., Russel N. et Bricas M., DuALIne-durabilité de l'alimentation face à de nouveaux enjeux. Questions à la recherche, Rapport INRA-Cirad, France, pp 113-130

Ministère de l'Agriculture (Soublin E., Coulomb P., Donius M., Ghewy X., Renaud B. et Vernier A.), 2013. *Lutte contre le gaspillage alimentaire : rapport et préconisations du groupe «Evaluation ».* France, 54 p.

Thönissen R., 2009. *Food waste: The Netherlands. Presentation to the EU Presidency Climate Smart Food Conf.*, Novembre 2009, Lund, Suède.

TNS Sofrès, 2012. *Les Français et le gaspillage alimentaire*. France, 25 p.

University of Applied Sciences Münster Institute for Sustainable Nutrition and Food Production (iSuN), 2012. *Reducing Food Waste - Identification of causes and courses of action in North Rhine-Westphalia.* Allemagne, 22p.

van Westerhoven M. et Steenhuisen F., 2010. *Bepaling voedselverliezen bij huishoudens en bedrijfscatering in Nederland*. Amsterdam : CREM, 2010

Ventour L., 2008. *The Food we waste*. Royaume-Uni, 237 p.

Ouvrage Volet 2

ADE-OMOWAYE, B. I. O., ANGERSBACH, A., TAIWO, K. A. & KNORR, D. 2001. Use of pulsed electric field pre-treatment to improve dehydration characteristics of plant based foods. *Trends in Food Science and Technology,* 12, 285-295.

ALMENAR, E., CATALA, R., HERNANDEZ-MUÑOZ, P. & GAVARA, R. 2009. Optimization of an active package for wild strawberries based on the release of 2-nonanone. *LWT - Food Science and Technology,* 42, 587-593.

BARDAKI, C., KOUROUTHANASSIS, P. & PRAMATARI, K. 2010. Exploring the deployment and adoption of RFID-enabled retail promotions management. *International Journal of RF Technologies: Research and Applications,* 2, 91-115.

BAXTER, I. A., EASTON, K., SCHNEEBELI, K. & WHITFIELD, F. B. 2005. High pressure processing of Australian navel orange juices: Sensory analysis and volatile flavor profiling. *Innovative Food Science and Emerging Technologies,* 6, 372-387.

BOECK, H., ROY, J., DURIF, F. & GRÉGOIRE, M. The effect of perceived intrusion on consumers' attitude towards using an RFID-based marketing program. Procedia Computer Science, 2011. 841-848.

BORM, P. J. A., ROBBINS, D., HAUBOLD, S., KUHLBUSCH, T., FISSAN, H., DONALDSON, K., SCHINS, R., STONE, V., KREYLING, W., LADEMANN, J., KRUTMANN, J., WARHEIT,

D. B. & OBERDORSTER, E. 2006. The potential risks of nanomaterials: A review carried out for ECETOC. *Particle and Fibre Toxicology,* 3.

BRUHN, C. M. 1995. Consumer attitudes and market response to irradiated food. *Journal of Food Protection,* 58, 175-181.

BRUHN, C. M. 2007. Enhancing consumer acceptance of new processing technologies. *Innovative Food Science and Emerging Technologies,* 8, 555-558.

BURRI, R. V. & BELLUCCI, S. 2008. Public perception of nanotechnology. *Journal of Nanoparticle Research,* 10, 387-391.

BUZBY, J. C. 2010. Nanotechnology for food applications: More questions than answers. *Journal of Consumer Affairs,* 44, 528-545.

CARDELLO, A. V., SCHUTZ, H. G. & LESHER, L. L. 2007. Consumer perceptions of foods processed by innovative and emerging technologies: A conjoint analytic study. *Innovative Food Science and Emerging Technologies,* 8, 73-83.

CHAU, C. F., WU, S. H. & YEN, G. C. 2007. The development of regulations for food nanotechnology. *Trends in Food Science and Technology,* 18, 269-280.

CHAUDHRY, Q., SCOTTER, M., BLACKBURN, J., ROSS, B., BOXALL, A., CASTLE, L., AITKEN, R. & WATKINS, R. 2008. Applications and implications of nanotechnologies for the food sector. *Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment,* 25, 241-258.

CHEN, H., WEISS, J. & SHAHIDI, F. 2006. Nanotechnology in nutraceuticals and functional foods. *Food Technology,* 60, 30-36.

CHIUMARELLI, M., PEREIRA, L. M., FERRARI, C. C., SARANTÓPOULOS, C. I. G. L. & HUBINGER, M. D. 2010. Cassava starch coating and citric acid to preserve quality parameters of fresh-cut "Tommy atkins" mango. *Journal of Food Science,* 75, E297-E304.

COBB, M. D. & MACOUBRIE, J. 2004. Public perceptions about nanotechnology: Risks, benefits and trust. *Journal of Nanoparticle Research,* 6, 395-405.

CONTI, J., SATTERFIELD, T. & HARTHORN, B. H. 2011. Vulnerability and social justice as factors in emergent U.S. nanotechnology risk perceptions. *Risk Analysis,* 31, 1734-1748.

CUSHEN, M., KERRY, J., MORRIS, M., CRUZ-ROMERO, M. & CUMMINS, E. 2012. Nanotechnologies in the food industry - Recent developments, risks and regulation. *Trends in Food Science and Technology,* 24, 30-46.

DA CRUZ, A. G., FONSECA FARIA, J. D. A., ISAY SAAD, S. M., ANDRÉ BOLINI, H. M., SANTANA, A. S. & CRISTIANINI, M. 2010. High pressure processing and pulsed electric fields: Potential use in probiotic dairy foods processing. *Trends in Food Science and Technology,* 21, 483-493.

DAVIS, F. D. 1989. Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly,* 13, 319-340.

DAVIS, F. D. 1993. User acceptance of information technology: system characteristics, user perceptions and behavioral impacts. *International Journal of Man-Machine Studies,* 38, 475-487.

DEL NOBILE, M. A., CONTE, A., SCROCCO, C., LAVERSE, J., BRESCIA, I., CONVERSA, G. & ELIA, A. 2009. New packaging strategies to preserve fresh-cut artichoke quality during refrigerated storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies,* 10, 128-133.

DELIZA, R., ROSENTHAL, A., ABADIO, F. B. D., SILVA, C. H. O. & CASTILLO, C. 2005. Application of high pressure technology in the fruit juice processing: Benefits perceived by consumers. *Journal of Food Engineering,* 67, 241-246.

DELIZA, R., ROSENTHAL, A. & SILVA, A. L. S. 2003. Consumer attitude towards information on non conventional technology. *Trends in Food Science and Technology,* 14, 43-49.

EVANS, G. & COX, D. N. 2006. Australian consumers' antecedents of attitudes towards foods produced by novel technologies. *British Food Journal,* 108, 916-930.

EZHILARASI, P. N., KARTHIK, P., CHHANWAL, N. & ANANDHARAMAKRISHNAN, C. 2012. Nanoencapsulation Techniques for Food Bioactive Components: A Review. *Food and Bioprocess Technology*, 1-20.

FERNÁNDEZ, P. P., SANZ, P. D., MOLINA-GARCÍA, A. D., OTERO, L., GUIGNON, B. & VAUDAGNA, S. R. 2007. Conventional freezing plus high pressure-low temperature treatment: Physical properties, microbial quality and storage stability of beef meat. *Meat Science,* 77, 616-625.

FIFE-SCHAW, C. & ROWE, G. 1996. Public perceptions of everyday food hazards: A psychometric study. *Risk Analysis,* 16, 487-500.

FIFE-SCHAW, C. & ROWE, G. 2000. Extending the application of the psychometric approach for assessing public perceptions of food risks: some methodological considerations. *Journal of Risk Research,* 3, 167-179.

FISCHER, A. R. H., RONTELTAP, A., MARVIN, H. J. P., VOORDOUW, J. & STIJNEN, D. submitted. Communicating nanotechnology: Talking about applications or the technology matters for public risk and benefit perceptions

FISCHER, A. R. H., TUDORAN, A. A., VAN TRIJP, H. C. M., HOFENK, D., RONTELTAP, A., ESJBERG, L. & GRUNERT, K. in preparation. Consumer Acceptance of New Food Technologies: Three roads to consumer choice.

FISCHER, A. R. H., VAN DIJK, H., DE JONGE, J., ROWE, G. & FREWER, L. J. 2013a. Attitudes and attitudinal ambivalence change towards nanotechnology applied to food production. *Public Understanding of Science,* 22, 817-831.

FISCHER, A. R. H., VAN TRIJP, H. C. M., HOFENK, D., RONTELTAP, A. & TUDORAN, A. A. 2013b. Collation of Scientific Evidence on Consumer Acceptance of New Food Technologies: Three roads to consumer choice. Recapt - EU FP7.

FREWER, L. J., FISCHER, A. R. H., BRENNAN, M., BÁNÁTI, D., LION, R., MEERTENS, R. M., ROWE, G., SIEGRIST, M., VERBEKE, W. & VEREIJKEN, C. in press. Risk/benefit

communication about food – a systematic review of the literature. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*.

FREWER, L. J., LASSEN, J., KETTLITZ, B., SCHOLDERER, J., BEEKMAN, V. & BERDAL, K. G. 2004. Societal aspects of genetically modified foods. *Food and Chemical Toxicology,* 42, 1181-1193.

FREWER, L. J., VAN DER LANS, I. A., FISCHER, A. R. H., REINDERS, M. J., MENOZZI, D., ZHANG, X., VAN DEN BERG, I. & ZIMMERMANN, K. L. 2013. Public perceptions of agri-food applications of genetic modification – A systematic review and meta-analysis. *Trends in Food Science & Technology,* 30, 142-152.

FUCHS, S. J., MATTINSON, D. S. & FELLMAN, J. K. 2008. Effect of edible coatings on postharvest quality of fresh green asparagus. *Journal of Food Processing and Preservation,* 32, 951-971.

GAO, Y., QIU, W., WU, D. & FU, Q. 2011. Assessment of clostridium perfringens spore response to high hydrostatic pressure and heat with nisin. *Applied Biochemistry and Biotechnology,* 164, 1083-1095.

GUPTA, N. 2013. *Factors influencing societal response to nanotechnology in the agrifood sector and beyond.* doctoral dissertation, Wageningen University.

GUPTA, N., FISCHER, A. R. H. & FREWER, L. J. 2011. Socio-psychological determinants of public acceptance of technologies: a review. *Public Understanding of Science,* 21, 782 - 795.

GUPTA, N., FISCHER, A. R. H., GEORGE, S. & FREWER, L. J. 2013. Expert views on societal responses to different applications of nanotechnology: a comparative analysis of experts in countries with different economic and regulatory environments. *Journal of Nanoparticle Research,* 15, 1-15.

GUPTA, N., FISCHER, A. R. H., VAN DER LANS, I. & FREWER, L. J. 2012a. Factors influencing societal response of nanotechnology: an expert stakeholder analysis. *Journal of Nanoparticle Research,* 14, 1-15.

GUPTA, N., FISCHER, A. R. H., VAN DER LANS, I. A. & FREWER, L. J. 2012b. Factors influencing societal response of nanotechnology: An expert stakeholder analysis. *Journal of Nanoparticle Research,* 14, 857.

HANDY, R. D., VON DER KAMMER, F., LEAD, J. R., HASSELLÖV, M., OWEN, R. & CRANE, M. 2008. The ecotoxicology and chemistry of manufactured nanoparticles. *Ecotoxicology,* 17, 287-314.

HEREU, A., BOVER-CID, S., GARRIGA, M. & AYMERICH, T. 2012. High hydrostatic pressure and biopreservation of dry-cured ham to meet the Food Safety Objectives for Listeria monocytogenes. *International Journal of Food Microbiology,* 154, 107-112.

HICKS, D. T., PIVARNIK, L. F., MCDERMOTT, R., RICHARD, N., HOOVER, D. G. & KNIEL, K. E. 2009. Consumer awareness and willingness to pay for high-pressure processing of ready-to-eat food. *Journal of Food Science Education,* 8, 32-38.

HO, S. S., SCHEUFELE, D. A. & CORLEY, E. A. 2011. Value Predispositions, Mass Media, and Attitudes Toward Nanotechnology: The Interplay of Public and Experts. *Science Communication,* 33, 167-200.

HOSSAIN, M. M. & PRYBUTOK, V. R. 2008. Consumer acceptance of RFID technology: An exploratory study. *IEEE Transactions on Engineering Management,* 55, 316-328.

KEARNES, M. B., GROVE-WHITE, R., MACNAGHTEN, P., WILSDON, J. & WYNNE, B. 2006. From bio to nano : learning lessons from the UK agriculture biotechnology controversy. *Science as culture,* 15, 291-307.

KLAINE, S. J., ALVAREZ, P. J. J., BATLEY, G. E., FERNANDES, T. F., HANDY, R. D., LYON, D. Y., MAHENDRA, S., MCLAUGHLIN, M. J. & LEAD, J. R. 2008. Nanomaterials in the environment: Behavior, fate, bioavailability, and effects. *Environmental Toxicology and Chemistry,* 27, 1825-1851.

KOWATSCH, T. & MAASS, W. 2010. In-store consumer behavior: How mobile recommendation agents influence usage intentions, product purchases, and store preferences. *Computers in Human Behavior,* 26, 697-704.

KUMAR, S., THIPPAREDDI, H., SUBBIAH, J., ZIVANOVIC, S., DAVIDSON, P. M. & HARTE, F. 2009. Inactivation of Escherichia coli K-12 in apple juice using combination of high-pressure homogenization and chitosan. *Journal of Food Science,* 74, M8-M14.

KUZMA, J., ROMANCHEK, J. & KOKOTOVICH, A. 2008. Upstream oversight assessment for agrifood nanotechnology: A case studies approach. *Risk Analysis,* 28, 1081-1098.

LAFORTUNE, R., CAILLET, S. & LACROIX, M. 2005. Combined effects of coating, modified atmosphere packaging, and gamma irradiation on quality maintenance of ready-to-use carrots (Daucus carota). *Journal of Food Protection,* 68, 353-359.

LAGARÓN, J. M., CABEDO, L., CAVA, D., FEIJOO, J. L., GAVARA, R. & GIMENEZ, E. 2005. Improving packaged food quality and safety. Part 2: Nanocomposites. *Food Additives and Contaminants,* 22, 994-998.

LAMPILA, P. & LÄHTEENMÄKI, L. 2007. Consumers' attitudes towards high pressure freezing of food. *British Food Journal,* 109, 838-851.

LEE, H. S. & O'MAHONY, M. 2007. Some new approaches to consumer acceptance measurement as a guide to marketing. *Food Science and Biotechnology,* 16, 863-867.

LORI, S., BUCKOW, R., KNORR, D., HEINZ, V. & LEHMACHER, A. 2007. Predictive model for inactivation of Campylobacter spp. by heat and high hydrostatic pressure. *Journal of Food Protection,* 70, 2023-2029.

LUCERA, A., COSTA, C., MASTROMATTEO, M., CONTE, A. & DEL NOBILE, M. A. 2010. Influence of different packaging systems on fresh-cut zucchini (Cucurbita pepo). *Innovative Food Science and Emerging Technologies,* 11, 361-368.

MARCOS, B., AYMERICH, T., MONFORT, J. M. & GARRIGA, M. 2007. Use of antimicrobial biodegradable packaging to control Listeria monocytogenes during storage of cooked ham. *International Journal of Food Microbiology,* 120, 152-158.

MEHTA, M. D. 2004. From Biotechnology to Nanotechnology: What Can We Learn From Earlier Technologies? *Bulletin of Science, Technology and Society,* 24, 34-39.

MIREAUX, M., COX, D. N., COTTON, A. & EVANS, G. 2007. An adaptation of repertory grid methodology to evaluate Australian consumers' perceptions of food products produced by novel technologies. *Food Quality and Preference,* 18, 834-848.

MOHAN, C. O., RAVISHANKAR, C. N., SRINIVASA GOPAL, T. K., LALITHA, K. V. & ASOK KUMAR, K. 2010. Effect of reduced oxygen atmosphere and sodium acetate treatment on the microbial quality changes of seer fish (Scomberomorus commerson) steaks stored in ice. *Food Microbiology,* 27, 526-534.

MÜLLER-SEITZ, G., DAUTZENBERG, K., CREUSEN, U. & STROMEREDER, C. 2009. Customer acceptance of RFID technology: Evidence from the German electronic retail sector. *Journal of Retailing and Consumer Services,* 16, 31-39.

NASIR, M., NORMAN, A., FAUZI, S. & AZMI, M. 2011. An RFID-based validation system for Halal Food. *International Arab Journal of Information Technology,* 8, 204-211.

NEETHIRAJAN, S. & JAYAS, D. S. 2011. Nanotechnology for the Food and Bioprocessing Industries. *Food and Bioprocess Technology,* 4, 39-47.

NIELSEN, H. B., SONNE, A. M., GRUNERT, K. G., BANATI, D., POLLÁK-TÓTH, A., LAKNER, Z., OLSEN, N. V., ŽONTAR, T. P. & PETERMAN, M. 2009. Consumer perception of the use of high-pressure processing and pulsed electric field technologies in food production. *Appetite,* 52, 115-126.

OBERDÖRSTER, G., STONE, V. & DONALDSON, K. 2007. Toxicology of nanoparticles: A historical perspective. *Nanotoxicology,* 1, 2-25.

OMS-OLIU, G., HERTOG, M. L. A. T. M., SOLIVA-FORTUNY, R., MARTÍN-BELLOSO, O. & NICOLAÏ, B. M. 2009. Recent developments in the use of modified atmosphere packaging for freshcut fruits and vegetables. *Stewart Postharvest Review,* 5, 1-11.

PRAMATARI, K. & THEOTOKIS, A. 2009. Consumer acceptance of RFID-enabled services: A model of multiple attitudes, perceived system characteristics and individual traits. *European Journal of Information Systems,* 18, 541-552.

RAVICHANDRAN, R. 2010. Nanotechnology Applications in Food and Food Processing: Innovative Green Approaches, Opportunities and Uncertainties for Global Market *International Journal of Green Nanotechnology: Physics and Chemistry,* 1, 72-96.

ROLLIN, F., KENNEDY, J. & WILLS, J. 2011. Consumers and new food technologies. *Trends in Food Science and Technology,* 22, 99-111.

RONTELTAP, A., FISCHER, A. R. H. & TOBI, H. 2011. Societal response to nanotechnology: converging technologies-converging societal response research? *Journal of Nanoparticle Research,* 13, 4399-4410.

ROTHENSEE, M. & SPIEKERMANN, S. 2008. Between extreme rejection and cautious acceptance: Consumers' reactions to RFID-based IS in retail. *Social Science Computer Review,* 26, 75-86.

SANCHEZ-MORENO, C., DE ANCOS, B., PLAZA, L., ELEZ-MARTINEZ, P. & CANO, M. P. 2009. Nutritional approaches and health-related properties of plant foods processed by high pressure and pulsed electric fields. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition,* 49, 552-576.

SANGUANSRI, P. & AUGUSTIN, M. A. 2006. Nanoscale materials development - a food industry perspective. *Trends in Food Science and Technology,* 17, 547-556.

SCHENK, M. F., VAN DER MAAS, R., SMULDERS, M. J. M., GILISSEN, L. J. W. J., FISCHER, A. R. H., VAN DER LANS, I. A. & FREWER, L. J. 2011. Hypoallergenic food products as a novel approach to alleviate mild food allergy. *Food Quality And Preference,* 22, 83-91.

SHIRSAT, N., BRUNTON, N. P., LYNG, J. G., MCKENNA, B. & SCANNELL, A. 2004. Texture, colour and sensory evaluation of a conventionally and ohmically cooked meat emulsion batter. *Journal of the Science of Food and Agriculture,* 84, 1861-1870.

SIEGRIST, M. 2008. Factors influencing public acceptance of innovative food technologies and products. *Trends in Food Science and Technology,* 19, 603-608.

SIEGRIST, M., COUSIN, M. E., KASTENHOLZ, H. & WIEK, A. 2007. Public acceptance of nanotechnology foods and food packaging: The influence of affect and trust. *Appetite,* 49, 459-466.

SILVA, M. D. S., COCENZA, D. S., GRILLO, R., MELO, N. F. S. D., TONELLO, P. S., OLIVEIRA, L. C. D., CASSIMIRO, D. L., ROSA, A. H. & FRACETO, L. F. 2011. Paraquat-loaded alginate/chitosan nanoparticles: Preparation, characterization and soil sorption studies. *Journal of Hazardous Materials,* 190, 366-374.

SINGH, H. 1991. Dose rate effect in food irradiation. A review. *Atomic Energy of Canada Limited, AECL (Report).*

SLOVIC, P. 1987. Perception of risk. *Science,* 236, 280-285.

SONNE, A. M., GRUNERT, K. G., OLSEN, N. V., GRANLI, B. S., SZABÓ, E. & BANATI, D. 2012. Consumers' perceptions of HPP and PEF food products. *British Food Journal,* 114, 85-107.

SORENSON, D. & HENCHION, M. 2011. Understanding consumers' cognitive structures with regard to high pressure processing: A means-end chain application to the chilled ready meals category. *Food Quality And Preference,* 22, 271-280.

SORENSON, D., HENCHION, M., MARCOS, B., WARD, P., MULLEN, A. M. & ALLEN, P. 2011. Consumer acceptance of high pressure processed beef-based chilled ready meals: The mediating role of food-related lifestyle factors. *Meat Science,* 87, 81-87.

SPIEKERMANN, S. 2009. RFID and privacy: What consumers really want and fear. *Personal and Ubiquitous Computing,* 13, 423-434.

URRUTIA, G., ARABAS, J., AUTIO, K., BRUL, S., HENDRICKX, M., KAKOLEWSKI, A., KNORR, D., LE BAIL, A., LILLE, M., MOLINA-GARCÍA, A. D., OUSEGUI, A., SANZ, P. D., SHEN, T. & VAN BUGGENHOUT, S. 2007. SAFE ICE: Low-temperature pressure processing of foods: Safety and quality aspects, process parameters and consumer acceptance. *Journal of Food Engineering,* 83, 293-315.

VAN DAM, Y. K. 1996. Environmental assessment of packaging: The consumer point of view. *Environmental Management,* 20, 607-614.

VAN DIJK, H., FISCHER, A. R. H. & VAN TRIJP, H. C. M. submitted. Differing views between the public and experts about nanotechnology: The importance of application type.

VAN GIESEN, R. I., FISCHER, A. R. H., VAN DIJK, H. & VAN TRIJP, H. J. M. submitted. Understanding the role of cognition and affect on consumer attitude formation toward (un)familiar attitude objects.

VAN KLEEF, E., SHIMIZU, M. & WANSINK, B. 2013. Just a bite: Considerably smaller snack portions satisfy delayed hunger and craving. *Food Quality And Preference,* 27, 96-100.

VAN OVERWALLE, F. & SIEBLER, F. 2005. A connectionist model of attitude formation and change. *Personality and Social Psychology Review,* 9, 231-274.

VANDERMOERE, F., BLANCHEMANCHE, S., BIEBERSTEIN, A., MARETTE, S. & ROOSEN, J. 2010. The morality of attitudes toward nanotechnology: About god, techno-scientific progress, and interfering with nature. *Journal of Nanoparticle Research,* 12, 373-381.

VENKATESH, V. & DAVIS, F. D. 2000. Theoretical extension of the Technology Acceptance Model: Four longitudinal field studies. *Management Science,* 46, 186-204.

VENKATESH, V., MORRIS, M. G., DAVIS, G. B. & DAVIS, F. D. 2003. User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly: Management Information Systems,* 27, 425-478.

WIESNER, M. R., LOWRY, G. V., JONES, K. L., HOCHELLA JR, M. F., DIGIULIO, R. T., CASMAN, E. & BERNHARDT, E. S. 2009. Decreasing uncertainties in assessing environmental exposure, risk, and ecological implications of nanomaterials. *Environmental Science and Technology,* 43, 6458-6462.

WILDE, G. J. S. 1982. The theory of risk homeostasis: Implications for safety and health. *Risk Analysis,* 2, 209-225.

WILDE, G. J. S. 1994. *Target Risk,* Toronto, Canada, PDE Publications.

WILDE, G. J. S., ROBERTSON, L. S. & PLESS, I. B. 2002. for and against: Does risk homeostasis theory have implications for road safety. *British Medical Journal,* 324, 1149-52.

Sites Internet

Comité de la sécurité alimentaire mondiale (CSA). [en ligne]. Disponible sur: http://www.fao.org/cfs/fr/ (consulté le 30.10.2013)

Every Crumbs Counts. Joint Food Wastage Declaration « Every Crumb Counts » [en ligne]. Disponible sur : http://everycrumbcounts.eu/ (consulté le 22.10.2013)

Food and Agriculture Organisation if the United Nations. Focus: L'alimentation: un droit fondamental de l'homme [en ligne]. Disponible sur: http://www.fao.org/focus/f/rightfood/right1.htm (consulté le 30.10.2013)

Food and Agriculture Organisation if the United Nations. Sustainablity Pathways, Projects [en ligne]. Disponible sur : http://www.fao.org/nr/sustainability/food-loss-and-waste/database/projects/en/ (consulté le 26.10.2013)

Food and Agriculture Organisation if the United Nations. FAOSTAT [en ligne]. Disponible sur: http://faostat.fao.org/ (consulté le 30.10.2013)

Fusions [en ligne]. Disponible sur : http://www.eu-fusions.org/ (consulté le 28.10.2013)

Love Food Hate Waste [en ligne]. Disponible sur : http://england.lovefoodhatewaste.com/ (consulté le 28.10.2013)

Save Food. Save food, solutions for a world aware of its resources [en ligne]. Disponible sur : http://www.save-food.org (consulté le 28.10.2013)

Think Eat Save. Think Eat Save, Reduce your foodprint [en ligne]. Disponible http://www.thinkeatsave.org/ (consulté le 26/08/2013)

Les rapports Pipame déjà parus

- Diffusion des nouvelles technologies de l'énergie (NTE) dans le bâtiment, juin 2009

- Étude de la chaîne de valeur dans l'industrie aéronautique, septembre 2009

- La logistique en France : indicateurs territoriaux, septembre 2009

- Logistique mutualisée : la filière « fruits et légumes » du marché d'intérêt national de Rungis, octobre 2009

- Logistique et distribution urbaine, novembre 2009

- Logistique : compétences à développer dans les relations « donneur d'ordre – prestataire », novembre 2009

- L'impact des technologies de l'information sur la logistique, novembre 2009

- Dimension économique et industrielle des cartes à puces, novembre 2009

- Le commerce du futur, novembre 2009

- Mutations économiques pour les industries de la santé, novembre 2009

- Réflexions prospectives autour des biomarqueurs, décembre 2009

- Mutations économiques dans le domaine de la chimie, février 2010

- Mutations économiques dans le domaine de la chimie – volet compétences, février 2010

- Mutations économiques dans le domaine automobile, avril 2010

- Maintenance et réparation aéronautiques : base de connaissances et évolution, juin 2010

- Pratiques de logistique collaborative : quelles opportunités pour les PME/ETI ?, février 2011

- Dispositifs médicaux : diagnostic et potentialités de développement de la filière française dans la concurrence internationale, juin 2011

- Étude prospective des bassins automobiles : Haute-Normandie, Lorraine et Franche-Comté, novembre 2011

- M-tourisme, décembre 2011

- Marché actuel des nouveaux produits issus du bois et évolutions à échéance 2020, février 2012

- La gestion des actifs immatériels dans les industries culturelles et créatives, mars 2012

- Le développement industriel futur de la robotique personnelle et de service en France, avril 2012

- Enjeux et perspectives des industries agroalimentaires face à la volatilité du prix des matières premières, octobre 2012

- Potentiel et perspectives de développement des plates-formes d'échanges interentreprises, janvier 2013

- Étude sur la location de biens et services innovants : nouvelles offres, nouveaux opérateurs, nouveaux modèles économiques ? janvier 2013

- Enjeux économiques des métaux stratégiques pour les filières automobiles et aéronautiques, mars 2013

- Chaînes logistiques multimodales dans l'économie verte, mars 2013

- Évolutions technologiques, mutations des services postaux et développement de services du futur, juillet 2013

- Imagerie médicale du futur, octobre 2013

- Relocalisations d'activités industrielles en France, décembre 2013

- Benchmark européen sur les plateformes chimiques, quels sont les leviers pour améliorer la compétitivité des plateformes françaises ? septembre 2014

Crédits photographiques

Couverture (horizontalement de gauche à droite) : © Fuse – Thinkstock ; © Laures – Thinkstock ; © Jevtic – Thinkstock ; © pia_ch – Thinkstock.

Cette étude porte sur les innovations technologiques pouvant être mises en œuvre par les industries agroalimentaires pour agir sur le gaspillage dans la distribution, la restauration et la consommation finale par les ménages. Vingt-six innovations technologiques sont identifiées dans le domaine des emballages et des technologies de conservation des aliments, visant à :

- améliorer la flexibilité des systèmes de production par le suivi des produits alimentaires le long de la chaîne d'approvisionnement ;
- prolonger la fraîcheur des produits alimentaires hautement périssables ;
- augmenter les propriétés barrières des emballages ;
- développer et mettre en œuvre des emballages actifs ;
- développer des procédés de stabilisation et de conservation plus respectueux de la qualité des aliments ;
- encourager l'utilisation d'emballage « portionnables » compatibles avec les exigences environnementales et de santé.

Une analyse de la perception de ces innovations technologiques par les consommateurs ainsi que des conditions de leur adoption par les différents acteurs de la chaîne alimentaire est ensuite réalisée, prenant en compte les possibilités d'évolution des technologies à dix ans.
Enfin, des recommandations visant à accompagner le développement et la mise sur le marché de ces innovations technologiques sont formulées.

DIRECTION GÉNÉRALE DE L'ALIMENTATION
DIRECTION GÉNÉRALE DES POLITIQUES AGRICOLE, AGROALIMENTAIRE ET DES TERRITOIRES
CENTRE D'ÉTUDES ET DE PROSPECTIVE (MAAF)
DIRECTION GÉNÉRALE DES ENTREPRISES

PIPAME
Pôle interministériel de Prospective et d'Anticipation des Mutations économiques