



Université de Lille 2

Faculté d'Ingénierie et Management de la Santé (ILIS)

Master 2 Nutrition, Sciences des aliments - parcours Qualité et Sécurité Alimentaires

Pauline ANDRZEJEWSKI

Analyse des risques liés aux fruits frais découpés : une approche par la norme ISO 31000

Sous la direction de Madame Caroline LANIER, Maître de Conférences

Mémoire de fin d'études de la 2^{ème} année de Master

2017 – 2018

Membres du jury :

Madame Annabelle DERAM, Présidente de jury & Professeur des Universités

Madame Caroline LANIER, Directrice de mémoire & Maître de Conférences des Universités

Madame Camille ROBERT, Auditrice/Formatrice, NSF France

Date : le 06 octobre 2018

Faculté Ingénierie et Management de la Santé - ILIS

42 rue Ambroise Paré

59120 LOOS



Remerciements

Je tenais à remercier, principalement, ma directrice de mémoire, Mme Caroline LANIER pour le temps passé ensemble, le partage de son expertise et son soutien tout le long de mon année universitaire.

Enfin, je tiens à remercier ma tutrice de stage, Mme Marie-Céline SUZANNE et l'entreprise Compass Group France qui m'ont accordé le temps nécessaire à l'élaboration de ce projet. Les techniques d'audit m'ont beaucoup apportées dans l'analyse des risques sanitaires.

Un grand merci à Mme Camille ROBERT, auditrice chez NSF France, pour sa présence à ma soutenance et l'intérêt porté pour mon sujet de mémoire.

Mes remerciements vont également à toutes les personnes qui ont contribué au succès de ce mémoire et qui m'ont conseillé et relu lors de sa rédaction.

Résumé

Les fruits frais découpés prêts à l'emploi sont des produits évolutifs et fragiles. Le processus de maturation et la prolifération de microorganismes d'altération ou de pathogènes sont ainsi à surveiller afin de garantir le maintien d'un produit de qualité. Ainsi, le conditionnement est une étape de production indispensable à la sécurité sanitaire et à l'optimisation de la durée de vie du produit. Selon une approche adaptée de la norme ISO 31000, cette étude propose d'analyser l'ensemble des risques liés au conditionnement afin d'optimiser au mieux l'évolution du produit tout en maîtrisant les risques sanitaires le concernant. Ainsi, afin de garantir un résultat probant, il a été démontré que les conditions de préparation sont généralement indissociables de l'étape de mise en emballage. De plus, les emballages actifs et l'utilisation de pression sont, entre autres, des technologies efficaces afin de lutter contre les microorganismes et permettent de conserver les qualités organoleptiques du produit.

Mots-clés : fruits, conditionnement, qualité, ISO 31000, analyse de risques, fraîche découpe

Abstract

Ready-to-eat fruits are evolving and delicate products. The ripening process and the spoilage or pathogenic microorganism proliferation must be monitored in order to ensure the product quality. In this way, packaging is an indispensable production step to safety and optimization of the product shelf-life. According to an appropriate approach based on the ISO 31000 norm, this study propose to evaluate all the packaging step threats in order to both optimize the product development and to control health hazards. In this way, to ensure a satisfactory outcome, it has been demonstrated that conditions during the production are usually inseparable from packaging step. Moreover, active packaging and pressure are, inter alia, efficient technologies to fight against microorganisms and to preserve organoleptic qualities of the product.

Key-words : fruits - packaging - quality - ISO 31000 - risk analysis - fresh cut

Liste des Abréviations

AFSSA : Agence française de sécurité sanitaire des aliments

Aw : Activité de l'eau

DLC : Date limite de consommation

EAM : Emballage sous atmosphère modifiée

ESFA : Autorité Européenne de Sécurité des Aliments

FCD : Fédération du Commerce et de la Distribution

GMS : Grandes et moyennes surfaces

HR : Humidité Relative

ISO : Organisation internationale de normalisation

LMR : Limites maximales applicables aux résidus

LS : Libre-service

MDD : Marque de distributeur

MP : Matière première

PET : Polyéthylène téréphtalate

PEbd : polyéthylène basse densité

PEhd : polyéthylène haute densité

PF : Produits finis

PP : polypropylène

PPO : Polyphénol-oxydases

PME : Petites et moyennes entreprises

PNNS : Programme National Nutrition-Santé

PS : Polystyrène

PVC : Polychlorure de Vinyle

TIA : Toxi-infections alimentaires

TIAC : Toxi-infections alimentaires collectives

UV : Ultraviolets

Glossaires

Fruits climactériques : Fruit dont la maturation est dépendante de l'éthylène et associée à l'augmentation de la respiration cellulaire.

Toxi-infections alimentaires : Infection digestive contractée par ingestion d'aliments souillés par différents micro-organismes, notamment par des bactéries ou par leurs toxines.

Humidité relative : Proportion de vapeur d'eau présente dans l'atmosphère par rapport à la quantité de vapeur d'eau nécessaire pour provoquer la saturation.

Propriétés organoleptiques : Caractéristiques d'une substance qui sont perceptibles par les organes des sens : saveur, odeur, aspect et consistance de l'objet.

Produits phyto-pharmaceutiques : Préparations destinées à protéger les végétaux et les produits de culture. Ils font partie des pesticides, qui regroupent également les biocides et les antiparasitaires à usage humain et vétérinaire.

Agriculture Raisonnée : Mode de production agricole visant à protéger l'environnement. Il s'agit d'optimiser l'utilisation d'intrants (produits phytosanitaires, fertilisants...etc), sans les exclure, afin de conserver un rendement satisfaisant.

Agriculture Biologique : Mode de production agricole excluant l'usage des produits chimiques de synthèse, des OGM et limite l'emploi d'intrants.

Sénescence : Vieillesse naturelle des tissus et de l'organisme. Elle est définie par une chute de l'intensité respiratoire conduisant à la mort cellulaire.

Hydrolyse : Destruction d'une substance chimique par l'eau.

Récepteur Cellulaire : Protéine située sur la membrane cellulaire permettant aux cellules de recevoir des messages.

Enzymes : Protéine accélérant (catalysant) les réactions chimiques de l'organisme.

Additifs : Substance naturelle ou chimique ajoutée dans les aliments dans un but technique précis (conservation, coloration...).

Substrats : Substance dont la transformation chimique est accélérée suite à l'action d'une enzyme.

Métabolismes : Ensemble des processus chimiques et biologiques de transformation de matière et d'énergie par la cellule ou l'organisme.

Biopolymères : Polymères, molécule formée par l'enchaînement de monomères (molécules simples), issus d'organismes vivants ou de polymères synthétisés à partir de ressources renouvelables.

Nanocomposites : Matériaux pour lesquels l'un des constituants, au moins, présente une dimension linéique inférieure à 100 nm.

Criticité : Hiérarchisation du degré d'importance d'un système.

Sommaire

Introduction	7
I – Contexte de la production des fruits découpés	8
1. Evolution de la filière et de la consommation des fruits	8
a. La filière des fruits frais en France.....	8
b. Consommation des fruits et comportement du consommateur	11
c. Fruits de 4 ^e Gamme : Fraiche Découpe et Frais emballé	15
2. La Qualité des fruits frais	19
a. Règlementation	19
b. Vision et exigences des consommateurs.....	23
II – Analyse des dangers	26
1) Les fruits, un produit évolutif	26
a) La maturation	26
b) Le Brunissement Enzymatique	31
2) Les contaminations parasitaires.....	33
a) Les pathogènes.....	33
b) Les microorganismes d'altération	36
3) Le conditionnement	38
a) Etapes du stockage des matières premières à la vente.....	38
b) Emballage et matière plastique	42
c) Les emballages sous atmosphères modifiées (EAM)	45
4) Approche par la méthode de management du risque (ISO 31000).....	47
a) Contexte.....	47
b) Identification des risques	48
d) Traitement des risques	54
III – Maitriser les risques en prolongeant la durée de vie du produit	56
1) La décontamination chimique, une problématique	56
2) Limites des additifs et des méthodes physiques (EMA)	57
3) Les technologies d'intérêts.....	59
a) Les traitements naturels	59
b) Les méthodes physiques émergentes	62
4) Maitrise de la température, un problème de la fourche à la fourchette	64
Conclusion	65

Introduction

Composés de nutriments essentiels tels que des vitamines, antioxydants, minéraux et fibres alimentaires, les fruits font partie intégrante du régime alimentaire. Depuis des siècles, ils sont largement consommés à travers le monde pour leurs propriétés bénéfiques pour la santé et leur teneur élevée en sucres simples.

Les évolutions de la société ont entraîné une demande croissante de praticité liée à la rapidité d'emploi du produit et la mobilité des populations durant les repas. Dès les années 80, la filière des fruits et légumes s'est alors adaptée en proposant d'abord des légumes découpés, dont la salade, pour enfin se tourner vers les fruits. Cette mode a récemment atteint la France, mais peu d'étude ont été effectuée sur le territoire. Or, actuellement, la « fraîche découpe », ou « fresh-cut » en anglais, est visible dans toute grande enseigne et conquiert les restaurations commerciales de par leur aspect frais, naturel et coloré.

Les fruits découpés sont bien plus vulnérables par rapport à la matière première. La préparation de ces fruits prêts à l'emploi, également appelés fruits de 4^e gamme, fragilise les tissus qui sont donc sensibles aux facteurs extérieurs. Ces derniers constituent notamment un terrain propice au développement de microorganismes dont des pathogènes tels que *Salmonella spp*, *E. Coli O157:H7* et *Listeria monocytogenes* (A. Meireles, 2016).

Les propriétés intrinsèques du produit (réaction enzymatique, production d'éthylène, respiration) vont également contribuer à altérer plus rapidement le produit en affectant ses propriétés organoleptiques comme, par exemple, sa fermeté, ses arômes et sa couleur. Parmi eux, le stress cellulaire, apparaissant suite à la découpe, et les interactions avec l'air vont respectivement augmenter la respiration du produit et le brunissement enzymatique. Il s'agit alors de quelques-uns des mécanismes à contrôler afin de maîtriser l'évolution du produit. L'industrie des fruits prêts à l'emploi doit alors avoir recours à des procédés spécifiques afin de rallonger au plus la durée de conservation de son produit tout en assurant son innocuité et ses qualités organoleptiques. Ainsi, plus le marché est grandissant, plus les problématiques liées à ce produit prennent de l'ampleur.

Le conditionnement est alors un des moyens permettant de s'affranchir du milieu et des difficultés liés aux microorganismes (altération, danger sanitaires). Néanmoins, son efficacité repose sur un ensemble de procédés pouvant présenter des risques sanitaires, environnementaux et impactant les propriétés organoleptiques du produit.

Cette étude propose ainsi de déterminer quels sont les impacts du conditionnement sur la qualité du fruit découpé afin de maîtriser au mieux ce procédé. Le contexte de la production des fruits découpés sera exposé dans une première partie. Puis afin de déterminer les points critiques liés au conditionnement de fruit prêt à l'emploi, une analyse de danger sera réalisée suivant la méthode de management du risque (ISO 31000). Enfin, les méthodes actuellement employées seront discutées afin de proposer certaines alternatives et ainsi, diminuer de façon corrélée les risques touchant l'aspect et la sécurité du produit.

I – Contexte de la production des fruits découpés

1. Evolution de la filière et de la consommation des fruits

a. La filière des fruits frais en France

Avec une production globale en légère baisse, la filière des fruits et légumes frais française produisait 10 millions de tonnes en 2011 contre 8,2 millions de tonnes en 2013 (dont 2,8 millions pour les fruits) (AlimAgri, 2015) et 7,8 millions de tonnes en 2016 (dont 2.5 millions de tonnes pour les fruits) (Agreste, Ctifl 2016). Cette diminution peut s'expliquer par la diminution du potentiel de production français lié au nombre des cultures fruitières allant de 42 000 exploitations en 2011, jusqu'à 37 600 exploitations en 2016 (Interfel, 2018) mais également de par le recul des superficies (Exploitations Fruitières, 2013)

Les conditions climatiques défavorables jouent également un rôle dans cette baisse de production des fruits. En effet, en 2016, une diminution de 5% en un an est survenue, aboutissant à une production métropolitaine de fruits de table moindre. Les principaux fruits touchés par cette baisse sont les abricots (- 30 %), les cerises (- 17 %), les poires (- 8 %) et les pommes (- 6 %) (GraphAgri, 2017). Néanmoins, la pomme continue d'être à la première place avec 60 % des volumes de fruits.

Au niveau des départements d'outre-mer, la banane et l'ananas sont les plus produits avec respectivement 95 % aux Antilles et 43% à La Réunion.

En accord avec la baisse de production nationale, une hausse des importations est constatée. En 2015, 43% des fruits et légumes frais consommés (hors banane) provenaient d'autres pays (Interfel, 2018).

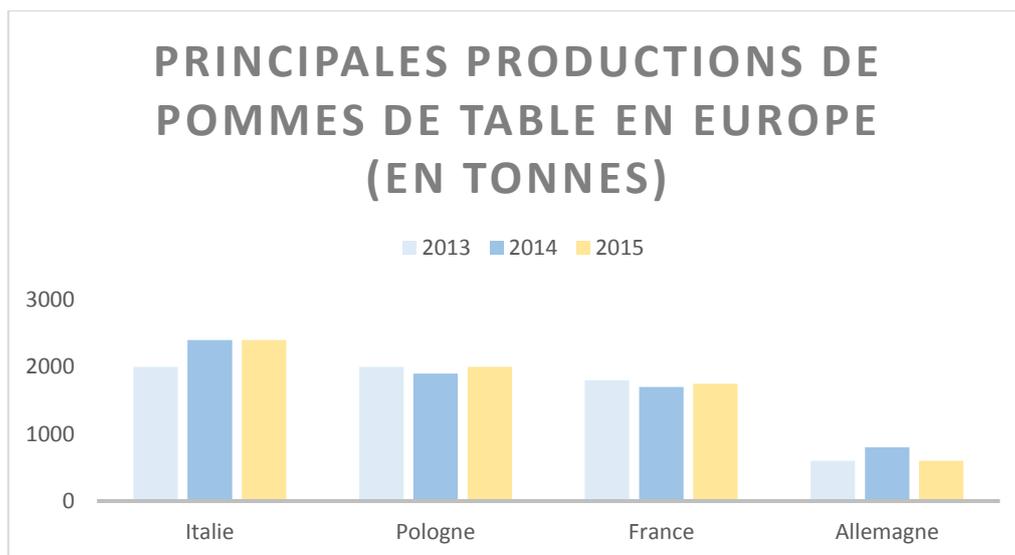


Figure 1 - Productions de Pommes de table en Europe (Agreste, novembre 2017)

Grâce à une production moyenne de 2 500 000 tonnes par an, la France représente aujourd'hui le 5^e producteur européen de fruits frais après l'Espagne, l'Italie, la Grèce et la Pologne (Agreste, eurostat, 2016) (Figure 1). Les deux derniers pays ont notamment vu leur production de pomme croître en 5 ans, provoquant alors la rétrogradation de la France de la 3^e à la 5^e place. (Annexe 1)

En France, l'exportation de pommes surplombe significativement les autres étant donné sa production (Figure 2). Elle représente 58% des exportations de fruits à destination de pays étrangers. Il s'agit également d'un fruit pouvant être vendu et consommé tout au long de l'année. Les melons, les pêches, les nectarines, les abricots et les poires constituent également une source d'exportation importante (AlimAgri, 2015).

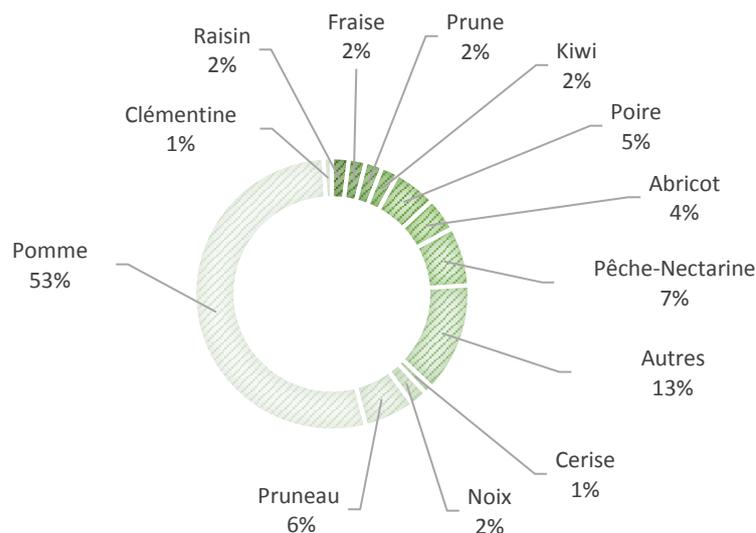


Figure 2 - Production française de fruits frais en 2016 (interfel, 2018)

En 2016, 3,4 millions de tonnes de fruits ont été importés en France pour un montant total de 4,5 milliards d'euros. Parmi eux, les fraises (13 %), le raisin de table (11 %), les pêches-nectarines (11 %), les poires (8 %) et les pommes (8 %) représentent la plus grosse part d'importation (interfel, 2018). D'après la CSIF, 43% des fruits et légumes frais consommés (hors banane) étaient d'origine étrangère. Cependant, le transport et la conservation sont des problématiques courantes au niveau des imports et exports de fruits frais. Par ailleurs, les contentieux au sujet de la logistique peuvent s'étendre au niveau national, notamment lors de transport de matière première sensible.

Le marché des fruits frais est en constante évolution. L'adaptation de la filière fruits et légumes est notamment conduite par Interfel, un organisme de droit et d'initiative privés rassemblant l'ensemble des métiers de la filière fruits et légumes frais. Reconnu par le droit rural français et par l'Union Européenne, Interfel prend en charge les orientations stratégiques de la recherche et de l'expérimentation et s'occupe également d'encourager la consommation de fruits et légumes frais via des communications à destination de la population et des entreprises.

b. Consommation des fruits et comportement du consommateur

Le Programme National Nutrition-Santé (PNNS) de 2001 avait pour objectif d'augmenter la consommation de fruits et légumes afin d'améliorer l'état de santé de la population française. En effet, leur composition est particulièrement intéressante dans la prévention de l'obésité et du diabète. Grâce à leur forte teneur en eau, ils sont considérés comme peu caloriques. Les fibres qu'ils contiennent servent aussi à calmer l'appétit rapidement et durablement. Les fruits et légumes sont reconnus comme étant riches en minéraux et en vitamines telle que la vitamine C. Par ailleurs, les antioxydants retrouvés chez ces derniers (bêta-carotène, vitamines C et E, polyphénols...) participeraient à l'aspect bénéfique et protecteur vis-à-vis des maladies cardiovasculaires et aux cancers (MangerBouger, 2018).

Par conséquent, quelle que soit leur forme (crue, cuite, nature, préparée, fraîche, surgelée ou en conserve), le ministère de la Santé visait une consommation quotidienne d'au moins 5 fruits et légumes par habitant grâce à l'application de bannière sur les publicités. Les fruits crus sont toutefois préférés par rapport à la dégradation des vitamines lors de la cuisson. De plus, lors de période de surcharge de travail, de fatigue, l'AFSSA recommande également les fruits à croquer qui n'exigent aucune préparation autre qu'un lavage, essuyage ou épluchage (AFSSA, 2002).

De par cette prévention, 79% des adolescents de 11 à 17 ans contre 59% des adultes connaissent ces repères. Le respect des recommandations varie en fonction du milieu social et du niveau d'étude : plus ces derniers sont élevés, plus la consommation alimentaire tend à répondre aux conseils du PNNS (plus de fruits, moins de boissons sucrées).

Actuellement, d'après le ministère de l'Agriculture, la pomme surplomberait les ventes en France, suivit de près par l'orange et la banane. Il s'agit d'environ 20 kg consommés chaque année par les français dont la Golden, la Gala et la Granny, (AlimAgri, 2018).

Afin de cibler la consommation de fruits, une étude de l'ANSES a été menée sur les estimations des consommations alimentaires et des apports nutritionnels des individus vivant en France métropolitaine. En 2007, les enfants de 3 à 17 ans consommaient en moyenne 68,6 g/j de fruits frais sur 1760 g/j d'aliments et boisson, soit 4% de leur ration alimentaire. Les adultes consommaient en moyenne 144,4 g/J sur un total de 2 745 g/j d'aliments et boisson, soit 5% de leur ration alimentaire (INCA2).

Cette tendance a montré une évolution à la baisse en 10 ans. D'après les informations données par l'étude INCA3 réalisée en 2017, les enfants de 0 à 10 ans consommaient 68,33 g/j de fruits frais et secs sur un total de 1 688 g/j d'aliments et boisson, soit 8,8% de la ration journalière. Les enfants et adolescents entre 11 et 17 ans consommaient 74,17 g/j de fruits frais et secs sur 2 150 g/j totaux, soit 7,5% de la ration journalière. Enfin, les adultes consommaient 129,45 g/j de fruits frais et secs sur les 2 942 g/j totaux, soit 11% de la ration journalière (Figure 3) (INCA 3).

Les fruits secs et oléagineux représentent une part négligeable (2,7g/j sur 147,1 g/j de fruits frais et secs en 2007). Par conséquent, en omettant la consommation de fruits secs et en comparant INCA2 et INCA 3, une baisse de la consommation de fruits est constatée en 2017 chez les adultes, passant de 147,1 g/j à 129,45 g/j. Néanmoins, quel que soit l'âge des individus, les fruits restent l'un des cinq premiers aliments composant la ration journalière. Ils sont communément consommés au goûter par les enfants, adolescents et adultes.

En 2017, la consommation de fruits était disparate parmi les régions de France. Le Nord-Est se distingue avec une consommation moindre : 72% au Nord-Est, 86% au Sud-Est et 84% en Ile-de-France. De même, toujours dans un contexte de comparaison régionale, les adultes consomment moins de fruits dans le Nord-Est (111g/j) que dans le Sud-Est (141 g/j).

Entre 2014 et 2015, les fruits et légumes étaient également une importante source de vitamine C (65-66% pour les enfants et adolescents et 76% pour les adultes) et en vitamine B9 (27% chez les enfants et adolescents et 36% chez les adultes). Les fruits contribuaient fortement, avec les autres produits végétaux (produits céréaliers et légumes) aux apports en glucides chez les enfants et les adolescents (40%) et chez les adultes (50%) et participent également aux apports en fibres (20 g/jour chez les adultes bien que les recommandations de l'ANSES soient de 30 g/jour).

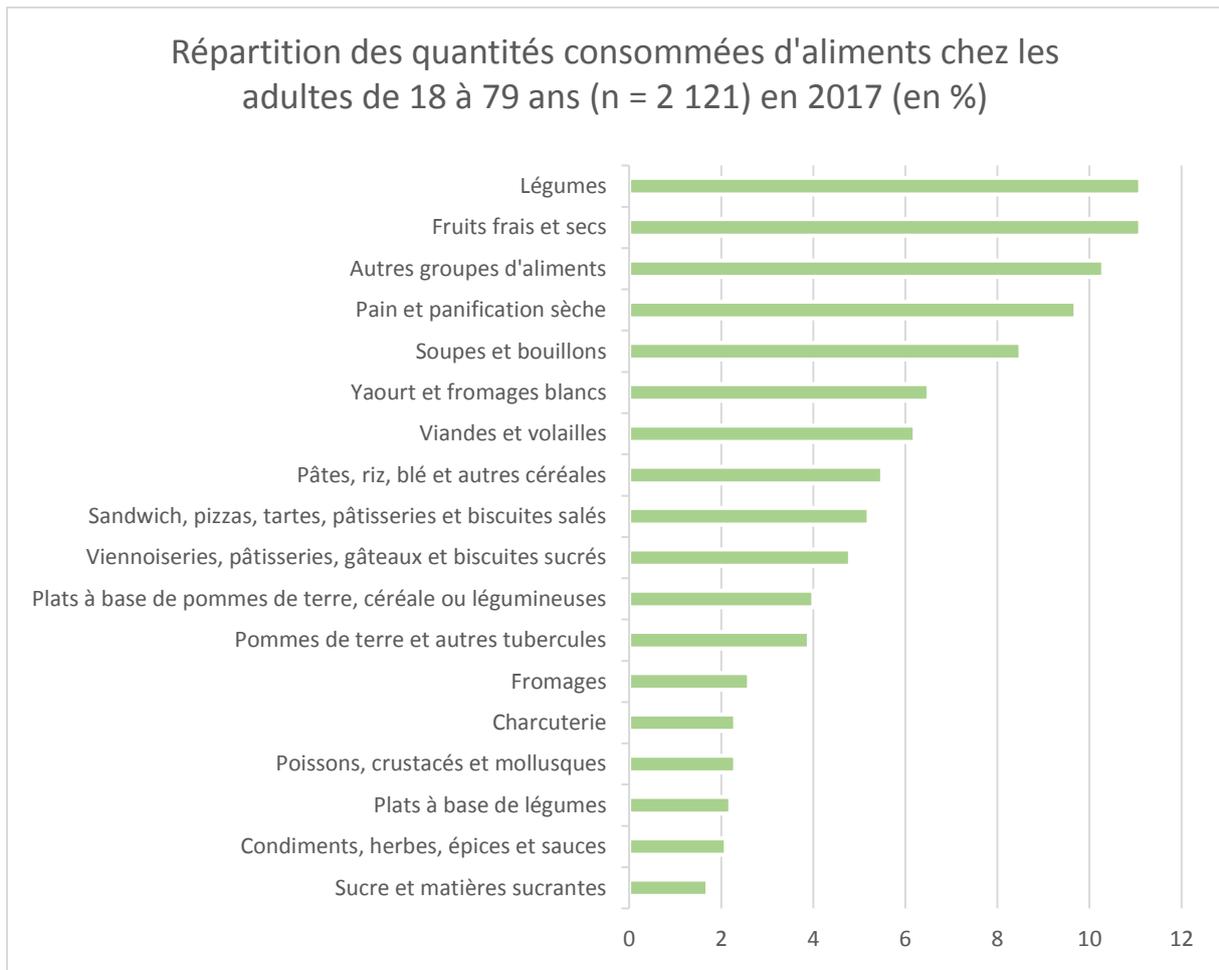


Figure 3 - Répartition des quantités consommées d'aliments chez les adultes de 18 à 79 ans (n = 2 121) en 2017 (en %) (INCA 3)

Concernant les lieux d'achat des fruits frais, comme pour les poissons, les viandes et les légumes frais, 54% des ménages privilégient les grandes surfaces. Les circuits courts, c'est à dire la vente par les producteurs ou issue de la cueillette, tendent également à prendre de l'ampleur et représentent le choix de 31% des ménages (Tableau 1). Il existe une corrélation entre le niveau d'étude de la personne de référence du ménage et son choix de lieux d'achat pour les fruits et légumes frais. Par ailleurs, plus le niveau d'étude est élevé plus les ménages sont susceptibles d'acheter leur fruits et légumes au marché ou en circuit court.

Les Hypermarchés et Supermarchés sont favorisés quant à leur proximité, leurs horaires d'ouvertures, la possibilité d'acheter d'autres produits alimentaires, les prix et promotions attractifs ainsi que la présence de produits locaux. Les grandes surfaces de frais peuvent être choisies grâce à leur proposition de produits variés, de qualité et avec une fraîcheur supérieure. Elles se démarquent également grâce aux stands de dégustation.

Les acheteurs de fruits s'intéressent aux marchés en cas d'approvisionnements complémentaires. Les fruits issus des marchés sont assimilés directement aux producteurs et donc à une fraîcheur accrue. Par ailleurs, les producteurs ont une clientèle vigilante par rapport à la qualité, l'origine et la naturalité des produits. Les acheteurs recherchent des fruits issus d'agriculture raisonnée ou biologique et une conservation améliorée de leur produit (FranceAgriMer, mai 2018).

Tableau 1 - Répartition des lieux d'achat alimentaire (% des ménages et IC à 95%) par catégorie de produit, selon l'âge de la personne de référence du ménage (n=4 166) (Anses, 2017)

		Achats de fruits (%)			
		18 – 44 ans	45 – 64 ans	65 – 79 ans	Ensemble
Fruits Frais	Grande surface (y compris hard-discount)	63,9	52,6	43,2	53,9
	Marché, cueillette ou directement auprès d'un agriculteur	25,2	30,3	39,3	31,0
	Commerce de proximité (boulangerie, épicerie, primeur, boucherie...)	9,6	14,8	14,1	12,8
	N'achète jamais cet aliment	0,9	1,6	0,7	1,1
	Non spécifié	0,3	0,8	2,7	1,1

Outre les lieux d'achats, l'obtention et la consommation de fruits peuvent se faire hors domicile. La restauration hors domicile (RHD), dont la restauration collective et commerciale, propose dans ses menus un large choix de fruits et contribue à leur consommation. En 2014, les fruits frais représentaient 208 000 tonnes et montraient une progression de +17% entre 2006 et 2011. Les fruits et légumes de 4^e gamme composant les repas de RHD ont également montré une progression de +21% lors de cette même période (Interfel, 2014).

Soucieux des éventuels risques liés à la présence de résidus de produits phyto-pharmaceutiques dans les fruits, les consommateurs procèdent à la préparation de ces derniers. Le lavage, l'épluchage et autres préparations domestiques peuvent participer à la réduction ou l'élimination des résidus de pesticides dans les denrées végétales. Ces procédés peuvent également alors lieu afin d'améliorer la texture en bouche et de réduire la mastication.

Plus de 90% des individus réalisent ces préparations avant de consommer les fruits, crus ou cuits. Le lavage est majoritaire pour tout type de fruit tandis que l'épluchage est plutôt réservé aux fruits de grande taille. Par conséquent, 53% des individus épluchent les pommes et poires consommées crues et 31% épluchent les pêches et nectarines consommées crues (INCA 3).

c. Fruits de 4^e Gamme : Fraiche Découpe et Frais emballé

En 2011, une étude réalisée en juillet 2011 par Côté Clients pour Interfel a montré que 22% des consommateurs n'achetaient pas de fruits à cause de leur temps de préparation ou de leur conservation limitée (Interfel, 2013).

En 2017, d'après l'étude INCA3, plusieurs facteurs peuvent freiner la consommation de fruits chez les français. Selon les adolescents de 15 à 17 ans considérant ne pas manger suffisamment de fruit, 39% déclarent ne pas apprécier les fruits, 12% pensent que cela coute excessivement cher et enfin, 11% suggèrent que la préparation, en d'autres termes l'épluchage, prend trop de temps. Par ailleurs, le niveau d'étude ou le sexe des adolescents interrogés n'a montré aucune influence significative sur ces avis.

Ces facteurs reviennent chez les adultes. Parmi ceux considérant ne pas consommer assez de fruits (38%), 33% trouvent le prix rédhibitoire, 20% n'aime pas ce type de produit et 9,4% suggèrent que le temps de préparation est trop long (ANSES, 2017).

Le temps de préparation des produits d'origine végétale a été contré, dès les années 80, grâce à l'apparition de la fraiche découpe et plus particulièrement des salades prédécoupées en sachet (L. Delpont, Les Echos, 2018). Les fruits et légumes de 4ème gamme correspondent aux fruits et légumes lavés, épluchés, égouttés et coupés puis conditionnés. On les retrouve généralement au rayon frais en



Figure 3 - Cubes de mangue

libre-service (Interfel, 2013). Deux catégories se démarquent alors : la fraiche découpe, sans additif, ni conservateur et les « frais emballés ». Ces derniers peuvent être conservés dans une atmosphère sous vide ou sous atmosphère modifiée à l'aide d'un gaz neutre ou enrichie en azote afin d'améliorer leur conservation.



Figure 4 - Mélange de fruit ou « mix » (kiwi, fraise, melon, raisin à gauche et fraise, myrtille, fruit du dragon à droite)

La Fraiche découpe consiste à préparer et emballer des fruits frais directement dans les Grandes et moyennes surfaces (GMS) et Primeurs. Ils sont parfois présentés dans un kiosque et découpés directement face aux consommateurs. D'autres part, les

« frais emballés » sont préparés chez un industriel ou de façon semi artisanale puis livrés aux GMS ou entreprises de restauration (Marc Pajotin, Frais Emincés, 2018) (Interfel, 2017). Dans les deux cas, la date limite de consommation (DLC) est indiquée sur l'emballage.

Les formes sont également variables. Les fruits issus de la fraiche découpe sont présentés seuls ou mixés, entiers, en cubes, en tranches ou encore en bâtonnets. Le conditionnement permet aux entreprises de se distinguer grâce l'emploi de barquette, shaker ou plateau.

Au vu de l'aspect fragile des fruits découpés, la fraiche découpe impose de réceptionner, de préparer et d'expédier ces derniers dans un court laps de temps. Les produits doivent être stockés à une température de 4°C et se conservent de 4 à 6 jours

(Vivert, 2018). Le prix y est plus conséquent sauf en cas de promotion. Il s'agit donc d'un produit à forte valeur ajoutée.

Toutefois, les consommateurs cherchant à rentabiliser leur temps et manger plus sainement se tournent vers ces repas frais pour leur praticité, leur simplicité et leur saveur. La naturalité et l'aspect artisanal de ses snackings sains séduisent d'autant plus les consommateurs.



Figure 5 – Shakers avec fruits découpés seuls ou mixés en rayon

De plus, ces fruits prêts à consommer ont encouragé des consommateurs qui n'osaient acheter ces derniers en vrac ou cherchant à consommer sain tout en restant nomade. Par conséquent, les fruits les plus achetés en fraîche découpe sont les ananas qui, en vrac, sont laborieux à préparer. De même, les fruits exotiques, les pastèques et les melons sont fortement demandés. La découpe de ces fruits permet également aux consommateurs de s'affranchir du volume conséquent de ces fruits entiers, inapproprié pour une consommation individuelle.

D'abord apparue chez les primeurs dans les années 2000, puis dans les GMS, la fraîche découpe ne cesse de s'étendre et représentait 37 millions d'euros en 2017, avec une croissance de 42% (L. Delpont, Les Echos, 2018). La préparation des fruits est alors soit réalisée sur place, soit via des prestataires extérieurs. Cependant, la deuxième option, bien que plus rentable pour le distributeur, conduit à la proposition de fruits en J+2 et donc moins frais.

Parmi les GMS, Carrefour fut le pionnier dans les années 2000, suivi de ses concurrents. Leclerc n'a investi que plus tardivement en 2012 pour généraliser ce concept. Cora a opté pour une production internalisée dans chacune de ses enseignes alors que d'autres, tel qu'Auchan, sous-loue avec parcimonie une partie de leur rayon à la Fraîcherie (20 kiosques) (J. Delvallée, LSA, 2014).

Vertu est, quant à lui, situé chez Casino, Franprix et Sushi Daily. Intermarché s'est lancé dans la course avec une phase de test en 2014. Par ailleurs, les volumes plus importants peuvent être fournis par des petites et moyennes entreprises (PME) spécialisées et régionales et sont vendus, avec présence de code-barres, hors kiosque. Ainsi, Frais Émincés approvisionne de grandes enseignes tels que Carrefour, Intermarché, Auchan, E.Leclerc et Système U (Frais émincés, 2018).

Florette, fournisseur de McDonalds et de sa gamme « Les fruits à croquer », détient 46% du marché des barquettes en rayon. Le 1^{er} avril 2018, l'entreprise a rebaptisé la gamme « Fraicheur Florette », lancée en 2015, en « Les Idées Fraiches » et a pour projet d'investir 3 millions d'euros dans ces 3 sites proposant des services de découpe suite à une demande croissante. A titre d'exemple, 3 000 tonnes ont été livrées en 2017 contre 300 en 2015.

En tant qu'entreprise, McDonalds fait partie des précurseurs du snacking sain. La célèbre enseigne a incorporé, dès 2007, des fruits en guise de dessert dans ces menus « Happy Meal » destinés aux enfants. Crudi-Bakkavor, racheté par Florette, proposait, entre autre, la « P'tite Pomme », suivie du « P'tit Ananas » en 2008, de la « La P'tite Orange » en 2013 et plus récemment de « La P'tite Mangue » en 2017. Le « P'tit Kiwi », introduit en 2011 et fournit par Macè, a permis la consommation de 1,5 millions de kiwis cette même année. (P. Christen, Process Alimentaire, 2012)(Florette, 2017).



Figure 6 - La gamme de fruits à croquer McDonalds (Ananas, Pomme, Orange et Kiwi)

Les industriels doivent optimiser la conservation des fruits tout en les préparant selon une cadence élevée et en s'adaptant à la diversification de l'offre. Des machines garantissant l'atteinte de ces objectifs ont vu le jour et ce, sans négliger la sécurité des opérateurs et l'hygiène des denrées alimentaires. Par exemple, ABL a présenté il y a quelques années une peleuse/dénoyauteuse de mangue ou une cubeuse de pastèque. La récolte des biodéchets peut être envisageable sur certaine machine, conçue avec des gouttières centrale inclinée pour leur évacuation (S. Perraut, Process Alimentaire, 2013). Ces machines, comme les emballages et pratiques de fabrication, doivent répondre aux exigences des consommateurs et surtout aux exigences réglementaires.

2. La Qualité des fruits frais

a. Réglementation

En effet, la vente de fruits frais est régie par de nombreux règlements européens, arrêtés et décrets nationaux. Ces prescriptions ont notamment pour but de protéger le consommateur des dangers liés aux denrées alimentaires qu'ils soient d'ordre physique, chimique ou biologique.

L'hygiène des aliments est encadrée par le Règlement (CE) n°178/2002 du Parlement européen et du Conseil du 28 janvier 2002, constituant la base du paquet hygiène. La production et la distribution sont ainsi surveillées pour les fruits frais. Vient s'ajouter la transformation, notamment via un processus d'épluchage et de découpe pour les fruits de 4^e gamme. Ce texte fixe les procédures relatives à la sécurité des denrées alimentaires et institue l'ESFA (Autorité Européenne de Sécurité des Aliments). L'ESFA a pour mission d'évaluer les risques liés à la sécurité alimentaire et a pour équivalent français l'ANSES.

Les fruits sont communément considérés comme sains et bénéfiques pour la santé. Toutefois, il est probable que leur consommation entraîne des maladies à des degrés variables. Généralement, par rapport aux aliments d'origines animales, les maladies alimentaires d'origine non animale sont moins sérieuses en termes d'hospitalisations et de décès. Bien que les pesticides représentent actuellement la plus grande source d'inquiétude pour les consommateurs et leur santé, l'ESFA a révélé un risque élevé de contamination de melons par *Salmonella* (ESFA, 2015).

D'un point de vue chimique, les limites maximales applicables aux résidus (LMR) de pesticides présents dans ou sur les denrées alimentaires sont stipulées dans le règlement (CE) n° 396/2005 du Parlement Européen et du Conseil. Le niveau de pesticide ne peut alors excéder 0,01 mg/kg en ce qui concerne les « produits pour lesquels aucune LMR spécifique n'a été établie à l'annexe II ou à l'annexe III ou pour les substances actives ne figurant pas à l'annexe IV »

Les contaminants font également l'objet d'une surveillance accrue. Concernant les fruits, d'après le règlement (CEE) n° 1881/2006, la teneur maximale de plomb, à l'état frais, est de 0,10 mg/kg pour les fruits et 0,20 mg/kg pour les petits fruits et les baies. Le cadmium est limité à 0,05 mg/kg. La teneur maximale s'applique une fois le fruit lavé et la partie comestible séparée. Enfin, les biocides utilisés contre les insectes, parasites et microorganismes doivent être dans la liste des produits autorisés selon le règlement (UE) n° 528/2012 du Parlement Européen et du Conseil.

D'un point de vu National, l'Arrêté du 20 juillet 1956 relatif au commerce des fruits et légumes détermine les conditions auxquels les fruits doivent répondre. Entre autres, ces derniers doivent être, dans un premier temps, « entiers, propres, dépourvus d'humidité extérieure ou de traces de produits de traitements, sains, c'est-à-dire exempts d'attaques d'insectes ou de maladies et indemnes de défauts graves nuisant à leur comestibilité ou à leur aspect ». Dans un second temps, ils doivent « avoir atteint un degré de développement et de maturité conforme aux usages loyaux et constants du commerce ».

Il est exigé que tout colis ou tout lot de fruits doit être exempt de corps étrangers tels que des branchages, terre, débris végétaux, etc. sauf dérogation lors d'usages particuliers de présentation traditionnelle. De même, lorsque les fruits sont conditionnés dans un emballage renfermant une quantité inférieure à 5kg, ces derniers doivent avoir été triés afin d'assurer leur homogénéité d'un point de vue de la qualité, du calibre et de la variété.

Le règlement (UE) n° 543/2011 fixe des normes spécifiques aux pommes, aux agrumes, aux kiwis, aux pêches et nectarines, aux poires, aux fraises et aux raisins de table. Ce règlement fixe les obligations concernant la classification du produit en catégorie telles que « Extra » (exempte de tout défaut), I (de bonne qualité, présentant de légers défauts) ou II (de qualité marchande c'est-à-dire, un produit pour lequel certains défauts plus importants sont admis). Le calibrage (diamètre, longueur, largeur ou poids) la présentation et le marquage sont stipulés dans ce même règlement (Europa, 2018).

Le conditionnement des fruits et légumes, les emballages utilisés pour ces marchandises, doivent répondre aux prescriptions de l'article 3 du décret n° 55-1126 du 19 août 1955. Par conséquent, les emballages renfermant des fruits et légumes destinés à la vente pour être consommés à l'état frais doivent être propres et en bon état. La préservation des fruits et légumes doit se faire grâce à des récipients les contenant dans des conditions telles qu'ils ne puissent être ni altérés, ni écrasés.

De plus, dans le cas d'éviter toute contamination par des substances chimiques, le papier d'emballage utilisé pour les fruits et légumes doit être « soit blanc, soit coloré au moyen de l'une des substances dont l'emploi est autorisé pour envelopper des produits alimentaires ». Par ailleurs, le contact direct de papier imprimé avec les fruits ou légumes est interdit.

Il est à noter que le règlement (CE) n° 1935/2004 du Parlement Européen et du Conseil concernant les matériaux et objets destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires n'est pas applicable aux matériaux d'enrobage et d'enduit qui font corps avec les denrées alimentaires et sont susceptibles d'être consommés avec elles. Cependant, les matériaux qui ne sont pas destinés à être consommés avec elles entre dans le champ d'application de ce règlement.

D'après l'annexe III-D de l'arrêté du 2 octobre 1997 relatif aux additifs pouvant être employés dans la fabrication des denrées destinées à l'alimentation humaine, plusieurs substances sont contraintes en termes de quantité. Les fruits frais entiers étant non transformés devront être exempts d'additif et de colorant selon le respect du principe de transfert établi à l'article 18, paragraphe 1, point a), du règlement (CE) no 1333/2008. La liste exhaustive des additifs alimentaires (conservateurs, antioxydants...) devra être respectée pour les fruits de 4^e gamme.

Enfin, le règlement communautaire (CE) n°2073/2005 définit des critères microbiologiques de sécurité des produits (en rouge dans les tableaux récapitulatifs ci-joints), ainsi que des critères indicateurs d'hygiène des procédés applicables en cas d'activités de fabrication ou de préparation de denrées en atelier ou en rayon en magasin (en bleu).

De ce fait, d'après ce règlement, les critères microbiologiques pour les fruits de 4^e gamme dans les rayons « à la coupe » sont les suivantes (FCD, 2016) :

Tableau 2 - Critères microbiologiques concernant les fruits de 4^e gamme en kiosque (FCD, 2016)

Denrées	Catégorie de Denrées	Microorganismes	Fin du procédé de fabrication		Mise en vente	
			M	Remarques	M	Remarques
E.1.IVème gamme, crudités non assaisonnées, salades de fruits frais et jus de fruits frais	E.1.5.Salades de fruits frais et jus de fruits frais non pasteurisés	Flore lactique	1 000	/	10 000	/
		Levures et moisissures	1 000	/	10 000	/
		Escherichia coli	10	Critère procédé du règlement (CE) n°2073/2005 à 100g	100	/
		Salmonella/25g	Absence	/	Absence	/
		Listeria monocytogenes/25g	100	Critère valable pour les produits de moins de 5 jours sinon interprétation selon le règlement (CE) n°2073/2005	100	Critère valable pour les produits de moins de 5 jours sinon interprétation selon le règlement (CE) n°2073/2005

Les critères microbiologiques FCD applicables aux marques de distributeurs, marques premiers prix et matières premières dans leur conditionnement initial industriel sont également déterminés afin de pouvoir déterminer la DLC du produit (Tableau 3). Une étude comprenant une batterie de test fondée sur ces critères est effectuée afin de déterminer l'acceptabilité des procédés et du produit. Lorsque les essais portés sur les échantillons sont concluants, le produit peut être distribué. Lors de non-conformité, c'est-à-dire le dépassement de ces critères, des actions correctives seront menées en étroite collaboration entre le fournisseur et le distributeur (FCD, 2016).

b. Vision et exigences des consommateurs

Dans le secteur alimentaire, la notion de qualité est au centre des considérations des consommateurs. Ce terme reprend différentes composantes pouvant la définir (Qualité Performance, 2018) :

- La qualité nutritionnelle : les consommateurs exigent d'un aliment qu'il soit sain et équilibré nutritionnellement, c'est-à-dire ne présentant pas d'excès ni de déficits. Dans le langage courant des consommateurs, cette notion est régulièrement associée à une faible proportion de lipides et glucides au sein d'un même aliment.
- La qualité sanitaire : Cette notion est directement liée à la sécurité microbiologique, physique ou encore chimique. La mise en place de procédure opérationnelle permet aux denrées de correspondre aux exigences issues de la réglementation et des normes afin d'être sûres et propres à la consommation.
- La qualité organoleptique : Cette notion est liée principalement au goût et à l'appétence des aliments en général. Elle est considérée comme subjective et relative aux goûts variés des consommateurs et dépend donc de chacun. Cependant, la qualité organoleptique reste fondamentale dans l'esprit des consommateurs. De même, au moment de l'achat de fruits, la perception visuelle est primordiale. Elle peut néanmoins changer selon les saisons : la couleur est importante en automne et la maturité au printemps (FranceAgrimer, 2018).

Tableau 3 - Critères microbiologiques concernant les fruits de 4e gamme en conque en industrie et en laboratoire (GMS) (FCD, 2016)

Denrées	Germes	Critères Règlements (CE) n°2073/2005	Critère MP/MDD LS Réception Distribution (R)	Critère MP/MDD LS à DLC/DLUO Distribution (D)	Actions correctives	Commentaires
3. Salades de fruits frais et jus de fruits frais non pasteurisés	Flore lactique		50 000*	1 000 000*	2	*Sous réserve d'un organoleptique
	Levures et moisissures		10 000*	1 000 000*	2	*Sous réserve d'un organoleptique
	Escherichia coli	100	10	10	1	
	Salmonella	Absence/25g	Absence/25g	Absence/25	3	
	Listeria monocytogenes	Absence/25g*	Absence/25g*	100**	3	* Ou dérogations prévues par le règlement (CE) n°2073/2005 ** Critère valable pour les produits de moins de 5j de durée de conservation résiduelle sinon absence dans 25g ou dérogations prévues par le règlement (CE) n° 2073/2005
<p>Actions correctives détaillées (FCD, 2016)</p> <p>1 : Indicateur de procédé mesuré par le fabricant dans son plan d'autocontrôles</p> <p>2 : Indicateur de procédé non mesuré par le fabricant dans son plan d'autocontrôles (NB: Ou mesuré exceptionnellement)</p> <p>3 : Critère de sécurité, n=1, c=0</p> <p>5 : Critère de procédé avec dépassement du seuil défini dans le guide DGAI-DGCCRF-DGS des alertes en vigueur</p>						
<p>MP : Matière première, MDD : Marque de distributeur, LS : Libre-service</p> <p>(R) : Critères d'acceptabilité devant être respectés avant distribution et lors de la mise en vente</p> <p>(D) : Critères d'acceptabilité devant être respectés lorsque le produit est à DLC</p>						

Les français sont peu touchés par les produits revendiquant une qualité nutritionnelle supérieure (« enrichi », « riche », « allégé », « contribue à »). En effet, ces consommateurs privilégient les produits naturels et restent méfiants aux procédés des grands groupes industriels derrière ces allégations. Les produits bruts semblent alors liés à une offre saine et sans ajouts.

De plus, la perception de la qualité varie d'une frontière à l'autre. En effet les consommateurs perçoivent cette notion différemment selon leur nationalité, incluant alors, par exemple, les coutumes, l'éducation et les habitudes alimentaires.

Ainsi, en France, au moment de l'achat, le prix est le premier critère de choix cité par les ménages (48%), suivi par l'habitude de consommation (43%), le goût (38%) et l'origine du produit (36%). Ces quatre critères étaient également les plus cités dans l'étude INCA2 (INCA2).

En termes de fruits et légumes, en magasin, 80% des acheteurs interrogés dans l'enquête de FranceAgrimer souhaitent qu'il y ait davantage de fruits/légumes locaux. L'indication du lieu de production est attendue par 82% d'entre eux, d'où l'importance de renforcer l'information sur l'origine des produits, notamment ceux d'origine française (FranceAgrimer, 2018). La qualité peut également transparaître via une marque identifiant le producteur. Ainsi, 65 % des acheteurs interrogés se disaient rassurés par la présence de ces marques.

D'un autre point de vue, 48 % des acheteurs interrogés souhaitent qu'il y ait davantage de fruits / légumes Bio, souvent synonyme de qualité. Or, ces derniers sont le plus souvent soumis au conditionnement, emballés dans des barquettes et protégés d'un film ou emballage plastique.

L'évolution de la demande des consommateurs en termes d'origine et de respect de l'environnement dirige les agriculteurs vers les circuits courts et l'agriculture biologique. Certains s'orientent vers des sites internet et proposent des paniers aux consommateurs, soulevant ainsi une nouvelle option de livraison et conditionnement (DGCCRF, 2018).

Concernant les fruits de 4^e gamme, les acheteurs sont attirés par la praticité, la présence d'une date limite de consommation, la conservation plus longue, la possibilité d'acheter une petite quantité et l'existence de promotions donnant un prix plus abordable par rapport aux fruits frais en vrac. Toutefois, parmi les non acheteurs de 4^eme gamme, 20 % craignent la présence de conservateurs (FranceAgriMer, 2018).

II – Analyse des dangers

1) Les fruits, un produit évolutif

a) La maturation

Le développement des fruits suit plusieurs phases distinctes et successives : la croissance, la maturation et la sénescence. La période de maturation est au cœur de l'attractivité du consommateur et influencera notamment l'achat de ce dernier. En effet, elle est caractérisée par des modifications organoleptiques du fruit touchant la couleur, le parfum, les saveurs ou encore la fermeté susceptibles de pousser les consommateurs à s'intéresser au produit (Figure 7).

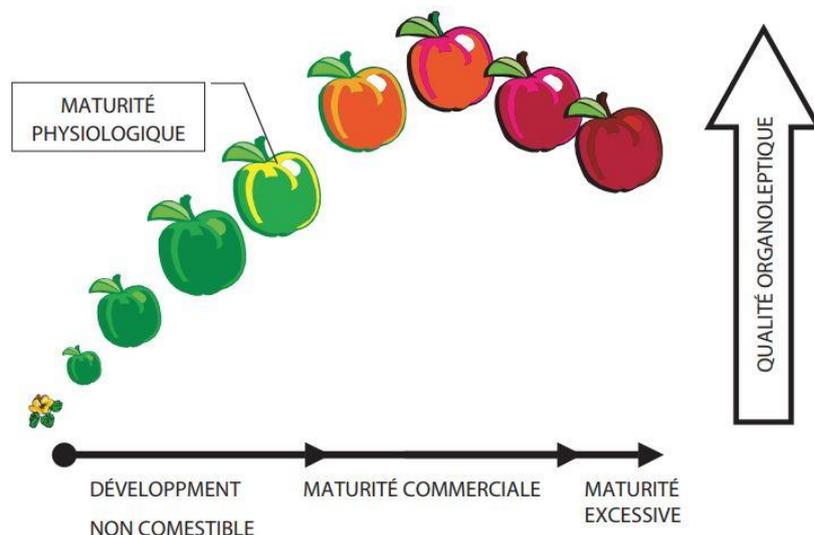


Figure 7 - Les différents stades de maturation et leur intérêt commercial (FAO, 2007)

Les fruits en croissance ou en maturation, encore liés à la plante, bénéficient des apports fournis par cette dernière. L'utilisation de CO₂ et d'une source d'énergie (lumière) lors de la photosynthèse permet à la plante de créer des sucres stockés en réserve, sous forme d'amidon, un sucre complexe. Grâce aux réactions moléculaires issues de la photosynthèse, l'accumulation et le renouvellement de cette réserve sont possibles. La plante va également fournir le fruit en eau via ses racines et sa tige.

En fin de croissance, les fruits frais récoltés peuvent contenir entre 65 à 95% d'eau et stockent des éléments nutritifs tels que des glucides, vitamines et autres oligoéléments essentiels. Néanmoins, une fois cueillit, celui-ci n'est plus en capacité de renouveler ces réserves en eau et en nutriments.

La transpiration, c'est-à-dire une perte d'eau, est un mécanisme déjà présent au niveau du fruit lorsqu'il est sur la plante. Toutefois, l'évaporation perdure une fois le fruit détaché de la plante. Par conséquent, au fur et à mesure, une rétraction et une diminution de poids sont visibles. Par ailleurs, il existe une corrélation entre le rapport surface/volume et la rapidité d'évaporation : plus la surface est grande par rapport au volume, plus l'évaporation sera rapide. L'enjeu sera ainsi de diminuer au maximum la perte en eau du produit afin de prolonger sa durée de vie, ces qualités organoleptiques et son poids. L'humidité relative de l'air au niveau de la zone de stockage, de la zone de préparation et de l'emballage du produit fini seront donc à contrôler.

La respiration, mécanisme inverse à la photosynthèse, sera le seul des deux processus à perdurer après récolte. Il y aura alors consommation d'oxygène (O₂) et d'amidons ou sucres par le fruit afin de fournir de l'énergie aux cellules, très actives (Figure 8). Lorsque les réserves glucidiques sont épuisées, la respiration cesse et le fruit débute une phase de vieillissement jusqu'à la mort cellulaire et la décomposition. La respiration reste cependant variable d'un fruit à l'autre, notamment en termes de quantité de mg CO₂/kg/h rejeté.

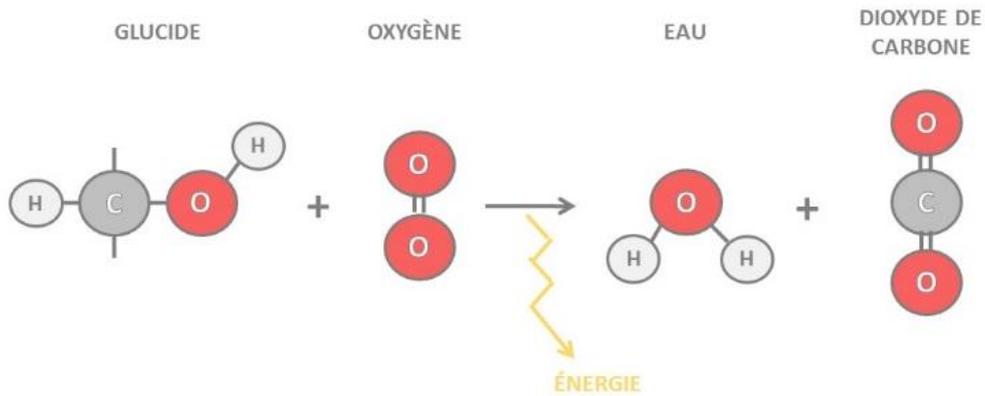


Figure 8 - Schéma simplifié de la respiration (inspiré de Unisciel, 2014)

Par exemple, la banane rejette 80 mg CO₂/kg/h alors qu'une pomme et une orange rejettent respectivement 12 mg CO₂/kg/h et 8 mg CO₂/kg/h. De plus, d'une variété à l'autre, la respiration peut être différente. Par exemple, une poire Barlett rejette 42 mg CO₂/kg/h et une Bosc rejette 14 mg CO₂/kg/h (J. B. Biale et al, 1953).

Ainsi, d'un point de vue purement biologique, la maturation entraîne une multitude de variations biochimiques et physiologiques dont l'hydrolyse de l'amidon issue des réactions de la respiration. Cela aura pour conséquence un enrichissement en saccharose, sous l'action des amylases, donnant un goût sucré plus prononcé au fruit. La fermeté du fruit sera influencée par la solubilisation des composés pectiques, situés au niveau de la paroi cellulaire des végétaux et jouant sur la rigidité de celle-ci. L'impact sur la couleur provient de la synthèse de pigments et/ou de la diminution en chlorophylles durant cette période (Figure 9 et 10) (A. S. Blervacq, 2014).



Figure 9 - Variation de la couleur des bananes durant la maturation passant de vert à jaune. Les tâches marron sont issues du brunissement enzymatique.

De plus, concernant la maturation, les fruits sont séparés en deux catégories : les fruits climactériques (pomme, abricot, banane, kiwi, mangue, melon, pêche) et non climactériques (citron, fraises, ananas, orange, framboise). Dans le premier cas, la maturation est possible après récolte et se caractérise par un ramollissement et une variation de couleur, aboutissant à la senescence des cellules. Leur maturation s'accompagne d'une augmentation de la respiration et d'un accroissement de la production d'éthylène, un gaz inodore et incolore. Celle-ci agit comme une hormone végétale stimulant la maturation du fruit et des fruits voisins sensibles.

Plusieurs degrés de sensibilité à cette hormone ont été relevés suivant la quantité de récepteurs cellulaires spécifiques à l'éthylène (Tableau 4). Dans le deuxième cas, la maturation du fruit n'est pas assimilée à une augmentation de la respiration des tissus et n'intervient pas après récolte (Ctifl, 2018). L'éthylène ne stimule pas cette dernière mais peut jouer sur l'aspect du fruit notamment sa couleur (L. Mayuoni, 2011). Déterminer la compatibilité entre les fruits au cours du stockage fait donc partie des problématiques à étudier.

Tableau 4 – Conditions de stockage optimales (Température et HR) et production et sensibilité de fruits entiers à l'éthylène (P. Brat et B. Cuq, 2007)

Fruits	Température (°C)	Humidité Relative (%)	Production d'éthylène (1)	Sensibilité à l'éthylène (2)
Pomme (cv. Golden)	4	90 – 95	TE	E
Abricot	- 0,5 – 0	90 – 95	M	M
Banane	13 – 15	90 – 95	M	M
Ananas	7 – 13	85 – 90	F	F
Kiwi	0	90 – 95	F	E
Nectarine/Pêche	- 0,5 – 0	90 – 95	M	M
Baies (myrtilles, cassis, fraises...)	- 0,5 – 0	90 – 95	F	F
Cerise	- 1 - 0	90 – 95	TF	F
Pamplemousse	14 - 15	85 – 90	TF	M
Orange	0 - 2	85 – 90	TF	M

(1) Production d'éthylène : **TF (Très faible)** (< 0,1 $\mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ à 20 °C) ; **F (Faible)** (0,1-1 $\mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ à 20 °C) ; **M (Moyenne)** (1,0-10 $\mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ à 20 °C) ; **E (Elevée)** (10-100 $\mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ à 20 °C) ; **TE (Très élevée)** (> 100 $\mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ à 20 °C).

(2) Sensibilité à l'éthylène : **F (Faible)** ; **M (Moyenne)** ; **E (Elevée)**.



Figure 10 - Variation de la couleur de la pulpe de mangue durant la maturation passant de blanche à oranger (Fernando Maul, Archives photographiques FAO).

Malgré une conservation à température et humidité optimale, les fruits restent des produits périssables. Un potentiel de conservation a été déterminé pour ces derniers, définissant par la même occasion les risques de pertes liés à un stockage prolongé (Tableau 5).

Tableau 5 - Détermination de la périssabilité et durée de vie des fruits frais à T°C et HR optimales (FAO, 1995)

Risque relatif de perte	Potentiel de conservation	Fruits
Très élevé	< 2 semaines	Abricot, cerise
Elevé	2 – 4 semaines	Banane, Mangue, Melon, Nectarine, Pêche
Moyen	4 – 8 semaines	Orange, Raisin
Bas	8 – 16 semaines	Citron

Les modifications biologiques perdurant après la découpe, des problématiques concernant la fermeté des produits peuvent être soulevées. Un choix doit donc être fait entre la texture ferme du début de maturation et les saveurs révélées en fin de maturation. Toutefois, afin de contrecarrer ce phénomène, des additifs peuvent être utilisés. La texture de poire découpée peut être préservée grâce à l'ajout de sels de calcium (R. C. Solvia-Fortuny et al., 2004). Le calcium interagit notamment avec les pectines de la membrane cellulaire. Celle-ci peut alors développer ses saveurs tout en préservant son intégrité.

b) Le brunissement enzymatique

Le brunissement enzymatique est une réaction d'oxydo-réduction se déroulant chez les végétaux. Considéré comme un mécanisme de protection contre les agressions externes et/ou se produisant lors de la maturation de certains fruits, il est visible sur l'appareil végétal et le fruit par l'apparition d'une coloration brunâtre (P. Putnik, 2017). Ainsi, une fois coupée, la couleur de la pomme vire au marron. La peau de banane, au cours de sa maturation, montre également une différence de teinte (Figure 11)



Figure 11 - Brunissement enzymatique visible sur une pomme coupée (gauche) et sur la peau d'une banane (droite)

Ce processus de brunissement se produit suite à l'action des polyphénol-oxydases (PPO), des enzymes intracellulaires. Celles-ci sont nécessaires à la production de mélanoidines, des polymères colorés, issus de la conversion de disphénol en quinone en présence d'O₂ (Figure 12).

De part cette action de conversion, l'activité des PPO constitue 1/3 du mécanisme de respiration. Les PPO participent également à la maturation des fruits et légumes, notamment au niveau du cycle de l'éthylène (Yang Cycle) et protègent les tissus lésés en formant un pansement naturel. Enfin, elles jouent un rôle contre les agressions microbiennes par production de radicaux R° (défensines).

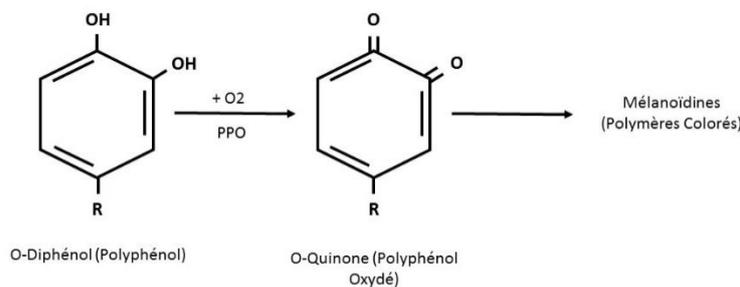


Figure 12 - Action simplifiée des Polyphénol Oxydases (PPO) (M. Carpentier, 2016)

Trois types de PPO sont impliqués dans la conversion de disphénol en quinone : les créolases et catecholoxydases chloroplastiques et mitochondriales (membranaires) et les laccases (cytosolique) (Annexe 3). Toutefois, afin de catalyser la réaction de brunissement, les PPO doivent être activées. Le cuivre (Cu^{2+}) est un activateur essentiel de ces enzymes et sa présence garantit la réaction. Plusieurs composés sont considérés comme substrat à la réaction de brunissement enzymatique. Sont retrouvés :

- Les di- et poly-phénols
- Les dérivés de certains acides aminés
- Les acides organiques
- Les flavonoïdes

Concernant les dérivés d'acides aminés, au niveau des bananes, la L-DOPA va être convertie en DOPAquinone sous l'action des PPO. Puis, une réaction de décarboxylation permettra la formation de DOPamine qui, après oxydation, sera responsable de la coloration de la banane lors de la maturation (Annexe x).

Les acides organiques, tels que l'acide gallique ou l'acide chlorogénique sont les substrats préférentiels de la réaction de brunissement enzymatique. L'acide chlorogénique se retrouve notamment dans les pommes et les poires (Lille 1, 2018). Par conséquent, la concentration en PPO et/ou en substrat peut varier d'une espèce à l'autre. Par exemple, les agrumes et l'ananas sont peu enclins au brunissement enzymatique contrairement à la pomme et la banane.

De même, le brunissement peut survenir de façon non enzymatique en présence d' O_2 . L'oxydation de l'acide ascorbique, naturellement présent dans la pomme, entrainera un changement de couleur significatif lorsque les tissus cellulaires seront en contact avec l'air (P. Putnik, 2017).

Toutefois, l'acide ascorbique (ascorbate) peut être utilisé comme additif pour limiter l'oxydation. Avec d'autres antioxydants, tels que la cystéine et/ou 4-hexylresorcinol, il est possible de ralentir les effets du brunissement sur des morceaux de poires découpées (R. C. Solvia-Fortuny et al., 2004). Des produits chimiques tels que le bisulfite de sodium, citrates ou l'alliance Calcium-ascorbate réduisent les effets du brunissement enzymatique.

Les sulfites comme, par exemple, le dioxyde de soufre, bisulfite de sodium, sulfites de sodium et de potassium, agissent également comme agent de décoloration et antimicrobiens (FAO, 2004).

Dans le cas où l'ajout d'additif n'est pas envisageable, l'utilisation de gaz inerte dans le milieu comme l'azote (N₂) empêchera l'oxygène de réagir. De plus, la vitesse de réaction des enzymes et donc leur activité peut être réduite par le froid, ce dernier ayant également un impact sur l'activité de la flore microbienne.

2) Les contaminations parasitaires

a) Les pathogènes

Le fruit frais, sans étape de transformation, stérilisation ou de désinfection, constitue un terrain propice à la contamination et au développement des microorganismes (bactéries, moisissures). La qualité du produit peut être impactée par cette microflore constituée de microorganismes d'altération, modifiant l'aspect, l'odeur et/ou le goût. D'un point de vue sanitaire, les microorganismes pathogènes présentent un risque majeur pour le consommateur et les opérateurs. Des virus pathogènes peuvent également s'y retrouver et constituer un danger supplémentaire. Ces microorganismes et virus se répandent de l'humain (ou de l'animal domestique) à la nourriture aboutissant à des maladies d'origine alimentaire.

En France, Il existe actuellement un manque de données disponibles par rapport au taux contaminations des fruits découpés. Néanmoins, des analyses en laboratoire ont montré l'apparition de pathogènes lorsque les bonnes pratiques d'hygiène et de productions n'étaient pas respectées. Parmi les pathogènes humains, sont principalement retrouvés dans les produits frais (J. Gorny, 2006) :

- Bactérie pathogène du sol : *Clostridium botulinum*, *Listeria monocytogenes*
- Bactérie pathogène provenant des fèces ou entérobactérie : *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, *E.coli O157 :H7...etc*
- Parasites pathogènes : *Cryptosporidium*, *Cyclospora*, *Giardia*
- Virus pathogènes : Hépatite A, Entérovirus, Virus du type Norwalk

A titre d'exemples, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella spp.* et *E.coli O157:H7* sont des fléaux particulièrement dangereux pour l'Homme. La contamination des fruits par ces agents et notamment due à l'exposition aux déchets humains, aux animaux ou à une eau d'irrigation contaminée (FAO, 2004).

De façon relativement rare mais possible, *Listeria monocytogenes* est responsable de la Listériose, une maladie touchant plus particulièrement les populations sensibles (femmes enceintes, personnes âgées, diabétiques insulinodépendants...). Elle présente un taux de létalité de 25 à 30% et un taux d'hospitalisation très élevé (>92%) (Anses, 2011).

Salmonella spp., lors de son ingestion avec l'aliment, provoque la salmonellose, l'un des principaux syndromes gastroentériques pouvant évoluer vers une forme septicémique ou localisée. Entre 2006 et 2008, 46,8% des foyers confirmés de toxi-infections alimentaires collectives (TIAC) étaient causés par *Salmonella spp.* (Anses, 2011).

Les TIA peuvent être provoquées par *E. coli O157:H7*, une souche pathogène d'*Escherichia coli* également appelée *E. coli* entérohémorragiques (EHEC). Ces dernières induisent des diarrhées aqueuses bénignes jusqu'à des colites hémorragiques pouvant évoluer vers des formes graves. Principalement chez les jeunes enfants, il peut y avoir apparition du syndrome hémolytique et urémique (SHU) mais également, chez l'adulte, un syndrome micro-angiopathie thrombotique (Anses, 2011).

Enfin, *Staphylococcus aureus* (staphylocoque doré) sont des bactéries présentes sur la peau, les muqueuses et la sphère rhinopharyngée chez les animaux à sang chaud et en particulier chez l'homme. Ainsi, la contamination des aliments se fait par contact direct ou indirect (squames contaminées, gouttelettes issues des voies respiratoires contenant *Staphylococcus aureus*). Elles peuvent être prélevées dans l'eau, la poussière mais également dans l'environnement (cuisine, réfrigérateur).

Ces bactéries ont comme particularité de produire des toxines appelées entérotoxines staphylococciques thermorésistantes provoquant nausées, vomissement, diarrhée. Il s'agit du troisième agent (derrière *Salmonella* et virus entériques) entraînant des maladies d'origine alimentaires (10% des foyers).

Le taux de mortalité reste cependant faible (0,02%) et touche des populations relativement sensibles à la déshydratation (nourrissons, personnes âgées). (Anses, 2011).

Des TIAC causées par *Salmonella spp.* et *E. coli O157:H7* ont été déclarées suite à l'ingestion de melons (entiers et découpés) et de poires, pastèques, fraises, mangues et raisins (entiers). *L. monocytogenes* était impliqué dans des vagues épidémiques impliquant des melons (M. Oliveira, 2015).

Le comportement de ces microorganismes varie en fonction de la température et du type de fruit. Le pH, la concentration en sucre et la forte activité de l'eau (A_w) seraient, en partie, responsable du développement et de la survie des bactéries (Annexe 6). Il a été démontré que *Salmonella*, *Escherichia coli O157:H7*, *Listeria monocytogenes* et d'autres bactéries pathogènes étaient capables de survivre et de se développer entre 4°C et 37°C au niveau de la surface des fruits tropicaux fraîchement découpés (mangue, papaye, noix de coco, fruits du dragon, ananas) (Ma et al., 2015).

Dans le cas de *Salmonella spp.* et des fruits exotiques découpés tels que le fruits du dragon, la banane, la mangue, il a été montré que la bactérie pathogène était capable de se développer de par la composition de ces fruits. Cependant, la température à laquelle *Salmonella spp.* se développait était de 28°C pour chaque fruit sauf pour la mangue et l'ananas. Ceci peut s'expliquer par la différence de pH entre chaque fruit. En effet, *Salmonella spp.* se développe particulièrement bien à pH supérieur ou égale à 4.0–4.5. Ainsi, sa prolifération était limitée sur la mangue (3.8–4.2) par rapport au fruit du dragon (4.7–5.1) et à la banane (4.5–5.2).

Quant à l'ananas, son pH très acide (3.2–4.0) et la forte présence de fibre non fermentables ne sont pas propices à la survie de salmonelles et d'autres pathogènes. La quantité de salmonelles adaptées à ces conditions est trop faible pour assurer sa son développement (Ma et al., 2015). Il est à remarquer que les pommes (pH 3.32-4.44) et les pêches (pH 3.49-4.73) coupées présentent un milieu propice à cette bactérie.

La présence de sucre rapidement disponible pour le métabolisme des bactéries, son A_w et son pH non-acide rendent le melon particulièrement vulnérable aux microorganismes tels que *Salmonella* et *Listeria monocytogenes*. De plus, des toxiinfections alimentaires ont été relevées suite à la consommation de melons contaminés par *Escherichia coli* O157:H7. Il a été montré que ce pathogène pouvait survivre sur les pommes et les pêches lorsque celle-ci étaient à température ambiante (Abadias et al., 2012).

Concernant les contaminations fongiques, plusieurs moisissures produisent des mycotoxines dans le fruit avant et après la récolte. La plus représentative est la patuline, notamment retrouvée au niveau de la pomme mais également détectée dans les bananes, pêches, abricots, raisins. Cette toxine est principalement produite par le genre *Penicillium*, en particulier *Penicillium expansum*. Sa production maximale est atteinte 2 semaines après contamination.

Son ingestion entraîne des altérations gastriques et intestinales avec ulcération et hémorragie jusqu'à des perturbations des fonctions rénales (Anses, 2011) (AFFSA, 2009). Par ailleurs, le Règlement 1881/2006/CE fixe les teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires destinées à l'homme. Dans le cas de la patuline et de pommes découpées, une quantité inférieure à 10 µg/kg est autorisée.

b) Les microorganismes d'altération

La peau des fruits constitue une protection contre les germes dégradant les pectines et/ou la cellulose composant la membrane cellulaire. La contamination fongique est principalement due à la présence de moisissures et de levures pectinolytiques. Peu nombreuses en temps normal, lors de prolifération abondante, elles induisent une altération du produit à cause du mécanisme de fermentation et dégradation (M. Oliveira, 2015). Avant et après le conditionnement, l'altération du fruit est favorisée suite à la diminution de composants antifongiques aux cours de la maturation et par la présence de blessures (choc, attaque d'insectes).



Figure 13 - Aperçu macroscopique de *Thielaviopsis paradoxa* sur un ananas

Les fruits deviennent alors plus sensibles aux microorganismes qui dégradent les parois cellulaires à l'aide d'enzymes et prolifèrent à l'intérieur des tissus lésés. Des levures et moisissures sont ainsi retrouvées à la surface de fruits découpés tels que l'ananas et le kiwi (O. S. Qadri et al., 2015).



Figure 14 – Aperçu macroscopique de *Penicillium digitatum* sur un citron

Au niveau du fruit entier, il est déjà observé l'apparition de pourritures dues à la présence de moisissures brunes, bleues (*Penicillium italicum*), vertes (*Penicillium digitatum*), roses ou grises, de pourritures issues de levures, de pourriture aigre ou encore de noircissement des tissus (anthracnose provoqué par *Colletotrichum gleosporioides*).

Comme pour les bactéries, des conditions de température élevée et de grande humidité après la récolte augmentent l'apparition de ces altérations ([FAO 2004](#)).

Chez les pommes et poires, *Penicillium expansum*, cité précédemment, se développe au niveau des blessures et provoque des pourritures humides de couleurs brunes. Les tissus sont alors mous voir liquéfiés. Généralement, les champignons de types *Penicillium* apparaissent sur des fruits déjà sénescents et se développent notamment de façon superficielle. Toutefois, dans le genre *Penicillium*, seule *P. expansum* peut altérer le produit



Figure 15 - Aperçu macroscopique de *Penicillium expansum* sur une pomme

tout en constituant un danger notable. Concernant l'ananas, une pourriture molle, grisâtre puis noire est générée à cause de *Rhizopus stolonifer* sur les fruits sénescents. *Thielaviopsis paradoxa* envahit, quant à lui l'axe central de l'ananas suite à des blessures pouvant être occasionnées par des manipulations. A 10°C, l'activité du champignon en zone de stockage perdure et provoque le ramollissement, la modification de l'apparence (brunissement des zones) et de l'odeur (acétique) (Université de Brest, 2018).

La fermentation, un processus métabolique anaérobique consistant à convertir des sucres en acides, gaz ou alcool peut également altérer le goût des fruits découpés. La fermentation lactique aboutit ainsi à la formation d'acide éthanoïque, d'acide lactique et de dioxyde de carbone alors que la fermentation alcoolique conduit à la production d'éthanol (et d'autres types d'alcool) et de dioxyde de carbone.

Bien que sans danger, certaines populations microbiennes naturellement présentes sur les fruits telles que les levures (*Saccharomyces cerevisiae*) et les bactéries lactiques peuvent proliférer, rendant le produit inconsommable d'un point de vue gustatif (INRA). Les bactéries lactiques résistent à des pH relativement faibles et donc acides.

Les acides sorbique et benzoïque et les composés du sulfite sont essentiellement employés pour inhiber la croissance des levures et des moisissures. Il s'agit de conservateur particulièrement actif contre les microorganismes à pH acide.

Les manipulations et les étapes de découpes/épluchages provoquent la rupture des cellules et le relargage de leurs contenus dans le milieu. Les fruits de 4^e gamme sont alors plus vulnérables et les nutriments directement accessibles profitent à la multiplication microbienne. Afin de minimiser les intoxications et les altérations, il est nécessaire de mettre en place des mesures spécifiques dont la protection du produit de l'environnement extérieur (M. Oliveira, 2015).

3) Le conditionnement

a) Etapes du stockage des matières premières à la vente

Les fruits choisis en fraîche découpe doivent répondre aux mêmes exigences que des fruits consommés entiers. Etant un produit évolutif, les réactions de dégradations qu'elles soient d'ordre physiologiques, enzymatiques ou encore microbiologiques sont susceptibles d'altérer la qualité du fruit. L'inactivation de ces réactions naturelles grâce à des procédés de conservation permet alors de préserver la structure initiale du fruit sur de plus longue période.

Les fruits mûrs montrent une faible stabilité physique après découpe (R. C. Solvia-Fortuny et al., 2004). Le choix de la matière première et sa conservation impacteront donc l'aspect et la texture du produit une fois conditionné. Son stade de maturité et ses facultés à produire de l'éthylène seront à choisir avec parcimonie afin de contrôler l'aspect du produit.

Les techniques de conservations lors du stockage (contrôle de température et d'HR, protection des denrées contre les nuisibles, sectorisation) sont mise en place à l'aide de protocole afin de garantir de façon optimale un aspect, une texture, un goût et la sécurité des matières premières en adéquation avec la réglementation, norme et cahier des charges du clients lors de sous-traitance.

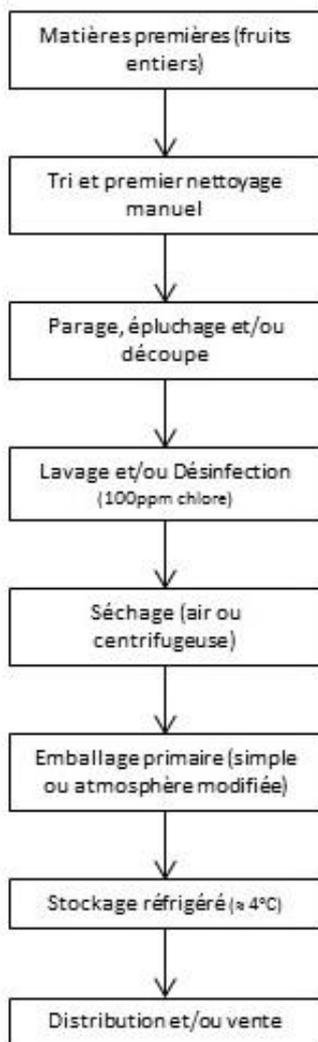


Figure 16 – Exemple de diagramme de transformation de fruits frais découpés (Inspiré des travaux de M. Oliveira, 2015)

La préparation préalable des fruits influe sur l'efficacité du conditionnement. Le tri des matières premières et leur nettoyage évitent grandement les risques de contamination microbienne et de propagation de moisissure d'un produit avec de la pourriture à un produit sain.

Le parage consiste en l'élimination des parties indésirables du fruit, c'est-à-dire ceux qui ne se conservent pas, qui consomment pas ou ne correspondant pas aux caractéristiques du produit fini (peau, noyau, pédoncule...).

Le trognon de pomme est par ailleurs une zone concentrant une grande partie des substrats du brunissement enzymatique. L'opération d'étrognage est donc indispensable.

Le pelage ou épluchage consiste à retirer la peau de certains fruits (pêches, pommes) afin d'accéder à la chair du fruit et d'obtenir un produit avec une texture et un goût parfois plus agréable. Il existe plusieurs méthodes afin d'enlever la peau : les méthodes mécanique et chimiques.

La première est notamment utilisée pour les pommes et les poires. Elle consiste à positionner le fruit dans des pinces ou alvéoles. Il y aura alors mise en contact avec des lames de couteaux suivant la forme de ces derniers. La rotation du produit permettra de retirer l'épiderme tout en évitant un maximum les pertes.

La méthode chimique comprend l'immersion des fruits dans une solution chimique (soude caustique 5 – 10%, solution alcaline : amines tertiaires, urée associées à des tensioactifs) à 80 °C selon une durée et une concentration spécifiques selon les espèces. Le rinçage est ensuite effectué avec une l'eau légèrement acidifiée avec de l'acide citrique par exemple. La peau se détachera alors du reste du fruit très aisément (P. Brat, 2007).

Cependant, l'étape d'épluchage et découpe rend le produit bien plus sensible à son environnement dû au retrait de l'épiderme, première barrière protectrice des fruits. L'eau retenue par cette barrière sera par ailleurs libérée et ne pourra plus contribuer à la structure des tissus ce qui cause un ramollissement de la texture. De plus, la réponse au stress suite à la découpe provoque chez tout fruit, climactérique ou non, une augmentation de la respiration et du catabolisme (dégradation de composé organique).

Le stress dû à la découpe impacte la production d'éthylène. L'augmentation de la production peut se manifester 10 à 30 min après la découpe, atteignant une valeur maximale plusieurs heures après. La production chez les fruits non climactériques (fraises, ananas, orange) restent toutefois moindre comparée aux fruits climactériques (pomme, banane, kiwi, mangue). La diminution de fermeté du kiwi est particulièrement flagrante après découpe (P. Brat, 2007).

Par conséquent, la manipulation de ces derniers par les opérateurs aboutit à une augmentation de risque sanitaire et peut conduire à une préservation non optimale du fruit coupé. L'utilisation de matériel défaillant ou la manipulation dans des locaux mal entretenus accentue le risque de retrouver des corps étranger (morceau de couteau, morceau de peinture..).

La migration de molécules chimiques nocives due aux équipements et matériaux utilisés au cours du processus constituent un risque chimique d'ampleur. Ces derniers doivent donc être aptes au contact alimentaire. Par exemple, l'inox, l'aluminium et certain plastiques inertes sont parfaitement conformes au contact alimentaire. Il doit être possible de désinfecter les matériaux. Le bois, sinieux, n'est donc pas admis en zone de préparation.

L'hygiène des locaux et du personnel, maintenue grâce à des plans de nettoyage adaptés et un lavage des mains, matériel et zone de préparation régulière a montré une incidence positive sur la diminution de contamination croisée.

Toutefois, sans rinçage efficace, le produit peut présenter des traces de molécules chimiques issues, par exemple, de produits d'entretien. Cela aura pour conséquence d'atteindre la santé des consommateurs mais également d'altérer l'odeur et le goût du produit.

La décontamination des fruits découpés est réalisée afin de réduire la population microbienne en surface du produits et d'atténuer l'impact des manipulations de découpe. Il existe ainsi une grande variété de produits désinfectants tels que le chlore, le peroxyde d'hydrogène, les acides organique ou encore l'ozone.

La décontamination après découpe et le séchage sont des étapes qui ne sont pas forcément présentes dans les kiosques et en restauration commerciale. En effet, la préparation sur place ne nécessite pas de rallonger impérativement la durée de vie du produit. La consommation se déroule, généralement, le jour même où le lendemain pour l'achat en kiosque. Néanmoins, les prestataires effectuant des livraisons peuvent recourir à ces étapes. Le rinçage avec une eau potable et exempte d'agent pathogène est alors primordial afin de réduire les résidus chimiques présents au niveau du fruit.

Le séchage permettra ensuite de diminuer légèrement l' A_w , propice à l'activité bactérienne et fongique. De plus, suite au rinçage, une douche d'antioxydants peut être effectuée. Il est à noter que les gants, contaminés par des microorganismes, constituent des vecteurs profitant à la contamination du produit.

Une fois décontaminées, les préparations sont placées dans un emballage adapté, intègre et stocké au frais. Les meubles froids des kiosques et restaurations commerciales accueillent directement les produits préparés selon les besoins alors que les industries vont stocker leurs préparations dans des chambres ou armoires froides, avant l'arrivée d'un camion réfrigéré, à destination du client. A titre d'exemple, il a été montré une absence de croissance microbienne sur des cubes de fruits du dragon lors d'un stockage à 4°C pendant 4 jours (H. L Sim et al., 2013).



Figure 17 - Exemple de kiosque en grande surface avec meuble réfrigéré au premier plan (LG2, BM production)

Le respect de la chaîne du froid, du stockage des MP au stockage des PF est un facteur clé de l'efficacité du conditionnement. Néanmoins, la qualité de l'emballage, associée à des conditions de stockage adapté, influence positivement la durabilité du produit.

b) Emballage et matière plastique

Ainsi, le premier rôle de l'emballage est de contenir et protéger le produit jusqu'à son achat et sa consommation. Selon la composition de l'emballage, des dangers d'ordre chimiques peuvent être considérés. Par conséquent, Il sera notamment question des emballages primaires, ou emballages de vente, directement en contact avec les aliments. Utilisés même sans étape de livraison lors de préparation sur place, le choix concernant ce dernier est important selon le temps de contact avec le produit.



Figure 18 - Emballage en plastique transparent avec film thermoscellé proposé par Florette Idées Fraîches (Florette, 2018)

En fraîche découpée, les emballages sont essentiellement en plastique transparent. Le plus souvent présentés en barquettes ou en shaker dans les kiosques, grandes surfaces et restauration commerciale, les fruits frais découpés peuvent être présentés filmés sur un plateau en PET. Des sachets peuvent également être utilisés pour les fruits comme dans le cas des « p'tits fruits à croquer » de McDonald's (FAO, 2010).

L'utilisation des shakers (Figure 19) est favorisée en restauration commerciale car ceux-ci peuvent également contenir des jus de fruits frais. Toutefois, laissant passer l'air par l'ouverture de son couvercle, ce type d'emballage n'est pas adapté aux transports et ne protège pas suffisamment le produit contre les chocs.

Les barquettes et autres « cup » avec film (Figure 18 et 20) sont donc plus adaptées aux transports grâce à leur ergonomie, permettant un amplement plus aisé sur les palettes et containers, et l'absence de contact entre l'air et le produit.

Outre leur capacité à protéger le produit, les emballages primaires peuvent présenter des dangers chimiques se déclarant sur le long terme pour le consommateur. La composition de l'emballage doit donc être sujette à de nombreuses études et analyses avant de pouvoir être utilisée. Par exemple, le phtalate, additif utilisé dans le PVC (Polychlorure de vinyle) pour le rendre plus souple a été catégorisé « perturbateur endocrinien » plusieurs années après ses premières utilisations (INRS, 2018). Dans le cas du Bisphenol A, un autre perturbateur endocrinien, lors de chauffage, la molécule se désolidarisait des autres molécules et contaminait les aliments en contact.



Figure 19 - Exemple de shakers en plastique (Vivert, 2018)



Figure 20 - Exemples de barquettes en plastiques (Fraiche-découpe, 2018)

Bien entendu, les fruits fraîchement découpés n'ont pas intérêt à être chauffés dans leur emballage primaire. Toutefois, les propriétés des fruits, en particulier lors de conservation sur la durée, peuvent entraîner une modification de la structure des polymères constituant le plastique. Le pH, l'aw et la composition en matière grasse peuvent alors engendrer des modifications physicochimiques au niveau de l'emballage. Les molécules non liées de façon covalentes vont ainsi migrées vers l'aliment lorsque les conditions sont remplies. L'encre peut également traverser les couches de polymères (France Emballage).

Actuellement, en agroalimentaire, le PET (polyéthylène téréphtalate), PEhd (polyéthylène haute densité), PEbd (polyéthylène basse densité), PS (polystyrène), PVC (Polychlorure de Vinyle) et PP (polypropylène) servent de matériaux pour concevoir les matériaux plastiques (Règlement (UE) 2018/831 de la Commission).

A ce jour, seul le PET recyclé issu de la collecte sélective des emballages est autorisé pour le contact alimentaire (Règlement (CE) n° 282/2008 de la Commission).

Ces matières plastiques constituent les matériaux de prédilection des barquettes et des shakers ainsi que des films protecteurs. Les plastiques polymériques sont largement utilisés pour leur polyvalence et leur faculté à servir aussi bien de film flexible ou de récipient rigide de tailles et formes différentes. (Z. Hussein, 2015). La famille des thermoplastiques constitue un intérêt quant à la soudure hermétique de l'emballage via la chaleur, sa transparence, sa résistance chimique et son efficacité en tant que barrière. Cependant, la composition des films va avoir un impact direct sur la capacité de l'emballage à préserver l'atmosphère en contact avec le produit.

En effet, les propriétés de l'emballage vont donc permettre de gérer l'apparition de condensation d'une part inesthétiques lors de l'achat et d'autre part, contribuant au développement microbien. La perméabilité du film plastique à l'eau aura un impact conséquent sur la préservation du fruit coupé. De même, la perméabilité du film protecteur va contribuer aux échanges gazeux entre l'intérieur et l'extérieur de l'emballage. Le choix de ce dernier est donc primordial lors de modification d'atmosphère.

Le PEhd est apprécié pour sa dureté. Il est donc généralement employé en tant qu'emballage rigide et semi-rigide. Communément utilisé dans les plateaux, le PVC est une matière dont la structure peut être modifiée thermiquement. Il a pour avantage de résister aux huiles et graisses. Cependant, le PVC non plastifié constitue une faible barrière contre les gaz et vapeur d'eau. Il n'est donc pas utilisé comme film dans les emballages sous atmosphère modifiée (EAM) contenant des fruits ayant un fort taux de respiration. Qui plus est, le PVC reste un matériau controversé à cause de la présence de chlore dans sa composition. Enfin, l'Éthylène-acétate de vinyle (EAV) possède des propriétés remarquables en termes de thermoscellage. Il sert notamment de joint afin de sceller les EAM (Z. Hussein, 2015).

c) Les emballages sous atmosphères modifiées (EAM)

Comme expliqué précédemment, la composition de l'air est extrêmement importante, que ce soit au niveau de la maturation, du brunissement enzymatique et de la flore microbienne. En combinaison avec une réfrigération, le contrôle de la composition de l'air permet alors de ralentir ces mécanismes de détérioration et d'augmenter la durabilité des produits.

Il existe deux types d'emballage sous atmosphère modifiée : EAM actif et EAM passif. Le premier consiste à remplacer ou absorber le gaz de l'emballage afin d'obtenir le mélange de gaz voulu. Cette technique peut être utilisée pour absorber ou émettre de l'éthylène (Z. Hussein, 2015). Cette technologie innovante sera traitée plus tard.

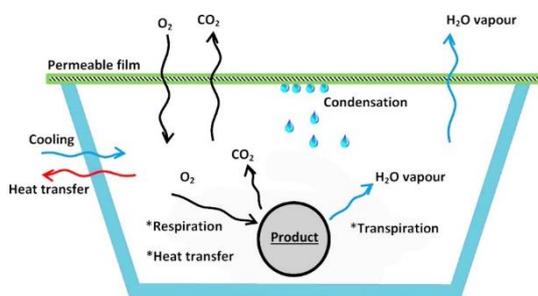


Figure 21 - Schéma simplifié des mécanismes se déroulant dans un emballage passif (Z. A. Belay, 2016) (heat transfer : transfert de chaleur ; cooling : refroidissement ; product : produit ; vapour : vapeur)

Le deuxième est basé sur l'utilisation d'un film spécifique contribuant à l'obtention naturelle de l'atmosphère désirée sous l'influence de la respiration des fruits et à la diffusion des gaz au travers du film (Figure 21) (M. Oliveira, 2015). Par ailleurs, en 2010, une revue de Ščetar et son équipe « Trends in Fruit and Vegetable Packaging » ont démontré les variations des propriétés

des matières plastiques concernant la perméabilité aux 3 principaux gaz et aux vapeurs d'eau (Tableau 7). Le choix de l'industriel devra être minutieux afin d'obtenir un EAM optimal. Le choix de l'atmosphère dépendra des caractéristiques physiologiques du fruit (respiration et transpiration), des conditions environnementales (température et humidité relative) et des propriétés des matériaux utilisés dans l'emballage (épaisseur, perforation, perméabilité à la vapeur d'eau et au gaz) (Z. A. Belay, 2016).

Généralement, les industries spécialisées dans les fruits de 4^e gamme utilisent l'O₂, CO₂ et le N₂ dans leur EAM. Comme le montre le Tableau 6, le pourcentage d'O₂ et de CO₂ impactant la respiration varie d'une espèce à l'autre.

Le CO₂ est une molécule soluble dans l'eau qui, une fois dissout, forme des acides carboniques causant une chute du pH à la surface des produits. La densité bactérienne sera donc impactée négativement par l'acidité.

Néanmoins, le potentiel antimicrobien du CO₂ va dépendre de la température, du type de microorganisme, de l'A_w et de la composition du produit (P. Putnik, 2017).

Qui plus est, lors d'une forte concentration en O₂, il a été observé une influence négative sur la fermentation, le métabolisme des bactéries aérobies et anaérobiques ainsi que l'inhibition d'enzymes impliqués dans la dégradation pigmentaire. De plus, des gaz nobles tels que l'hélium, l'argon et le xénon ont montré leur efficacité pour réduire la croissance microbienne.

En suivant l'évolution d'*E. coli* O157:H7, des tests fructueux ont été effectués sur des morceaux de pommes, pêches, ananas et melon. Par exemple, lorsque les pommes étaient présentées sur un plateau thermoscellé avec un film perméable à 40 000cc/m²/jours et stockées à 5°C, la population d'*E. coli* O157:H7 diminuée de 19,6% au lieu de 17% à 25°C (Alegre et al., 2010). Le contrôle de l'atmosphère contribue donc à diminuer le risque microbiologique. Toutefois, son efficacité se révèle d'autant plus lors d'un stockage effectué dans de bonne condition. Il est à noter que M.Oliveira et son équipe ont listé quelques expériences effectuées avec *Salmonella* et *L. monocytogenes* sur des fruits répandus en fraîche découpe (M. Oliveira, 2015).

Tableau 6 - Condition de stockage recommandée pour certains fruits sous atmosphère modifiée (M. Oliveira, 2015)

Produit	Température (°C)	Atmosphère	
		O ₂ (%)	CO ₂ (%)
Morceaux de Pomme	0 - 5	<1	-
Melon en cube	0 - 5	2	10
Morceaux de Kiwi	0 - 5	2 - 4	5 - 10
Quartier d'orange	0 - 5	14 - 21	7 - 10
Morceaux de Pêche	0	1 - 2	5 - 12
Morceaux de Poire	0 - 5	0,5	<10
Fraise découpée	0 - 5	1 - 2	5 - 10

Dans le cas de produit à forte respiration tels que les citrons, les fraises et le raisin, les taux d'O₂ et CO₂ appliqués communément ne sont pas adaptés. En effet, le développement de microorganismes anaérobiques et d'odeurs peu attrayantes lorsque le milieu était faiblement concentré en O₂ et fortement concentré en CO₂ ne convenait pas à améliorer la durée de vie de ces fruits. Les films de polymère ont alors été perforés afin d'améliorer les échanges gazeux et d'eau entre le milieu extérieur et celui de l'emballage. Cette technique a notamment permis de s'affranchir de ces limitations mais également de réduire la croissance de moisissure liée à la condensation (Z. Hussein, 2015).

Tableau 7 – Caractéristiques des emballages plastiques utilisés en agroalimentaire (M. Ščetar, 2010)

	Perméabilité (%)			Taux de perméabilité à l'eau (g/m ² /day/atm) à 38°C et HR = 90%
	O ₂	N ₂	CO ₂	
Polyéthylène basse densité	7800	2800	42 000	18
Polyéthylène haute densité	2600	650	7600	7 – 10
Polychlorure de Vinyle rigide	150 – 350	60 -150	450 -1000	30 -40
Polychlorure de Vinyle plastifié	500 – 30 000	300 – 10 000	1500 – 46 000	15 – 40
Polypropylène cast (PPcast)	3700	680	10 000	10 – 12
Polypropylène orienté (OPP)	2000	400	8000	6 – 7
Polystyrène orienté (OPS)	5000	800	18 000	100 - 125
Polypropylène orienté et Chlorure de polyvinylidène (OPP/PVDC)	10 – 20	8 - 13	35 – 50	4- 5

4) Approche par la méthode de management du risque

a) Contexte

Suite à la mise en évidence de plusieurs risques liés aux conditionnements, il serait intéressant de synthétiser ces derniers sous forme d'une analyse des dangers. Dans cette étude, une approche par la méthode de management du risque basé sur la norme ISO 31000 permettra de déterminer quels risques sont susceptibles d'impacter les objectifs fondamentaux d'entreprises réalisant des fruits de 4^e gamme.

La norme ISO 31000 permet de considérer les risques liés aux performances économiques, à la réputation, à l'environnement et la sécurité. Cette approche propose ainsi une aide afin de déterminer les programmes d'audit interne ou externe (Organisation Internationale de Normalisation, 2018). L'étude propose alors d'adapter les méthodes issues de la norme ISO 31000 afin de se concentrer plus particulièrement au niveau de problématique de sécurité sanitaire et de préservation du produit. Les aspects financier, environnemental et ressource humaine seront donc moins exploités.

b) Identification des risques

L'ensemble des propriétés des fruits aboutissent à des problématiques de maintien des conditions permettant d'obtenir un produit sain et perdurant dans le temps tout en conservant ses qualités organoleptiques. Ces aspects auront pour conséquence d'éviter les effets néfastes liés à des problématiques sanitaires telles que des amendes liées au non-respect de la réglementation, une mauvaise image de l'entreprise, une perte de contrat avec le client ou encore une perte économique due au gaspillage. Par ailleurs, garder un produit appétant le plus longtemps possibles soulève des difficultés liées à la vente et aux pertes de produits pourtant conformes à la base. Par conséquent, deux objectifs fondamentaux concernant les ventes de fruits en kiosques jusqu'à l'industrie ont ainsi pu être mis en évidence :

- Optimiser la durée de vie, l'aspect et les propriétés organoleptiques du produit
- Maîtriser les risques microbiologiques, physiques et chimiques liés au le stockage, à la découpe et au conditionnement

Suite à l'étude préalable, plusieurs ressources ont été listées selon la méthode des 5M (Milieu, Matière, Matériel, Méthode et Main d'œuvres) pour chacun des deux objectifs. Sans ces ressources, les objectifs ne peuvent être atteints de façon optimale (Figures 22 à 25). Concernant les matières premières, il sera plus particulièrement considéré les pommes, pêches, les fruits exotiques (ananas, mangues, fruits du dragon) melon et pastèque bien que la trame proposée puisse être adaptée à d'autres fruits découpés. L'emballage le plus utilisé actuellement en fraîche découpe étant les plastiques, ces derniers seront les seuls à être considérés. Les risques découlant de ces ressources névralgiques sont alors définis en annexe (Annexes 7 et 8).

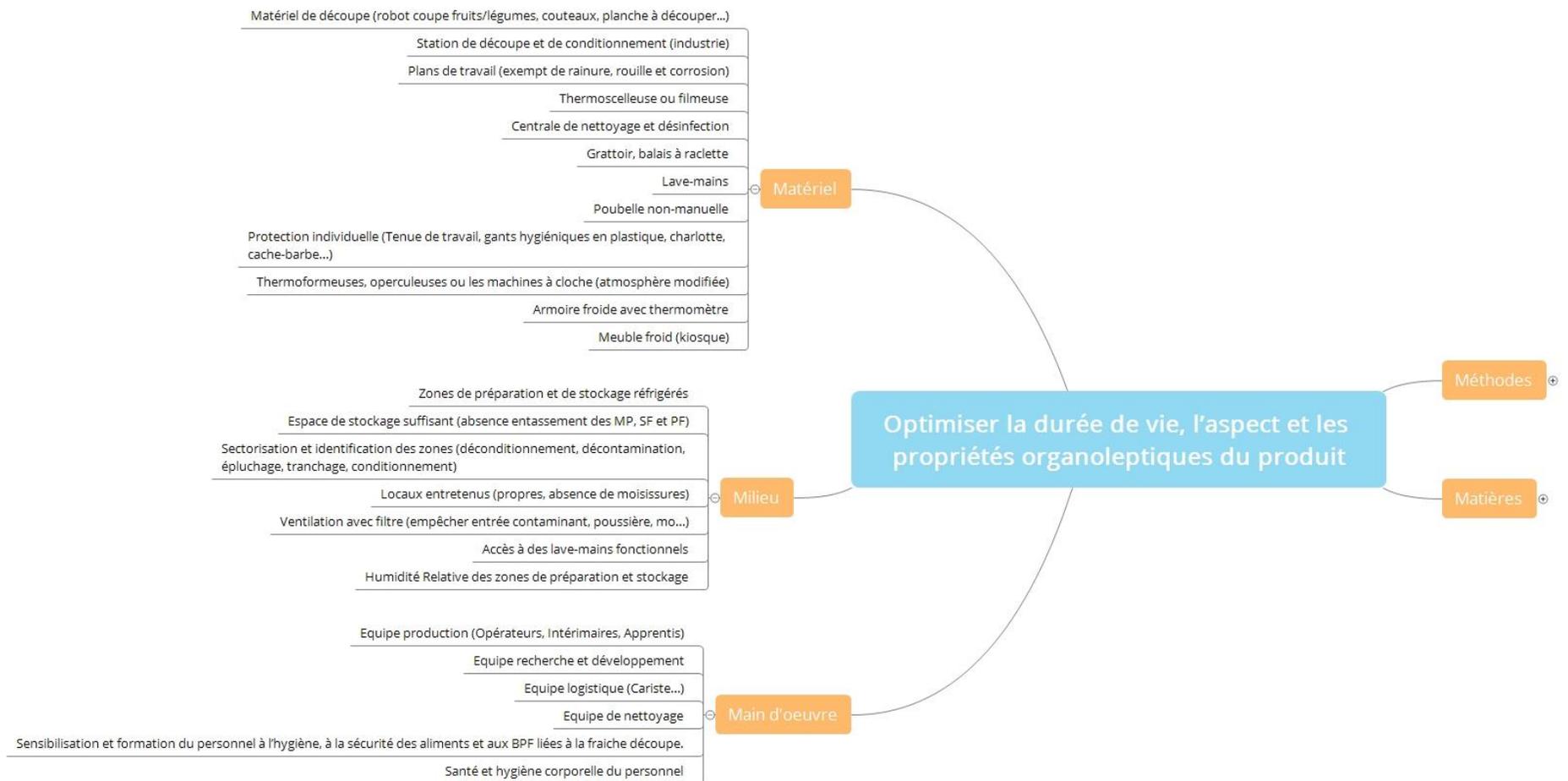


Figure 22 - Ressources impactant l'optimisation de la durée de vie, l'aspect et propriété organoleptiques du produit (Partie 1)



Figure 23 - Ressources impactant l'optimisation de la durée de vie, l'aspect et propriété organoleptiques du produit (Partie 2)

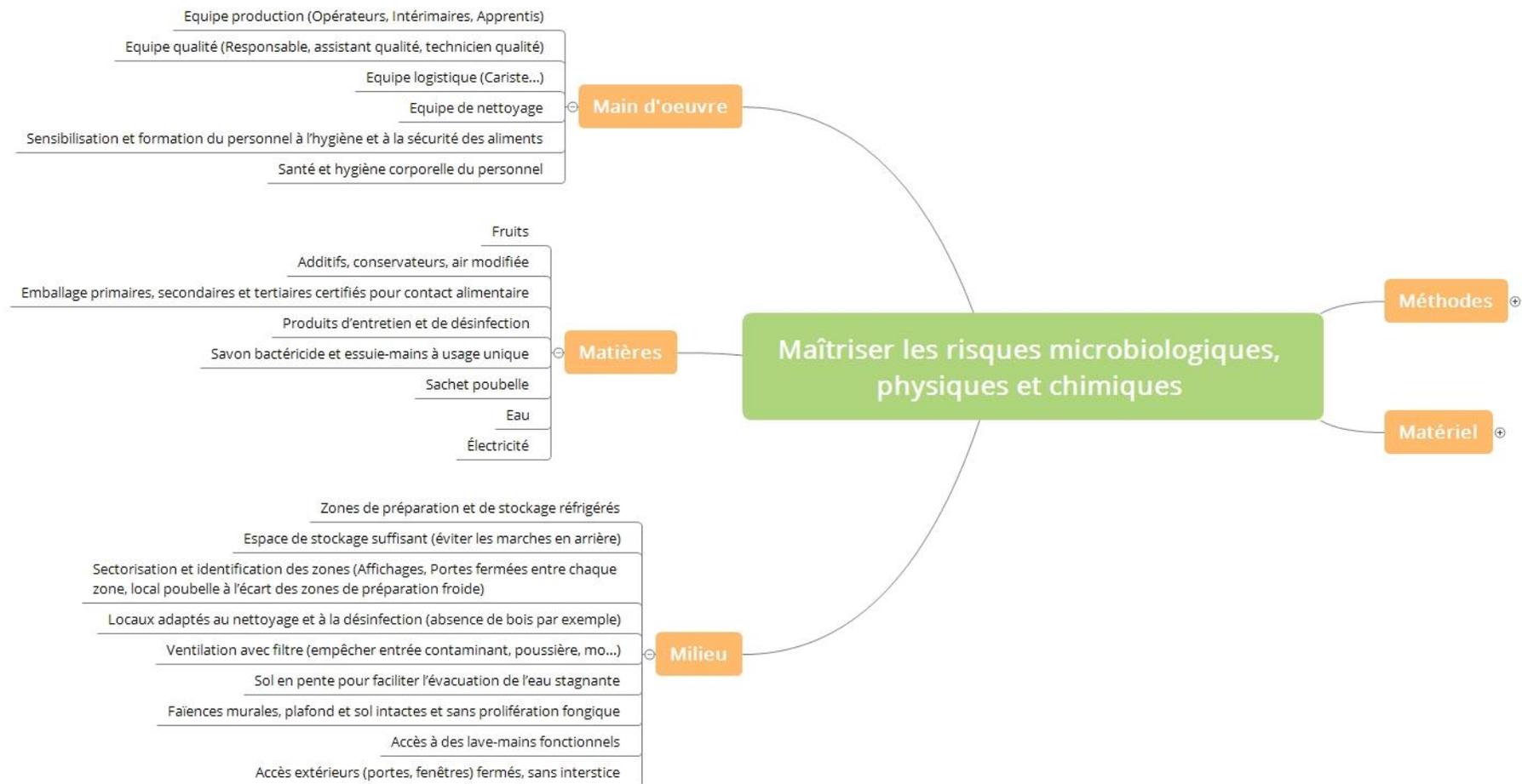


Figure 24 - Ressources impactant la maîtrise des risques microbiologique, chimiques et physiques (Partie 1)

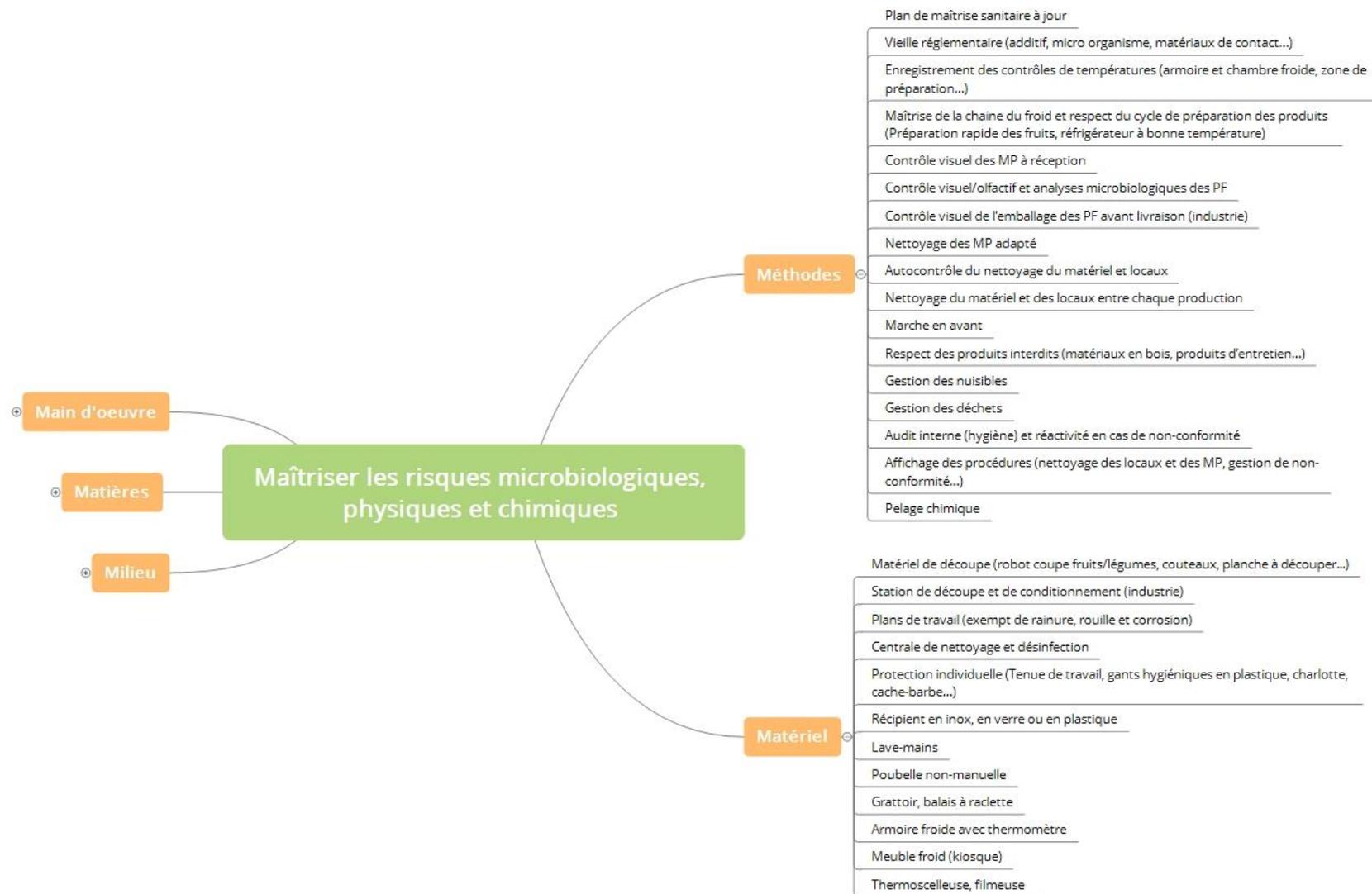


Figure 25 - Ressources impactant la maîtrise des risques microbiologique, chimiques et physiques (Partie 2)

c) Hiérarchisation des risques et analyse

La criticité (C) d'un risque est définie en fonction de sa gravité (G) et de sa fréquence (F). Ici, les différents stades de gravité sont déterminés selon l'incidence sur la santé du consommateur (produit inoffensif jusqu'à un produit considéré dangereux avec un risque mortel) ou selon l'incidence sur la durabilité du produit (très bonne conservation à mauvaise conservation, grave économiquement)

Il existe 3 niveaux de priorisation des risques permettant à l'entreprise d'orienter ses choix stratégiques selon la fréquence et la gravité des risques :

- En rouge : les risques critiques à traiter en priorité (criticité entre 8 et 16)
- En orange : les risques majeurs à surveiller (criticité entre 4 et 8)
- En vert, les risques mineurs ne nécessitant pas d'action (criticité entre 1 et 3)

Gravité						
		Annuelle	Mensuelle	Hebdomadaire	Quotidienne	Fréquence
Très Grave		4	8	12	16	
Grave		3	6	9	12	
Moyenne		2	4	6	8	
Faible		1	2	3	4	

Lorsque cette démarche sera effectuée au niveau d'une entreprise de fraiche découpe, le niveau de cotation pour certains risques pourra évoluer. Effectivement, selon leur expérience et leur environnement, chaque entreprise aura ses propres déconvenues par rapport à ces 2 objectifs. La fréquence d'apparition de ces risques sera notamment impactée, en fonction des matières premières utilisées, des protocoles déjà mis en place, des effectifs (en nombre et en savoir-faire), des ressources financières et matériels et selon la cadence de production.

Parmi les 5M, les méthodes employées sont primordiales. Leur respect et le choix concernant ces dernières peuvent impacter grandement le résultat souhaité. Elles permettent également de s'adapter par rapport au milieu, au matériel et à la main d'œuvre.

Quelques ressources constituant les 5M sont plus importantes que d'autres. Par exemple, au niveau de la maîtrise des risques sanitaires, la présence d'une zone de stockage réfrigérée, d'eau potable, de produits d'entretien adaptés, de savon bactéricide et de lave-mains constituent une base afin d'obtenir un produit sans danger microbiologiques. Les contrôles (audit, emballage, produit, matière première, température), la maîtrise de la chaîne du froid, la gestion des nuisibles et des déchets ainsi le nettoyage des équipements et locaux sont également indispensables. De plus, le port d'EPI (équipements de protection individuel) limitera la présence de microorganismes et de corps étrangers.

Tableau 8 - Exemple de cotation des risques liés à la préservation du produit (par rapport au milieu)

M	Ressources	Risques	Cotation		
			G	F	C
Milieu	Humidité Relative des zones de préparation et stockage	Perte d'eau au niveau du produit	3	1	3
	Zones de préparation et de stockage réfrigérés	Action des enzymes et dégradation de l'aspect et de la texture des fruits des fruits	2	2	4
	Espace de stockage suffisant (absence entassement des MP, SF et PF)	Présence de coups sur les MP	3	2	9
		Ecrasement des morceaux de fruits	3	1	3
		Emballage abîmé	4	3	12
	Sectorisation et identification des zones (déconditionnement, décontamination, épluchage, tranchage, conditionnement)	Contamination par des microorganismes susceptibles d'altérer l'aspect et le goût du produit	4	2	8
	Locaux entretenus (propres, absence de moisissures)				
	Ventilation avec filtre (empêcher entrée contaminant, poussière, mo...)				
	Accès à des lave-mains fonctionnels				

d) Traitement des risques

Le traitement des risques constitue la dernière étape de la gestion des risques. Généralement réalisé sur des risques persistants et ne pouvant être évités, cette étape de traitement permet de combattre les risques à la source et d'adapter le travail à l'homme tout en tenant compte des avancées technologiques et réglementaires.

Ainsi, les risques avec une gravité élevée et, susceptibles de ne pas être gérés aisément, ont été abordés dans cette partie, facilitant la réactivité des entreprise face à ces derniers. Les risques choisis sont également les plus redondants par rapport aux ressources névralgiques listées précédemment. Il est à noter que les risques nommés « préservation compromise » et « non-respect de la chaîne du froid » répondent également aux deux objectifs (Tableau 9, Annexes 9 à 14).

Tableau 9 -Traitement du risque de non-respect de la chaîne du froid

Risques	G	Cause	Action d'amélioration	Pilote	Indicateur de suivi		
Non-respect de la chaîne du froid	4	Coupure d'électricité	Adaptation des préparations ou mise en « glacières » non électrique	Equipe production	Enregistrement des contrôles des températures des armoires, meubles et chambres froides		
		Matériel en panne (réfrigérateur, meuble froid, chambre froide)	Vérification et maintenance régulières des groupes froids	Personnel technique			
		Préparation des fruits en dehors du temps imparti	Contrôle par audit interne	Equipe Qualité	Enregistrement des réactivités en cas de panne		
		Mauvais réglage de la température du réfrigérateur				Sensibilisation/formation du personnel aux BPH et BPF	Bon de passage de l'entreprise de maintenance
		Absence de réactivité en cas de NC des températures					

Ces tableaux détaillent les causes des risques, les actions et les acteurs permettant une amélioration et les indicateurs de suivi. Les indicateurs de suivi sont mis en place afin de surveiller les résultats et d'agir rapidement avant que ces derniers ne correspondent plus aux attentes de l'entreprise. Les enregistrements et les attestations de formation ou de passage de prestataire peuvent constituer de bons indicateurs de suivi.

Qui plus est, les actions d'amélioration sont à prioriser selon les capacités de l'entreprise et les résultats obtenus. Comme expliqué précédemment, celles-ci sont d'autant plus essentielles à mettre en place lorsqu'une ressource névralgique est concernée.

Il ne s'agit ici d'un exemple d'adaptation de la norme ISO 31000. Chaque entreprise ayant sa propre gamme de produits, il sera possible d'optimiser le traitement des risques en explicitant les températures idéales, les microorganismes spécifiques et le type de d'emballage utilisé selon le produit.

Plusieurs solutions sont ainsi exposées afin de permettre aux entreprises d'explicitier ces informations et ainsi maîtriser les risques sanitaires tout en optimisant la durée de vie du produit. Les entreprises peuvent donc se baser sur celles-ci afin de contrer les risques et d'optimiser la qualité de leurs produits.

III – Maîtriser les risques en prolongeant la durée de vie du produit

1) La décontamination chimique, une problématique

La décontamination des fruits fraîchement découpés permet d'améliorer la durabilité des produits en limitant la prolifération microbienne. Ce processus permet de réduire l'impact des manipulations par les opérateurs et les éventuelles contaminations qui ont pu avoir lieu. Du fait de son faible coût et de son effet sur un large spectre microbien, le chlore (hypochlorite) est le composé le plus utilisé au sein des industries de Fraîche Découpe.

Le chlore peut être retrouvé dans le Javel en solution sous forme d'hypochlorite de sodium. Le temps d'exposition des fruits découpés à ces derniers est de 5 min et la prolongation de ce temps ne joue absolument pas sur son efficacité de décontamination (A. Meireles et al., 2016).

Toutefois, il a été montré que les concentrations de chlore (50 à 200 ppm sous forme libre) n'étaient pas efficaces afin de réduire la charge d'organisme pathogène (*Escherichia coli* O157:H7) sur des légumes frais découpés (M. Oliveira, 2015). Il a été démontré que le nombre de pathogènes (*Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella*) présents sur les gants influence également négativement le degré d'inactivation par le chlore (M. C. Erickson et al., 2017). De plus, le chlore est sensible à la lumière, l'air et la température et son action dépend également du pH (B. Ramos, 2013). Qui plus est, une étude de l'université de Southampton a récemment démontré que le chlore pourrait masquer la présence d'agents pathogènes. Lors d'utilisation de solution chlorée, des pathogènes telles que *L. monocytogenes* et *S. enterica* serovar Thompson entreraient dans un état Viable mais Non Cultivable (VNC) ce qui empêcherait leur détection lors d'analyse (Vigial, 2018).

Des problématiques concernant son impact environnemental et sanitaire ont notamment été révélées. Le surdosage et le non-respect de la durée d'exposition sont donc les principaux dangers d'un point de vue sanitaire.

L'exposition prolongée aux vapeurs de se désinfectant peut entrainer des irritations cutanées et des voies respiratoires chez les travailleurs en plus de présenter des risques pour l'environnement (L. R. Beuchat, 1997). La Belgique, le Danemark, l'Allemagne et les Pays-Bas, voisins de la France, ont d'ores et déjà interdit l'utilisation de ce composé chimique (A. Meireles et al., 2016).

Des alternatives chimiques, physiques et biologiques sont alors à utiliser afin d'assurer la sécurité sanitaire du produit et de le préserver des altérations microbiennes et enzymatiques. Certaines méthodes peuvent, par ailleurs, répondre à ces deux critères.

2) Limites des additifs et des méthodes physiques (EMA)

Les additifs présentent également un risque chimique et économique. Bien qu'ils puissent améliorer la conservation des produits, l'ajout d'additifs synthétiques est particulièrement contesté par les consommateurs. Le recul n'étant pas forcément assez important pour constater les effets parfois indésirables de ces derniers, les consommateurs rejettent tout type de conservateurs chimiques. L'image de l'entreprise est en jeu lorsque cette dernière use de conservateur synthétique.

Qui plus est, les sulfites sont reconnus comme des allergènes et peuvent gravement nuire à la santé de population allergique, provoquant des réactions inflammatoire allant jusqu'au choc anaphylactique. En Europe, il est nécessaire de déclarer leur présence sur l'étiquette lorsque leur concentration atteint 10 mg/kg (Règlement INCO). Ainsi, afin de répondre à la demande, les entreprises doivent donc se tourner vers l'utilisation de techniques plus naturelles qui ne sont pas moins efficaces.



Figure 26 - Aspect supposé du sachet Cryovac

Toutefois, l'utilisation de composant chimique tel que le Lactate de Calcium (E327) pour décontaminer le produit et l'eau semble être une alternative. Le Lactate de Calcium a pour double avantage de préserver la texture ferme du fruit grâce au Calcium et d'agir comme agent microbien grâce au Lactate. Par ailleurs, ce dernier n'altère pas le goût du produit. De plus, utiliser une solution de Lactate de Calcium à 3×10^4 ppm reviendrait à utiliser 12×10^4 ppm d'hypochlorite de sodium (Javel) afin de réduire la population microbienne (A. Meireles et al., 2016).

Le conditionnement et la maîtrise de produits vivants tels que les fruits permettent de s'affranchir du gaspillage, contraignant d'un point de vue économique et environnemental. L'utilisation d'emballage sous atmosphère modifiée semble particulièrement bien adaptée pour contrer les effets néfastes sur une durée bien plus conséquente et satisfaisante. Par exemple, lorsque celui-ci est maîtrisé, les fruits découpés peuvent garder une couleur, un goût et une texture agréables sous 25 jours à 5°C au lieu de 2 à 3 jours en temps normal.

Ce résultat a notamment été obtenu sur des mangues et ananas découpés, produit phare de nombreuses enseignes. Les fruits étaient alors pelés à la main, découpés en dés, blanchis, trempés dans de l'acide ascorbique puis emballés isolément dans des sachets Cryovac B-900. Le mélange de gaz optimal utilisé était de 10% CO₂, 4% O₂, 86% N₂. La forte concentration de CO₂ inhibe la croissance microbienne tant dit que la concentration en O₂ était suffisante pour préserver la



Figure 27 - Exemple d'emballage sous atmosphère modifiée (Sealpac, 2018)

respiration du fruit tout en empêchant le passage d'un milieu aérobie à anaérobie. De plus, il a été constaté que l'alliance du blanchiment, de la mise en solution d'acide ascorbique et du stockage à 5°C donnait des résultats extrêmement positifs sur l'inhibition des enzymes de brunissement (M. Martínez-Ferrer, 2002). Le blanchiment reste un traitement thermique (1-2 mn dans l'eau bouillante) relativement rare chez les fruits. Ce procédé dénature les enzymes altérant la couleur et provoquant le brunissement mais peut également affecter les composés nutritionnellement intéressants.

De plus, bien que l'aspect et les propriétés organoleptiques du fruit en lui-même semblent intéressants, la présentation dans ce type d'emballage (Figure 26) ne représente pas suffisamment la fraîcheur du produit devant transparaître avant tout. Malgré une préservation optimale, le design de l'emballage constitue une barrière à la vente. L'industriel doit alors faire un compromis entre la durée de vie du produit et le marketing.

Il existe cependant des emballages plus esthétiques mais laissant libre court au échange d'eau et gazeux entre le milieu (EAM passif). La multitude de matériaux disponibles et les mélanges de fruits découpés, possédant leurs propres caractéristiques (éthylène, taux de respiration) rendent le choix d'emballage relativement complexe. Une batterie de tests sera donc indispensable afin de concevoir un conditionnement répondant aux exigences de sécurité et de conservation du produit.

L'utilisation d'EAM avec une concentration en O₂ conséquente est efficace contre le brunissement enzymatique et le développement microbien. Une expérience menée par Zhang et al. (2013) sur de l'ananas coupé a prouvé qu'un emballage avec 50% de O₂ et 50% CO₂ entraînait une forte inhibition de la croissance de levures et de leur production de composés organiques volatiles, altérant le goût et l'odeur.

De même, sous ces mêmes conditions, il a été montré une diminution de la population de bactéries lactiques et levures ainsi que la présence d'une quantité moindre de composés organiques volatiles sur des morceaux de melon honeydew après un stockage de 5 jours à 7°C (L. Ma, 2017).

Cette technologie reste coûteuse, bien que le CO₂, O₂ et N₂ soient des gaz accessibles contrairement aux gaz dit nobles. Malheureusement, les pommes et les bananes étant fortement concernées par le brunissement enzymatique, les entreprises ne pouvant accéder à cette technologie sont contraintes de s'orienter vers d'autres alternatives.

De plus, il est admis que, lors d'utilisation d'EAM, le pourcentage de CO₂ appliqué dans l'emballage aura une influence négative sur le développement des microorganismes. Cependant, certains pathogènes résistent à des pourcentages en CO₂ de modérés à élevés ($\leq 50\%$). La flore initiale participe, par ailleurs, à la diminution des pathogène en produisant des composés toxiques pour les bactéries. Ce débarrasser totalement de cette dernière peut présenter un risque sanitaire conséquent (J. N. Farber et al., 2003).

3) Les technologies d'intérêts

a) Les traitements naturels

La biopréservation ou biocontrôle consiste à limiter la croissance bactérienne grâce à l'application de microorganismes antagoniste. Les bactéries lactiques agissent ainsi comme compétiteurs en termes d'espace et de consommation de nutriments. Ces dernières vont également produire des acides organiques, du peroxyde d'hydrogène, des di-acétyles et des bactériocines, néfastes pour les pathogènes. Les bactériocines sont, par ailleurs, « généralement reconnus comme sûrs » (B. Ramos, 2013).

De plus, certaines *Pseudomonas* dont la souche L-59-66 de *Pseudomonas syringae* ont prouvé leur capacité inhibitrice de pathogènes (*Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella*, *Listeria innocua*) sur des pommes conditionnées dans des EAM perforés. Des souches dérivant de *Gluconobacter asaii* (T1-D1), *Candida sp.* (T4-E4), *Discosphaerina fagi* (ST1-C9) et *Metschnikowia pulcherrima* (T1-E2) étaient également capables de restreindre la multiplication de *Listeria monocytogenes* or *Salmonella enterica*. La compétition entre les bactéries lactiques et d'autres espèces a également été mise en évidence : sur des pommes golden, la population de *Staphylococcus aureus* a notamment pu être maîtrisée (P. Putnik, 2017).

Employés depuis plusieurs années, les bactériophages sont des virus dirigés spécifiquement contre des bactéries et permettant leur réduction en provoquant la lyse de ces dernières. Grâce à leur efficacité et leurs actions ciblées, les phages sont d'un grand intérêt afin d'éliminer les bactéries pathogènes et conserver les propriétés organoleptiques du produit.

Des cocktails de phages peuvent alors être employés afin de détruire les cellules bactériennes, quel que soit la température. Par exemple, une application de 3 phages (UAB_Phi 20, UAB_Phi78, and UAB_Phi87) permet la lyse d'*E. Coli* O157:H7 à 4 mais également à 37 °C (I. T. Kudva et al., 1999). Efficace sur le traitement des laitues, il serait intéressant d'obtenir des données sur les fruits découpés, notamment afin de connaître le temps de contact nécessaire pour décontaminer.

Sans avoir recours à l'ajout de microorganisme ou l'utilisation de bactériophage. Il est également possible de préserver les fruits découpés des altérations microbiennes grâce à la photochimie. Il s'agit de métabolites inoffensifs, issus de plantes. Ces derniers comportent des polymères organiques tels que des alcaloïdes, des huiles essentielles, des composés phénoliques, des polyphénols, des poly-acétylènes, des lectines et des peptides. Généralement, ils ont pour effet d'augmenter la perméabilité des membranes plasmique ce qui permet le relargage de composé cellulaire (A. Meireles et al., 2016).

En 2008, une étude sur des pommes découpée a été menée par Muthuswamy, Rupasinghe, and Stratton afin de connaître l'effet de composés antimicrobiens, notamment des extraits éthanoliques, issus de la cannelle. Ces pommes, combinées à l'ajout de cet additif, ont été stockées à 6°C durant 12 jours. Les résultats se sont avérés probants : la diminution de la croissance de bactérie en aérobie était significative.

Des kiwis ont pu être désinfectés à l'aide de Carvacrol, un composé issu du Thym et de l'Origan. Avec une concentration de 150 ppm, une diminution de 4,6 log UFC/g lors du dénombrement de microorganismes viables (A. Meireles et al., 2016). .

De même, une nouvelle approche consistant à utiliser des huiles essentielles provenant d'épices et de plantes a été étudiée comme source potentielle d'agents antimicrobiens. Ayant prouvé leur innocuité, les huiles essentielles sont constituées de composants bioactifs tels que des monoterpènes et sesquiterpènes et leurs dérivés oxygénés (alcools, des aldéhydes, des esters, des éthers, des cétones, des phénols et des oxydes).

Les flavonoïdes des agrumes (naringine, l'hespéridine, l'hespérétine) ont, par ailleurs, un effet sur la diminution des microorganismes (M. Harich, 2017). Des huiles essentielles d'églantier, de citronnelle, de d'épines de pin, de tournesol, de menthe et de basilics peuvent être utilisées pour limiter les risques microbiologiques sur les fruits coupés (O. S. Qadri et al., 2015). Une attention particulière envers les associations d'arômes est toutefois à porter : certains d'entre eux peuvent être incompatibles et bloquer la consommation du produit.

La vanilline, composé naturel de la vanille remplace totalement ou en partie l'action de l'acide sorbique et des sulfites sur les agents fongiques en plus de contrer des levures résistantes aux conservateurs ordinaires. De plus, d'un point de vue organoleptique, elle est compatible avec la pomme, la banane, la fraise, la mangue, la papaye et l'ananas (FAO, 2004). Toutefois, ces arômes peuvent dénaturer légèrement le côté naturel des fruits.

Employés comme antioxydants, agents aromatiques, acidulants ou encore régulateur de pH, les acides organiques (naturels ou non) sont largement utilisés en Industrie Agroalimentaire et sont acceptés par les consommateurs. Les plus employés sont par ailleurs l'acide citrique, acétique et lactique, tous acceptés par les consommateurs et naturels. Ils peuvent cependant modifier légèrement le goût du produit.

La liste énumérée par Basharat Yousuf et son équipe dans « Recent developments in shelf-life extension of fresh-cut fruits and vegetables by application of different edible coatings » montre que l'application de revêtement comestible (edible coating) en tant que traitement de surface a souvent fait ses preuves. Des polysaccharides tels que des dérivés d'alginate ou gellanes pouvaient réduire le brunissement enzymatique (N-acétylcystéine, glutathion) ou encore réduire la perte de poids du produit et conserver sa couleur d'origine (combinaison d'extrait de cannelle et romarin) au niveau de pommes découpées.

La Cysteine issue d'aloë vera était également efficace contre les microorganismes et le brunissement enzymatique. Au niveau des protéines, des caséinate de calcium ou des protéines de blé peuvent jouer un rôle de barrière contre l'O₂, protégeant le produit du brunissement (B. Yousuf, 2018). Néanmoins, l'utilisation de protéine de blé augmente le risque allergène (intolérance au gluten). Le revêtement comestible, notamment issu de produit naturelle, est donc une nouvelle approche particulièrement intéressante afin d'améliorer la qualité du produit sans impact pour l'environnement.

b) Les méthodes physiques émergentes

Les traitements tels que les ultrasons, les ultraviolets (UV) et l'irradiation ne seront pas abordés dans cette partie. En effet, bien que leur impact sur l'environnement et sur la santé des travailleurs soit limité lorsque que les précautions appropriées sont prises, ces méthodes ne sont pas adaptées à la fraîche découpe. Les conditions nécessaires à l'efficacité du processus (ex : Température de 60°C pour les Ultrasons) contribuent à altérer l'aspect du produit (Ultrasons) ou les propriétés organoleptiques une modifications de couleurs selon les espèces considérées (ultraviolets) (A. Meireles et al., 2016). Qui plus est, les Ultrasons sont plus efficaces en combinaison avec des composés chimiques (chlore, acides organiques...) (B. Ramos, 2013). Quant à l'irradiation, cette méthode est mal perçue par les consommateurs et affecte la texture du produit (S. Pareek, 2017).

L'utilisation de lumière pulsée, une alternative aux UV, élimine rapidement les microorganismes dans les denrées alimentaires en utilisant un large spectre à des longueurs d'onde comprises entre 100 et 1100 nm. L'application de cette lumière riche en UV-C permet, entre autres, de dénaturer l'ADN des microorganismes, effectuant la réplication cellulaire et aboutissant à une diminution de la population. Toutefois, il s'agit encore d'une technologie présentant peu de donnée scientifique et il n'est pas totalement admis que cette technique convienne à préserver l'aspect du produit

Les Ultraviolets peuvent également être la source d'une modification de couleur du produit. Des expériences menées sur des morceaux de pastèques traités à la lumière pulsée (12 J/cm², 180–1100 nm) ont montré une réduction efficace des populations d'*Escherichia coli* et *Listeria innocua* et une diminution significative de la production d'éthylène. Malheureusement, en contrepartie, la couleur et la texture était impactée (L. Ma, 2017) (S. Pareek, 2017). Toutefois, il a été montré qu'un traitement de 5 min à l'UV-C (17.5 J/cm² à

253.7 nm), effectué sur des morceaux de pomme Fuji, pouvait être amélioré à l'aide d'acide citrique et ne montrait pas l'aspect de ces derniers (Figure 28) (C. Chen, 2015).

L'application de pression est une solution intéressante d'un point de vue sanitaire et durabilité du produit. Il s'agit d'une technologie permettant de préserver les arômes et les propriétés nutritionnelles tout en éliminant les sources de dégradation de façon uniforme quelle que soit la forme et la taille. Bien qu'efficace sur l'ensemble des microorganismes et enzymes de dégradation à 200 MPa, les techniques de décontamination restent cependant relativement très onéreuses (S. Pareek, 2017).

Apparus depuis une dizaine d'année, les emballages actifs renferment des additifs retrouvés au sein même des matériaux ou dans l'emballage lui-même (S. Martin, 2012). Ces composés actifs peuvent être de nature variable selon la nature du matériel dans lequel ils seront introduits (papier, plastique, métal ou combinaison de ces matériaux). Des absorbeurs de gaz, d'humidité ou des agents antimicrobiens peuvent donc être incorporer afin de contrôler la respiration des fruits et la croissance des microorganismes. Par exemple, des ions, acides

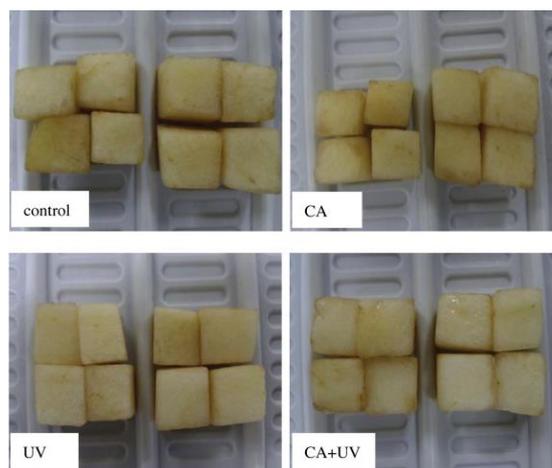


Figure 28 - Apparence de pommes découpées après différents traitement (control : aucun traitement ; CA : 5 min dans 0.5% d'acide citrique ; UV : 5 min 253.7 nm, TUV-15W G13 T8 55 V ; CA + UV : double traitement 5 min) (C. Chen, 2015)

organiques, enzymes, bactériocines, fongicides et huiles essentielles pourront être libérés en continu, dans l'emballage afin d'augmenter la durée de vie du produit (B. Ramos, 2013).

Les composés bioactifs peuvent, par ailleurs, se situer au niveau d'une simple étiquette. Malheureusement, certains composés peuvent migrer dans la nourriture et les risques sanitaires restent encore difficiles à percevoir comparer à des emballages traditionnels (S. Pareek, 2017). Qui plus est, ces types d'emballages ne sont pas encore largement répandus sur le marché et leur accessibilité reste limitée.

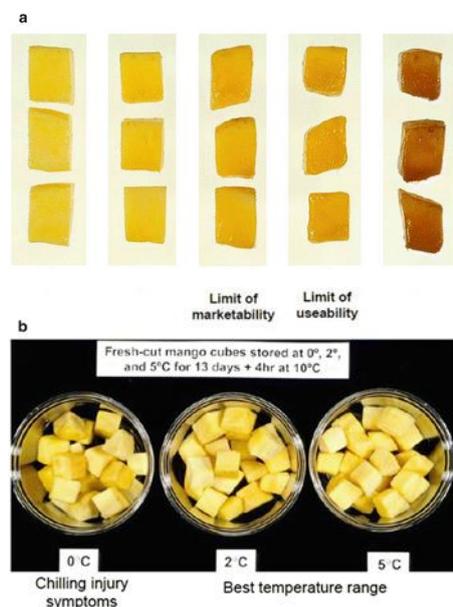
D'autres perspectives telles que les nanocomposites, des biopolymères, sont apparus au fil du temps afin d'améliorer les propriétés de barrière et mécaniques (résistance au froid, à la chaleur, au choc) faisant défaut aux emballages biodégradables (gélatine, amidon, cellulose...). Ajoutés à ce type d'emballage, des biopolymères, permettraient une meilleure résistance aux agents microbiens, aux composés chimiques et aux gaz. Ce serait également d'un grand intérêt d'utiliser ce type d'emballage car il s'agit d'une piste pour

limiter l'impact environnementale du conditionnement des fruits découpés mais également d'autres denrées alimentaires. Toutefois, d'autres études sont nécessaires afin de déterminer les relations entre les formulations, structures et propriétés de chaque nanocomposites et ainsi l'impliquer dans les usages de l'industrie agroalimentaire (B. Ramos, 2013) (S. Pareek, 2017).

4) Maitrise de la température, un problème de la fourche à la fourchette

Par manque de moyens techniques, par souci de garder un produit conditionné à moindre coût ou encore par choix de ne pas altérer la naturalité du produit, ces méthodes ne sont pas forcément employées actuellement, notamment au niveau des kiosques et laboratoires. Afin de conserver au mieux ces produits, la mise au froid reste la meilleure solution.

Qui plus est, comme cité plus haut, le conditionnement, avec ou sans air modifiée, ne sont pas efficaces sans un stockage à bonne température. Il est souvent conseillé de stocker ces fruits, que ce soit des MP ou PF, à des températures comprises entre 0 et 5°C (froid positif). Cependant, Il a été montré que des blessures causées par le froid pouvaient altérer l'aspect du produit et sa conservation, notamment sur des fruits tropicaux (Tableau 10).



Par exemple, des morceaux de mangue peuvent brunir lorsqu'ils sont stockés à des températures inférieures à celles tolérées par les tissus du fruit (Figure 29). Dans ce cas présent, les mangues découpées stockées entre 2 et 5 °C ont une meilleure tenue que celles stockées à 0°C pendant 13 jours. Dans cette étude, les fruits coupés étaient ensuite placés à 10°C pendant 4h.

L'aspect des produits à ces différentes températures de stockage suggère une meilleure conservation du produit lorsque les températures de stockages ne sont pas en deçà des températures minimales acceptables.

Figure 29 - Limite d'acceptabilité de cubes de mangue (a) et impact de la température de stockage sur l'évolution physique du produit (b) (Limit of marketability : Limite du potentiel commercial, Limit of useability : Limite d'utilisation, Chilling Injury : Blessure due au froid, Best temperature range : meilleur intervalle de température) (E. Çandır, 2017).

Cette expérience prend également en compte l'utilisation du produit et la conservation de ce dernier par le consommateur dont le réfrigérateur n'est pas forcément régler aux températures de stockage optimales des produits « fraîche découpe » (INCA 3, 2017).

Tableau 10 - Exemple de "chilling injury" ou blessures due au froid (FAO, 2004) (P. Brat et B. Cuq, 2007)

Fruits entiers	Température de stockage minimale (TSM) sans danger (°C)	Blessures causées en deçà des TSM
Banane	12 – 13	Couleur terne à maturité (brun – noir)
Melon Cantaloups	2 – 5	Piqûre, pourriture en surface
Citron	11 – 13	Piqûre, tâche rouges
Mangues	10 – 13	Maturation inégale, peau grisâtre
Pastèques	4 – 5	Piqûre, propriétés organoleptiques désagréables
Pomme	2 – 3	Brunissement interne, corps bruns, ramollissement
Ananas	7 – 10	Couleur vert-foncé à maturation

En effet, recommandé entre 0 et 4°C par l'ANSES, la température de la zone la plus froide du réfrigérateur est comprise entre 2°C et 6°C pour 50% des ménages. La température de stockage est supérieure à 6°C pour 44% des ménages dont 20% ont leur réfrigérateur réglé à des températures supérieures à 8°C. Un stockage à de mauvaise température peut donc altérer plus aisément l'apparence du produit et jouer sur l'image de marque.

Conclusion

Pour conclure, les fruits frais découpés sont issus d'un procédé simple mais nécessitant des connaissances approfondies afin d'obtenir l'amélioration de la durée de vie du produit. Des facteurs internes aux fruits (stade de maturation, taux de respiration, activité enzymatique) et externes (microorganismes) tendent à compliquer la préservation du produit. Le fruit étant un produit vivant et périssable, l'étape de découpe et différentes manipulations ne font qu'accroître sa fragilité et augmenter le risque de prolifération microbienne, parfois pathogène.

Afin de rentabiliser ce procédé réclamer de plus en plus par les consommateurs, le conditionnement joue un rôle crucial de protection. Grâce à lui, il est plus aisé de préserver le produit des altérations microbiennes et enzymatiques et des proliférations de pathogènes.

Grâce au conditionnement, des pommes, reconnues comme brunissant facilement au contact de l'air, peuvent s'émanciper de ce fléau grâce à plusieurs méthodes telles que les EAM et l'utilisation d'additifs naturels.

L'analyse des dangers réalisée lors de cette étude a notamment montré que des étapes préalables influençaient la qualité de ce conditionnement : la décontamination du produit, le stockage et les conditions de préparation seront parfois indissociables de l'étape de mise en emballage.

Comme a pu le montrer l'utilisation de chlore comme décontaminant, le contrôle de risques microbiologiques peut également entraîner un risque d'ordre chimique et écologiques. Des alternatives sont cependant présentes afin de s'affranchir de procédés pouvant se révéler être dangereux. Les revêtements comestibles, traitements naturels et l'utilisation d'emballage actif montrent des résultats particulièrement intéressants tout en s'accordant à maîtriser les risques d'altération du produit et concernant la santé. D'autres avancées tendent à améliorer l'impact des emballages sur l'environnement (nanocomposites) et mériteraient une étude de risques plus approfondie.

L'utilisation du froid pour ralentir les réactions enzymatiques et prolifération microbiennes restent l'une des méthodes les plus répandues à ce jour. Cependant, les indications de stockages restent parfois approximatives ou inappropriées pour certains fruits (tropicaux), conduisant à un stockage à des températures pouvant causer des blessures (exemple de la mangue). Il est donc parfois difficile d'équilibrer la balance entre la protection des populations et l'aspect du produit lorsque le conditionnement reste simple.

De nombreuses études concernant les fruits découpés sont présentes et tendent toujours à améliorer les procédures afin de contrôler au mieux les risques. Toutefois, pourtant largement répandus, peu d'études prennent en compte les mélanges de fruits qui modifient les propriétés propres de chaque fruit (pH, A_w). Ceci pourrait éviter certains surdosages d'additif ou produit décontaminant lorsque les propriétés mêmes des produits assemblés diminuent les risques.

Enfin, une prochaine étude pourrait s'intéresser à l'impact du conditionnement sur les qualités nutritionnelles des produits issus de la fraîche découpe, sujet d'intérêt grandissant. L'optimisation du conditionnement d'un point de vue financier, l'optimisation des combinaisons de méthode de conservation ou encore l'analyse de la comptabilité entre les différents type de fruits et les emballages sont également des pistes à creuser.

Bibliographie

- M. Abadias et al., 2012, "Growth potential of Escherichia coli O157:H7 on fresh-cut fruits (melon and pineapple) and vegetables (carrot and escarole) stored under different conditions"
- Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFFSA), 2009, « Évaluation des risques liés à la présence de mycotoxines dans les chaînes alimentaires humaine et animale »
- Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail (ANSES), 2009, « Etude individuelle nationale des consommateurs alimentaires 2 (INCA 2) 2006-2007 »
- Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail (ANSES), 12 juillet 2017, « INCA 3 : Evolution des habitudes et modes de consommation, de nouveaux enjeux en matière de sécurité sanitaire et de nutrition »
- Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail (ANSES), juin 2017, « INCA 3 : avis de l'ANSES, rapport d'expertise collective »
- Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail (ANSES), 2011, « *Listéria monocytogenes* »
- Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail (ANSES), 2011, « *Salmonella* spp »
- Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail (ANSES), 2011, « *E.coli* entérohémorragiques »
- Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail (ANSES), 2011, « *Staphylococcus aureus* et entérotoxines staphylococciques »,
- Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail (ANSES), 2011, « *Penicillium expansum* et autres moisissures productrices de patuline »
- Agreste, 2017, « produits agroalimentaires, GraphAgri 2017 »
- Agreste, Juin 2013, « Exploitations Fruitières, les dossiers N° 16 »
- ALIM'AGRI, 14 août 2015, « Quels fruits et légumes cultive-t-on en France ? », consulté le 20/05/18. URL : <http://agriculture.gouv.fr/quels-fruits-et-legumes-cultive-t-en-france>
- ALIM'AGRI, 30 mars 2018, « Pomme de reinette et pomme d'api », consulté le 20/05/18. URL : <http://agriculture.gouv.fr/pomme-de-reinette-et-pomme-dapi>
- Z. A. Belay et al., 2016, « Modelling approaches for designing and evaluating the performance of modified atmosphere packaging (MAP) systems for fresh produce »

L. R. Beuchat et J. H. Ryu, 1997, « Produce handling and processing practices »

J. B. Biale, R. E. Young, 1953, « fruit respiration et ethylene production »

A. S. Blervacq, Université de Lille, Sciences et Technologies, 2014, « Biologie Végétale : maturation des fruits »

P. Brat et B. Cuq, 2007, « Transformation et conservation des fruits - Préservation de la structure initiale »

E. Çandır, 2017, « Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables »

M. Carpentier, Université de Lille, Sciences et Technologies, 2016, « Brunissement Enzymatique »

Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes (CTIFL), Danièle SCANDILLA et Yoann GLACIOT, Novembre 2017, « le consentement à payer pour les produits de la fraîche découpe »

Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes (CTIFL), 2018, « Equipements, matériels et pratiques pour optimiser la Qualité des Fruits et Légumes »

C. Chen et al., 2015, « Effect of citric acid combined with UV-C on the quality of fresh-cut apples »

P. Christen, Process Alimentaire, 2012 « Snacking sain : réinventez les fruits et légumes »

L. Delpont, Les Echos, 2018, « La fraîche découpe enflamme le rayon fruits et légumes » consulté le 01/06/2018. URL : <https://www.lesechos.fr/pme-regions/actualite-pme/0301432489159-la-fraiche-decoupe-enflamme-le-rayon-fruits-et-legumes-2164839.php>

J. Delvallée, LSA Commerce et Consommation, 2014, « La Fraîche découpe, l'avenir des fruits et légumes », consulté le 01/06/2018. URL : <https://www.lsa-conso.fr/la-fraiche-decoupe-l-avenir-des-fruits-et-legumes,160873>

G. Di Costanzo, « ORGANOLEPTIQUES PROPRIÉTÉS », Encyclopædia Universalis [en ligne], consulté le 1 août 2018. URL : <http://www.universalis.fr/encyclopedie/proprietes-organoleptiques/>

Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (DGCCRF), 2018, « Contrôle de la qualité des fruits et légumes frais »

European Food Safety Authority (EFSA), « Aliments d'origine non animale : quels sont les risques ? », consulté le 22/05/18. URL : <https://www.efsa.europa.eu/fr/press/news/150313>

European Food Safety Authority (EFSA), « Nouveaux résultats de recherches sur les perceptions des risques liés aux aliments chez les consommateurs de l'UE », consulté le 18/05/18. URL : <https://www.efsa.europa.eu/fr/press/news/101117>

Europa, 2018, « Fruits et légumes : normes de commercialisation »

M. C. Erickson, 2017, « Efficacy of chlorine as a disinfecting agent on produce-harvesting gloves contaminated with Escherichia coli O157:H7 or Salmonella »

FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture), 2010, « Processing of fresh-cut tropical fruits and vegetables : A TECHNICAL GUIDE »

FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture), Andrés F. López Camelo, 2017, « Manuel pour la préparation et la vente des fruits et des légumes du champ au marché »

FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture), 1995, « Méthodes de manutention post-récolte pour petits exploitants : Un manuel - Stockage des produits horticoles »

FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture), 2004, « Technologie combinées de conservation des fruits et des légumes »

J. N. Farber et al., 2003, « Microbiological Safety of Controlled and Modified Atmosphere Packaging of Fresh and Fresh-Cut Produce »

Fédération du Commerce et de la Distribution (FCD), « Critères microbiologiques applicables à partir de 2015 aux marques de distributeurs, marques premiers prix et matières premières dans leur conditionnement initial industriel », Version du 28/01/2016

Fédération du Commerce et de la Distribution (FCD), « Critères microbiologiques applicables à partir de 2015 aux activités de fabrication, préparation, découpe ou simple manipulation de denrées nues en Rayon « à la coupe » et en atelier en magasin », Version du 28/01/2016

Florette, 2017, « Une nouvelle référence de fruit à croquer réalisée par Florette Food Service pour McDonald's France : la P'tite Mangue », consulté le 15/06/2018. URL : <http://florettefoodservice.fr/fr/press/article-2/>

Fraiche Découpe, consulté le 25/06/2018. URL : <https://www.fraiche-decoupe.com/>

Frais-émincés, « l'art de la fraîche découpe », consulté le 01/06/2018. URL : <https://www.frais-eminces.fr/>

France AgriMer, février 2018, « fruits et légumes »

France AgriMer, mai 2017, « les acheteurs en rayon fruits et légumes »

France Emballage, consulté le 28/06/2018. URL : <http://www.france-emballage.org/publications/>

James.R. Gorny, 2006, « Microbiology of Fruits and Vegetables »

M. Harich, 2017, « Mise au point de méthodes antimicrobiennes pour application sur des produits prêts à manger »

Z. Hussein et al., 2015, « Perforation-mediated modified atmosphere packaging of fresh and minimally processed produce »

Institut national de la recherche agronomique (INRA), 2018, « Les sources de variabilité des qualités nutritionnelles des fruits et légumes »

INRS, consulté le 29/07/2018, « Les phtalates - Point sur la réglementation en vigueur »

Interfel, 2018, «Le plan filière fruits et légumes »

Interfel, dossier de presse, mai 2014, « les fruits et légumes en restauration hors domicile (RHD) »

Interfel, dossier de presse, novembre 2013, « l'innovation en points de vente au service du consommateur la « fraîche découpe »

ISO (Organisation internationale de normalisation), « ISO 31000 - Management du risque » consulté le 30/06/2018. URL : <https://www.iso.org/fr/iso-31000-risk-management.html>

I. T. Kudva et al., 1999, « Biocontrol of Escherichia coli O157 with O157-Specific Bacteriophages »

C. Ma et al., 2015, « Behavior of Salmonella spp. on fresh-cut tropical fruits »

L. Ma et al., 2017, « Recent developments in novel shelf life extension technologies of fresh-cut fruits and vegetables »

Manger-Bouger, « qu'est-ce que le PNNS », consulté le 15/06/2018. URL : <http://www.mangerbouger.fr/PNNS>

S. Martin, Techniques de l'Ingénieur, 2012, « Droit et pratique des emballages- Législation du contact alimentaire »

M. Martínez-Ferrer et al, 2006, « Modified Atmosphere Packaging of Minimally Processed Mango and Pineapple Fruits »

L. Mayuoni et al., 2011, « Does ethylene degreening affect internal quality of citrus fruit ? »

A. Meireles, 2016, « Alternative disinfection methods to chlorine for use in the fresh-cut industry »

M. Oliveira et al., 2015, « Application of modified atmosphere packaging as a safety approach to fresh-cut fruits and vegetables »

S. Pareek, 2017, « Fresh-Cut Fruits and Vegetables : Technology, Physiology, and Safety »

S. Perraut, Process Alimentaire, 2013 « Fruits et légumes : le tranchage passe à la quatrième »

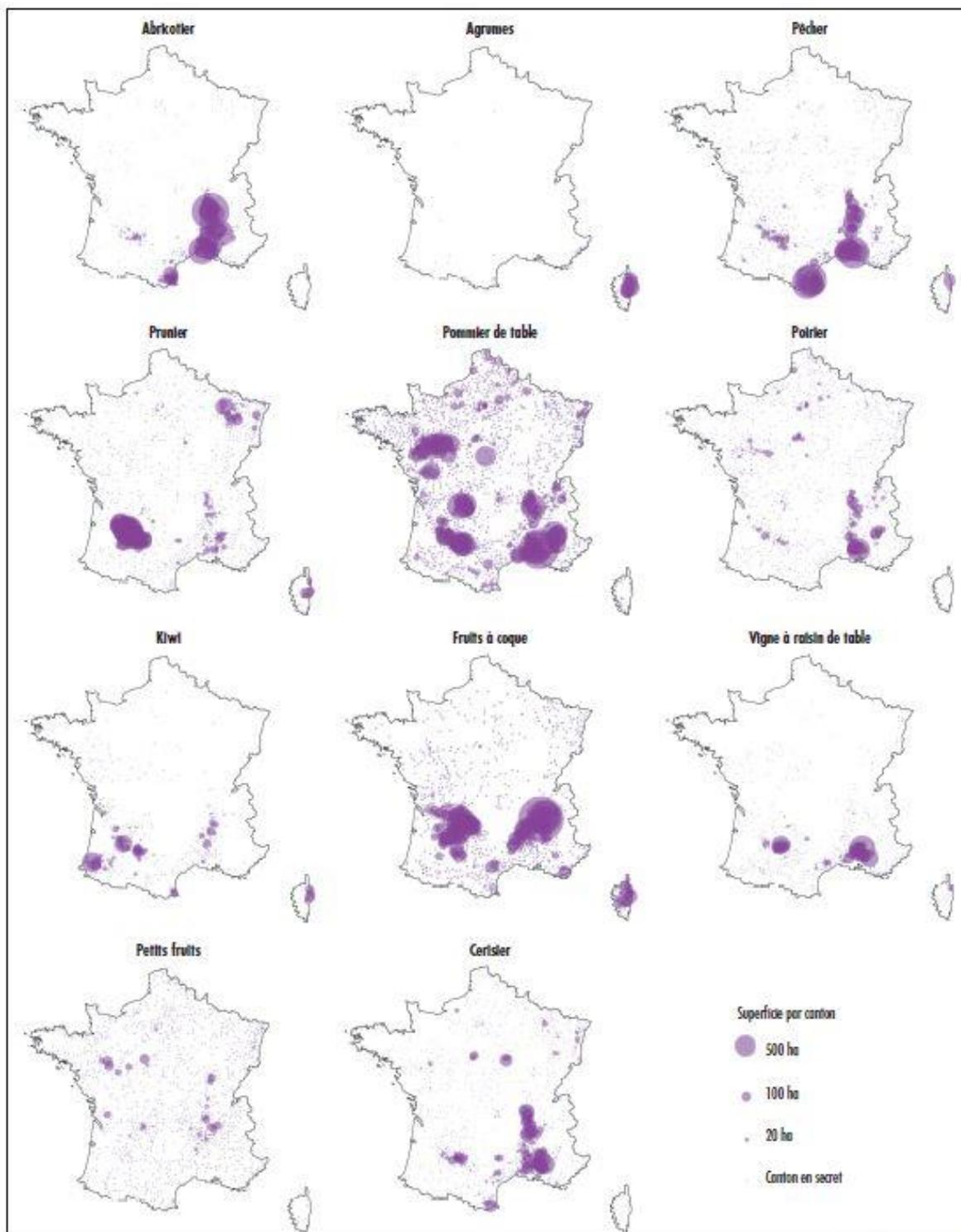
P. Putnik, 2017, « Prediction and modeling of microbial growth in minimally processed fresh-cut apples packaged in a modified atmosphere »

- O. S. Qadri et al., 2015, « Fresh-cut fruits and vegetables: Critical factors influencing microbiology and novel approaches to prevent microbial risks »
- Qualité Performance, « La qualité dans le secteur de l'industrie alimentaire », consulté le 20 juin 2018 : <http://www.qualiteperformance.org/comprendre-la-qualite/la-qualite-par-secteurs-d-activite/la-qualite-dans-le-secteur-de-l-industrie>
- B. Ramos et al., 2013, « Fresh fruits and vegetables—An overview on applied methodologies to improve its quality and safety »
- Sealpac, « emballages fruits et légumes », consulté le 06/07/2018. URL : https://www.sealpacinternational.com/applications_details.php?id=20&language=fr
- H. L. Sim et al., 2013, « Behavior of Salmonella spp. and natural microbiota on fresh-cut dragon fruits at different storage temperatures »
- R. C. Solvia-Fortuny et al., 2004, « Influence of Maturity at Processing on Quality Influence of Maturity at Processing on Quality »
- Unisciel, 2014 « Photosynthèse et respiration ». URL : <https://www.youtube.com/watch?v=iKkP1G9bOD4>
- Université de Bretagne occidentale, 2018, « Altérations des fruits et légumes lors du stockage »
- Université de Lille, Sciences et Technologies « le brunissement enzymatique », consulté le 20/06/18. URL : http://biochim-agro.univ-lille1.fr/brunissement/co/Module_brunissement_5.html
- R. Ulrich, J.L. Regnard, « FRUITS », Encyclopædia Universalis [en ligne], consulté le 14 mars 2018. URL : <http://www.universalis.fr/encyclopedie/fruits/>
- C. J. Vavricka et al., 2010, « Melanization in living organisms: a perspective of species evolution »
- Vigial, mai 2018, « Le chlore pourrait masquer la présence d'agents pathogènes »
- Vivert, « fraîche découpe », consulté le 04/07/18. URL : <https://www.vivert.com/index.php/fraiche-decoupe>
- B. Yousuf et al., 2018, « Recent developments in shelf-life extension of fresh-cut fruits and vegetables by application of different edible coatings: A review »

Annexe 1 : Production métropolitaine des vergers de fruits de 2000 à 2016 (GraphAgri, 2017)

	2000	2010	2015	2016
	Millier de tonnes			
Pomme de table	2130	1788	1601	1499
Pêche et nectarine	463	310	217	207
pêche	277	153	120	113
nectarine	187	158	97	94
Prune	200	247	165	211
Poire de table	243	149	159	111
Abricot	131	145	141	130
Raisin de table	69	47	42	45
Fraise	60	50	58	58
Cerise	67	45	42	35
Autres fruits de table	171	166	175	183
kiwi	81	71	67	62
noix	26	32	42	39
clémentine	23	20	24	37
châtaigne	9	9	8	9
Autres fruits	32	34	34	36
Total fruits de table	3533	2948	2598	2479

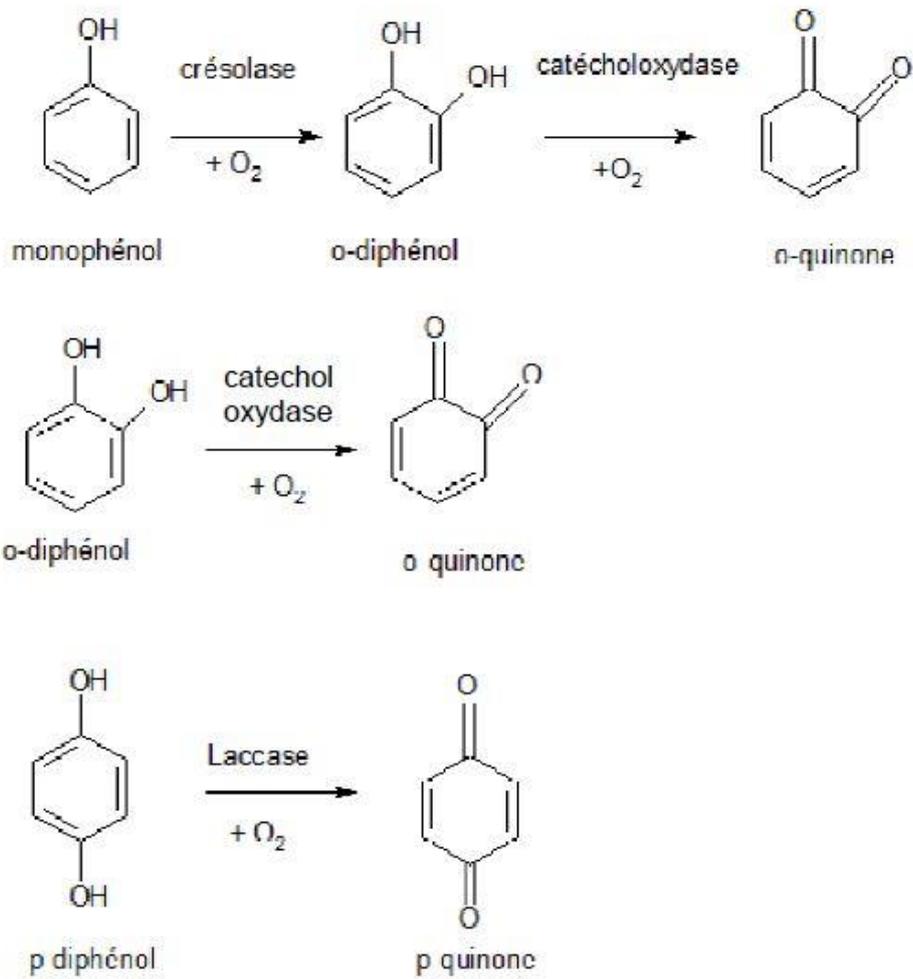
Annexe 2 : Superficies des vergers selon les espèces (agreste, 2010)



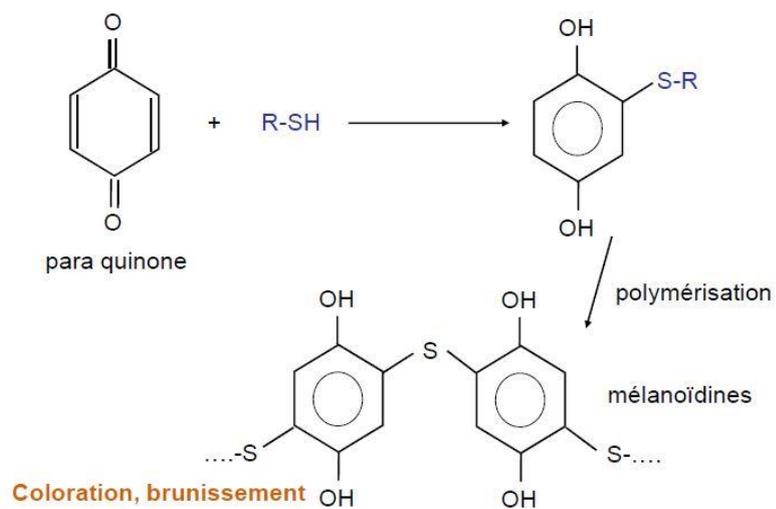
Source : Agreste - Recensement agricole 2010

Champ : France métropolitaine

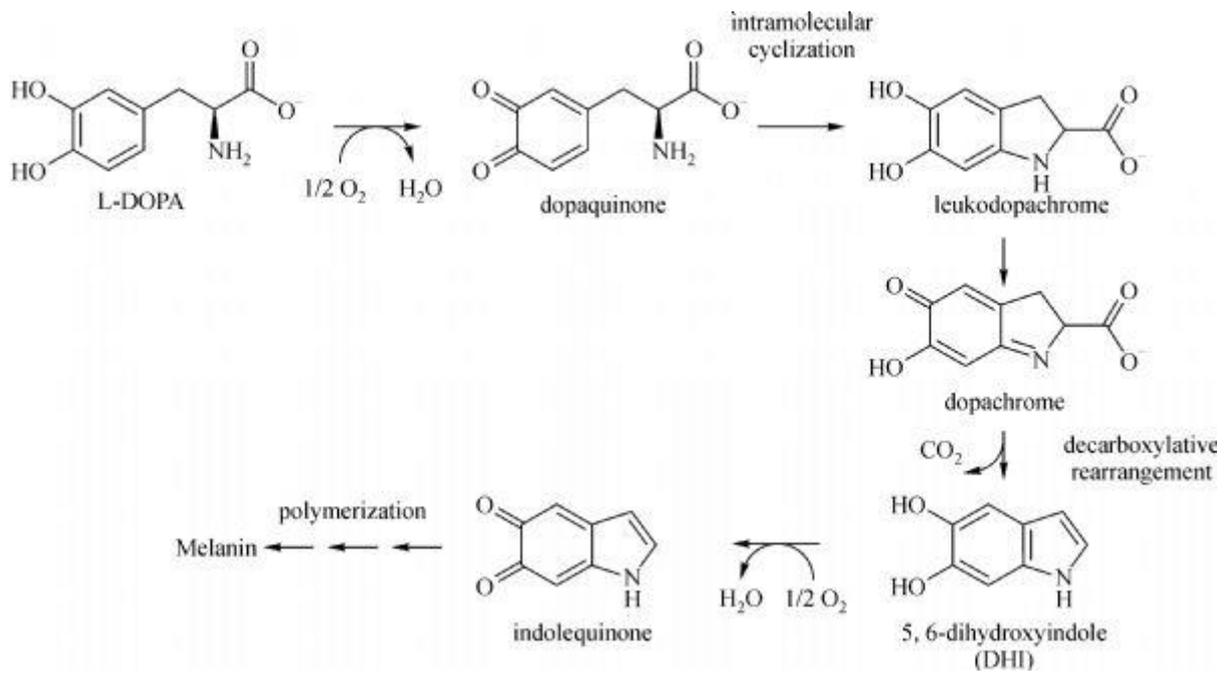
Annexe 3 : Conversion de phénol en quinone



Annexe 4 : Brunissement enzymatique : formation de mélanoïdine



Annexe 5 : Formation de composés colorés à partir de L-DOPA (Vavricka, 2010)



Annexe 6 : Caractéristiques de plusieurs microorganismes pathogènes (ANSES, 2011)

		Caractéristiques		Croissance			Production toxine		
		Type	Type énergétique	Température (°C)	pH	A _w (%)	Température (°C)	pH	A _w (%)
Bactérie	<i>Listeria monocytogenes</i>	Bacille Gram +	Aéro-anaérobie facultatif	Min : -2°C Opt : 30 - 37°C Max : 45°C	Min : 4,0 - 4,3 Opt : ≈ 7 Max : 9,6	Min : 0,92 Opt : 0,99 Max : /	/	/	/
	<i>Salmonella spp.</i>	Bacille Gram -	Aéro-anaérobie facultatif	Min : 5°C Opt : 35 - 37°C Max : 50 °C	Min : 3,8 Opt : ≈ 7 Max : 9,5	Min : 0,94 Opt : 0,99 Max : /	/	/	/
	<i>E.coli O157:H7</i>	Bacille Gram -	Aéro-anaérobie facultatif	Min : 6°C Opt : 40°C Max : 45,5 °C	Min : 4,4 Opt : ≈ 7 Max : 9	Min : 0,95 Opt : 0,995 Max : /	/	/	/
	<i>Staphylococcus aureus</i> (entérotoxines staphylococciques)	Coque Gram +	Aéro-anaérobie facultatif Opt : aérobie	Min : 6°C Opt : 31 - 41°C Max : 48°C	Min : 4 Opt : ≈ 7 Max : 10	Min : 0,83 Opt : 0,99 Max : /	Min : 10°C Opt : 34 - 40°C Max : 45°C	Min : 5 Opt : ≈ 7 Max : 9,6	Min : 0,86 Opt : 0,99 Max : /
Moisissures	<i>Penicillium expansum</i>	Conidiophores	/	Min : -6°C Opt : 23 - 27°C Max : 30 - 35°C	Min : 2 Opt : 5,6 Max : 10	Min : 0,82 - 0,83 Opt : 0,98 Max : /	Min : 0°C Opt : 16 - 17°C Max : 24°C	/	Min : 0,96 Opt : / Max : /

Annexe 7 : Identification des risques liés à la maîtrise des risques microbiologiques, physiques et chimiques

Maitriser les risques microbiologiques, physiques et chimiques

M	Ressources	Risques
Milieu	Zones de préparation et de stockage réfrigérés	Non-respect de la chaîne du froid (prolifération des microorganismes)
	Espace de stockage suffisant (éviter les marches en arrière)	Contamination des MP, PSF ET PF par des microorganismes
	Sectorisation et identification des zones (Affichages, Portes fermées entre chaque zone, local poubelle à l'écart des zones de préparation froide)	
	Locaux adaptés au nettoyage et à la désinfection (absence de bois par exemple)	
	Ventilation avec filtre (empêcher entrée contaminant, poussière, mo...)	
	Sol en pente pour faciliter l'évacuation de l'eau stagnante	Présence de corps étrangers
	Faïences murales, plafond et sol intacts et sans prolifération fongique	Contamination par des microorganismes
	Accès à des lave-mains fonctionnels	Manque d'hygiène du personnel
	Accès extérieurs (portes, fenêtres) fermés, sans interstice	Entrée de nuisibles

Maitriser les risques microbiologiques, physiques et chimiques

M	Ressources	Risques
Matière	Fruits	Quantités de toxines et microorganismes supérieures aux exigences réglementaires
	Additifs, conservateurs, air modifiée	Présence de composés dangereux ou quantité de composés chimiques supérieurs aux exigences réglementaires
	Emballage primaires, secondaires et tertiaires certifiés pour contact alimentaire	Contamination par composés chimiques dangereux ou controversés
		Contamination par des microorganismes
	Produits d'entretien et de désinfection	Contamination par composés chimiques
		Contamination par des microorganismes
	Savon bactéricide et essuie-mains à usage unique	Manque d'hygiène du personnel (contamination par des microorganismes)
		Contamination par composés chimiques
	Sachet poubelle	Accumulation de déchets et contamination par des microorganismes
	Eau	Absence de nettoyage des mains, du matériel/équipement et des locaux
		Absence de décontamination des fruits
		Absence de rinçage après décontamination et/ou désinfection (Contamination par composés chimiques)
		Contamination par des microorganismes ou chimique
	Electricité	Non-respect de la chaîne du froid (prolifération des microorganismes)
Inutilisation des machines (mélangeur de gaz, modificateur d'atmosphère...)		

Maitriser les risques microbiologiques, physiques et chimiques

M	Ressources	Risques
Matériel	<i>Matériel de découpe (robot coupe fruits/légumes, couteaux, planche à découper...)</i> <i>Station de découpe et de conditionnement (industrie)</i>	Présence de corps étrangers Contamination par des microorganismes Contamination par composés chimiques
	<i>Plans de travail (exempt de rainure, rouille et corrosion)</i> <i>Centrale de nettoyage et désinfection</i>	Contamination par des microorganismes Contamination par composés chimiques
	<i>Protection individuelle (Tenue de travail, gants hygiéniques en plastique, charlotte, cache-barbe...)</i>	Présence de corps étrangers (cheveux...) Contamination par le personnel (porteur sain et malade)
	<i>Réceptacle en inox, en verre ou en plastique</i>	Désinfection impossible (ex : bois)
	<i>Lave-mains</i>	Manque d'hygiène du personnel
	<i>Poubelle non-manuelle</i>	Contact avec poubelle et manipulation des denrées ensuite (contamination microbiologique)
	<i>Grattoir, balais à raclette</i>	Propreté des locaux non conformes Présence d'eau stagnante au sol
	<i>Armoire froide avec thermomètre</i> <i>Meuble froid (kiosque)</i>	Absence de contrôle des températures Non-respect de la chaîne du froid Non-respect de la marche en avant
	<i>Thermoscelleuse, filmeuse</i>	Contamination par des microorganismes

Maitriser les risques microbiologiques, physiques et chimiques

M	Ressources	Risques
Méthode	Plan de maitrise sanitaire à jour	Production de produits non-conformes Absence de rappel/retrait de produit
	Vieille règlementaire (additif, microorganisme, matériaux de contact...)	Utilisation de produits interdits et dangereux pour la santé Méconnaissance de pratiques à risque
	Enregistrement des contrôles de températures (armoires et chambre froide, zone de préparation...)	Absence de suivi de la chaîne du froid
	Maitrise de la chaîne du froid et respect du cycle de préparation des produits (Préparation rapide des fruits, réfrigérateur à bonne température)	Prolifération des microorganismes
	Contrôle visuel des MP à réception	Stockage de MP avec pourritures (ou contaminés par des microorganismes) et contamination de produits sains
	Contrôle visuel/olfactif et analyses microbiologiques des PF	Méconnaissance de pratiques à risque/ absence d'amélioration continue Livraison/vente de produit NC (corps étranger, pourritures...)
	Contrôle visuel de l'emballage des PF avant livraison (industrie)	Livraison d'un produit non protégé (PF à l'air ambiant et susceptible d'être contaminé)
	Nettoyage des MP adapté	Surdosage de produits chimiques (Quantités de composés chimiques supérieures aux exigences réglementaires)
		Décontamination des MP inefficace (présence de microorganismes)
	Autocontrôle du nettoyage du matériel et locaux	Absence de suivi des procédures
	Nettoyage du matériel et des locaux entre chaque production	Contamination par des microorganismes
	Marche en avant	Contamination des PF

Maitriser les risques microbiologiques, physiques et chimiques

M	Ressources	Risques
Méthode	Audit interne (hygiène) et réactivité en cas de non-conformité	Méconnaissance de la mise à jour des bonnes pratiques (hygiènes et fabrication)
		Absence de suivi et de contrôle
		Méconnaissance de pratiques à risque/ absence d'amélioration continue
	Affichage des procédures (nettoyage des locaux et des MP, gestion de non-conformité...)	Méconnaissance des protocoles de nettoyages
		Méconnaissances des protocoles de décontamination des fruits (MP)
		Méconnaissance des démarches à suivre lors de NC
	Pelage chimique	Contamination chimique
		Surdosage
		Rinçage inefficace
	Respect des produits interdits (matériaux en bois, produits d'entretien...)	Désinfection impossible (ex : bois)
Contamination par composés chimiques dangereux ou controversés		
Gestion des nuisibles	MP abimées et/ou contaminées par des nuisibles (insectes, rongeurs, oiseaux) (corps étrangers et microorganismes)	
Gestion des déchets	Prolifération de microorganismes	
	Augmentation de la présence de nuisibles	
Main d'œuvre	Personnel	Absence de sensibilisation et formation du personnel à l'hygiène et à la sécurité des aliments
	Santé et hygiène corporelle du personnel	Contamination des produits

Annexe 8 : Identification des risques liés à l'optimisation du produit

Optimiser la durée de vie, l'aspect et les propriétés organoleptiques du produit

M	Ressources	Risques
Milieu	Humidité Relative des zones de préparation et stockage	Perte d'eau au niveau du produit
		Développement microbien
	Zones de préparation et de stockage réfrigérés	Action des enzymes et dégradation de l'aspect et de la texture des fruits des fruits
	Espace de stockage suffisant (absence entassement des MP, SF et PF)	Présence de coups sur les MP
		Ecrasement des morceaux de fruits
		Emballage abîmé
	Sectorisation et identification des zones (déconditionnement, décontamination, épluchage, tranchage, conditionnement)	Contamination par des microorganismes susceptibles d'altérer l'aspect et le goût du produit
	Locaux entretenus (propres, absence de moisissures)	
	Ventilation avec filtre (empêcher entrée contaminant, poussière, mo...)	
	Accès à des lave-mains fonctionnels	

Optimiser la durée de vie, l'aspect et les propriétés organoleptiques du produit

M	Ressources	Risques
Matière	Fruits (stade de maturation optimal, absence de pourriture)	Ramollissement précoce
		Perte de saveur
		Production d'éthylène non contrôlée
		Contamination par des microorganismes (dégradation, détérioration du goût)
	Additifs, conservateurs, air modifiée, huiles essentiels	Préservation compromise (composés ou dosage inadaptés)
		Incompatibilité des arômes
	Emballage primaires, secondaires et tertiaires	Produit à l'air ambiant (contamination par des microorganismes, des corps étrangers et/ou sans atmosphère modifiée)
		Absence d'indication de conservation à destination du consommateur/client
		Présence de condensation sur l'emballage
		Ecrasement des produits
		Perméabilité au gaz inadapté
	Produits d'entretien et de désinfection	Contamination par des microorganismes (dégradation, détérioration du goût)
		Contamination chimique : modification du goût et de l'odeur du produit
	Savon bactéricide et essuie-mains à usage unique	Contamination par des microorganismes (dégradation, détérioration du goût)
	Sachet poubelle	
	Eau	Absence de nettoyage (mains... etc)
		Contamination par des microorganismes (dégradation, détérioration du goût)
		Absence de rinçage après décontamination et/ou désinfection (modification du goût et de l'odeur du produit)

Optimiser la durée de vie, l'aspect et les propriétés organoleptiques du produit

M	Ressources	Risques
Matière	Electricité	Matériel de découpe non fonctionnel (aspect irrégulier)
		Stockage et préparation à température ambiante (action des enzymes de dégradation, prolifération bactériennes et fongiques)
Main d'œuvre	Personnel	Absence de sensibilisation et formation du personnel à l'hygiène, à la sécurité des aliments et aux BPF liées à la fraîche découpe
	Santé et hygiène corporelle du personnel	Contamination des produits
Méthode	Veille sur les avancées technologiques et techniques	Utilisation de techniques obsolètes, couteuses et/ou dangereuses
	Contrôle visuel des MP à réception	Stockage de MP avec pourritures (ou contaminés par des microorganismes) et contamination de produits sains
	Retrait et destruction des MP avec de la pourriture en zone de stockage	
	Séparation des MP en fonction de leur propriété (production d'éthylène)	Présence de MP abimées, avec une fermeté non voulue
	Maitrise de la chaine du froid et respect du cycle de préparation des produits	Maturation rapide des fruits
		Prolifération des microorganismes
	Nettoyage du matériel et des locaux entre chaque production	Action des enzymes de dégradations
		Contamination par des microorganismes
Respect de la marche en avant		
Gestion des nuisibles	Prolifération de nuisibles	
	MP abimées et/ou contaminées par des nuisibles (insectes, rongeurs, oiseaux) (corps étrangers et microorganismes)	

Optimiser la durée de vie, l'aspect et les propriétés organoleptiques du produit

M	Ressources	Risques
	Contrôle visuel de l'emballage des PF avant livraison (industrie) et vente	Préservation compromise Réclamation client, consommateur Erreur sur l'étiquetage non perçue
Méthode	Nettoyage des MP adapté	Présence excessive de produit désinfectant Décontamination insuffisante
	Autocontrôle du nettoyage du matériel et locaux	Absence de suivi des procédures
	Contrôle de l'humidité de l'air	Prolifération microbienne
		Perte d'eau au niveau du produit
	Manipulations des MP par le personnel limitées	Détérioration physique et brunissement enzymatique
	Respect des produits interdits (matériaux en bois, additifs, emballage)	Désinfection impossible (ex : bois) Interdiction de produire et de vendre
	Taillage conforme et régulier	Aspect non attractif
	Réapprovisionnement selon la demande (kiosque)	Produit avec une fraîcheur moindre Gaspillage
Adaptation des procédures et de la composition du PF selon les fruits (oxydation... etc.)	Oxydation rapide de fruits seuls (ex : pomme) Utilisation d'additif ou de mise sous atmosphère modifiée	

Annexe 9 : Traitement du risque de contamination microbienne (partie 1)

Risques	Cause	Action d'amélioration	Pilote	Indicateur de suivi
Contamination par des microorganismes	Absence de nettoyage efficace entre chaque manipulation et en fin de production (locaux et matériel)	Mise en place d'un planning de nettoyage	Equipe production	Résultats d'analyse laboratoire
		Utilisation de produits d'entretiens adaptés	Equipe de nettoyage	Bons de livraison avec présence d'un tampon renseigné (C et NC)
		Sensibilisation du personnel à l'hygiène des locaux	Equipe Qualité	Enregistrements des formations et des sensibilisations
	Réception et mise en contact de MP contaminées avec des MP saines	Control visuel des MP à réception	Société externe	Enregistrement du control visuel et du nettoyage des locaux
		Mise à l'écart et destruction des MP contaminées	Equipe Logistique	Bon de passage de la société externe de lutte contre les nuisibles et de maintenance de la ventilation
		Réclamation fournisseur		
	Stockage des MP au sol	Mise en place de zone de stockage adaptée (espace suffisant...)	Equipe Logistique	Bon de passage de la société externe de lutte contre les nuisibles et de maintenance de la ventilation
		Sensibilisation du personnel sur les BPH		
		Utilisation de palette (plastique de préférence)		
	Santé et mauvaise hygiène du personnel	Présence et accès au lave-mains, savon bactéricides, essuie-mains	Equipe Logistique	Rapports d'audit
		Port d'une tenue conforme et de protections (gants, masques, charottes...)		
		Sensibilisation aux BPH		
	Marche en arrière (absence de sectorisation, PF près des MP...)	Réorganisation et mise en place de nouveau moyen de stockage	Equipe Logistique	Rapports d'audit
		Affichage des consignes et indications des zones		

Annexe 10 : Traitement du risque de contamination microbienne (partie 2)

Risques	Cause	Action d'amélioration	Pilote	Indicateur de suivi
Contamination par des microorganismes	Accumulation de déchet près de la zone de production	Sectorisation du local poubelle	Equipe production	Résultats d'analyse laboratoire
		Mise en place de poubelles non manuelle accessible et vidée en fin de production	Equipe de nettoyage	Bons de livraison avec présence d'un tampon renseigné (C et NC)
		Sensibilisation aux BPH		
	Ventilation poussiéreuse et/ou en panne	Nettoyage régulier du filtre	Equipe Qualité	Enregistrements des formations et des sensibilisations
		Vérification et maintenance régulière		
	Présence de nuisibles	Mise en place d'appâts et de lampe anti-insecte	Société externe	Enregistrement du control visuel et du nettoyage des locaux
		Vérification régulière par une société extérieure		
	Matériaux inadaptés (rouille, corrosion, bois)	Utilisation de matériels et équipements en bon état et pouvant être facilement décontaminés	Equipe Logistique	Bon de passage de la société externe de lutte contre les nuisibles et de maintenance de la ventilation
		Entretien et protection des matériaux (bâches en plastique)		
	Emballage contaminé	Protection des emballages		Rapports d'audit
		Eventuelle décontamination physique non thermique		
		Stockage dans un lieu non humide, séparé des denrées alimentaires		
	Eau contaminée	Décontamination de l'eau ou Vérification fréquente de son innocuité		
	Décontamination des MP inefficace	Dosage et utilisation d'un produit adapté		
Affichage des protocoles				
Sensibilisation aux BP				

Annexe 11 : Traitement du risque de contamination chimique

Risques	Cause	Action d'amélioration	Pilote	Indicateur de suivi
Contamination chimique	Rinçage inefficace (matériel, locaux, équipements, décontamination des fruits...)	Mise en place d'un protocole de nettoyage	Equipe production	Enregistrement des formations et sensibilisations du personnel
		Affichage du protocole	Equipe de nettoyage	
		Accès à l'eau facilité		
	Surdosage de produits entretien et de décontamination	Sensibilisation du personnel aux BP	Equipe Qualité	Résultat d'analyse laboratoires
		Affichage du protocole		
		Utilisation d'un système de dosage (centrale, verre-doseur gradué)		Rapport d'audit
		Changement de procédures et utilisation de produit inoffensif		
	Utilisation de matériel, équipement, d'emballage à risque (migration moléculaire due à l'acidité)	Veille réglementaire et techniques	Enregistrement des réactions en cas de NC due à la machine	
		Test de migration avec simulant adapté		
	Surdosage ou utilisation d'additifs controversés	Veille réglementaire et techniques		
		Vérifications régulières des paramètres de la machines/du doseur		

Annexe 12 : Traitement du risque lié à la présence de corps étrangers

Risques	Cause	Action d'amélioration	Pilote	Indicateur de suivi
Présence de corps étranger	Locaux, matériel et équipements abimés	Vérifications régulières de l'état des locaux, matériel et équipements	Equipe production	Nombre de réclamations clients/consommateur par mois Enregistrements des destructions de produits en cas d'imprévus Enregistrements des formations et sensibilisations du personnel Bon de passage de la société externe de lutte contre les nuisibles
		Mise à l'écart des équipements défectueux	Equipe Qualité	
	Absence d'équipement de protection portés par le personnel (charlotte, cache-barbe...)	Vérification régulières de la tenue de travail	Equipe Fidélisation client	
		Sensibilisation aux BPH		
	Présence de fleurs en zone de préparation (pollen...)	Mise en place d'une interdiction		
	Présence de nuisibles	Mise en place d'appâts et de lampe anti-insecte		
		Vérification régulière par une société extérieure		
	Utilisation de pic en bois (brochette)	Changement de présentation ou de matériel (plastique plus résistant)		

Annexe 13 : Traitement du risque de préservation compromise

Risques	Cause	Action d'amélioration	Pilote	Indicateur de suivi
Préservation compromise	Emballage abimés ou inadaptés	Veille techniques et technologiques	Equipe production	Enregistrement des contrôles visuels des PF avant livraisons Enregistrements des formations et sensibilisations du personnel Nombre de réclamations clients par mois Enregistrement des contrôles des températures des armoires, meubles et chambres froides Résultats des laboratoires
		Veille réglementaire	Equipe Qualité	
		Contrôle visuel des emballages avant utilisation et livraison	Equipe R&D	
	Température de stockage inadaptée	Sensibilisation/formation du personnel aux BPH et BPF	Equipe Logistique	
	Cycle de préparation non respecté			
	Utilisation d'additifs inappropriés	Veille techniques et technologiques		
		Veille réglementaire		
	Coupure d'électricité	Adaptation des préparations ou mise en « glacières » non électrique		
	Décontamination insuffisante	Veille Scientifique		
		Changement de procédure et/ou de produit		

Annexe 14 : Traitement du risque de maturation non contrôlée

Risques	Cause	Action d'amélioration	Pilote	Indicateur de suivi	
Maturation non contrôlée	Mauvais agencement des stocks de fruits	Veille méthodologique	Equipe production	Bons de livraison avec présence d'un tampon renseigné (C et NC)	
		Séparation ou mise en place de système de séparation			Equipe Qualité
		Affichage du protocole	Equipe Logistique		
	Température de stockage inadaptée	Sensibilisation/formation du personnel aux BPH et BPF			Enregistrement des contrôles des températures des armoires, meubles et chambres froides
	Absence de protection des MP	Utilisation de matériaux inertes ne laissant pas passer l'éthylène			Enregistrements des formations et sensibilisations du personnel
	Réception de produits non préservés et avec un état de maturité avancé	Contrôle visuel et manuel des MP à réception			
Réclamation client					