



Les fruits et légumes dans l'alimentation

Enjeux et déterminants de la consommation

Expertise scientifique collective

Synthèse du rapport d'expertise réalisé par l'INRA
à la demande du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche

Novembre 2007

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

INRA

Photo : © Jean-René Savini

Directrice de la publication :

Claire Sabbagh, INRA, Unité Expertise scientifique collective

Conception du document et coordination éditoriale :

Isabelle Savini, INRA, Unité Expertise scientifique collective

Contacts :

Pierre Combris : combris@ivry.inra.fr ; Claire Sabbagh : sabbagh@paris.inra.fr

Le rapport d'expertise, source de cette synthèse, a été élaboré par les experts scientifiques sans condition d'approbation préalable par les commanditaires ou l'INRA. La synthèse a été validée par les auteurs du rapport.

La liste des experts mobilisés pour cette expertise figure en page 3 de couverture.

Les citations doivent faire référence aux éditeurs scientifiques nommés ci-contre :

M.J. Amiot-Carlin, F. Caillavet, M. Causse, P. Combris, J. Dallongeville, M. Padilla, C. Renard, L.G. Soler (éditeurs), 2007. *Les fruits et légumes dans l'alimentation. Enjeux et déterminants de la consommation*. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA (France), 80 p.

Expertise scientifique collective INRA

Les fruits et légumes dans l'alimentation

Enjeux et déterminants
de la consommation

Synthèse du rapport d'expertise

Marie-Jo Amiot-Carlin, France Caillavet, Mathilde Causse,
Pierre Combris, Jean Dallongeville, Martine Padilla,
Catherine Renard, Louis-Georges Soler (éditeurs)

Novembre 2007

Table des matières

Avant propos	3
La consommation de F&L en France : éléments de contexte	5
1. Consommation de fruits et légumes et santé	9
1.1. Fruits et légumes et couverture des besoins nutritionnels	9
1.2. Fruits et légumes et prévention des grandes pathologies	12
1.3. Risques liés à la consommation de fruits et légumes	21
1.4. Conclusions : bilan de l'intérêt de la consommation de F&L.....	25
2. Les sources de variabilité des qualités nutritionnelles.....	26
2.1. Les sources de variation biologiques d'ordre physiologique et génétique	26
2.2. Les sources de variations d'ordre agronomique et environnemental.....	29
2.3. Impacts de la conservation et des transformations.....	31
2.4. Conclusions : les voies d'amélioration des caractéristiques nutritionnelles des fruits et légumes	37
3. Les déterminants de la consommation et les obstacles.....	38
3.1. Des déterminants individuels de la consommation	38
3.2. Des obstacles économiques.....	40
3.3. Perceptions et représentations associées aux fruits et légumes	43
3.4. Conclusions	47
4. Les interventions et leur évaluation	49
4.1. Les interventions portant sur l'individu, ses préférences, ses motivations.....	49
4.2. Les interventions portant sur l'environnement du consommateur.....	51
4.3. Les interventions combinées	53
4.4. La question de l'évaluation des politiques	53
4.5. Conclusions	55
5. Les filières de F&L entre enjeux économiques et de santé publique	57
5.1. Gains de productivité, transmission des prix et pouvoir de marché.....	57
5.2. Qualité, segmentation du marché et organisation des filières	61
5.3. Interventions publiques et privées pour la sécurité sanitaire des F&L	63
5.4. Echanges internationaux des F&L et protection du marché européen	65
5.5. Quelles pistes d'action pour une croissance de la consommation de fruits et légumes ?	67
5.6. Conclusion.....	70
Conclusions	72
Annexe. Documentation et recherche bibliographique	78
Auteurs et éditeurs de l'expertise.....	81

Avant propos

La consommation de fruits et légumes est considérée par de nombreuses instances comme un enjeu de santé publique et fait l'objet de recommandations nutritionnelles au niveau mondial par la FAO et l'OMS. En France, la recommandation incluse dans le Programme national nutrition santé lancé par les pouvoirs publics, de "manger 5 fruits et légumes par jour" est bien connue, mais encore peu suivie par les consommateurs. Lorsque cette campagne a été lancée, 60% des Français consommaient moins d'une portion et demie de fruits et moins de 2 portions de légumes par jour. Bien que les consommateurs reconnaissent l'intérêt d'une consommation accrue de fruits et légumes, leur consommation n'évolue que très peu, et reste caractérisée par de fortes inégalités dans la population.

Dans le même temps, le marché des fruits et légumes représente un enjeu économique pour les producteurs nationaux. La filière des fruits et légumes exerce ses activités dans un contexte commercial international et européen qui génère une concurrence accrue sur les prix. Cette situation est de plus en plus stigmatisée par les opérateurs, qui voient là une des causes principales de leurs difficultés. L'effet de crises récurrentes est ressenti d'autant plus violemment que les contraintes réglementaires et les règles de l'organisation commune de marchés limitent les possibilités d'intervention de l'Etat.

C'est dans ce contexte que le Ministère de l'agriculture et de la pêche (MAP) a commandé à l'INRA une expertise scientifique collective pour faire l'état des lieux des connaissances scientifiques disponibles concernant les enjeux de santé liés à un accroissement de la place des fruits et légumes dans l'alimentation, les facteurs susceptibles de favoriser la consommation et l'impact sur la filière. L'objectif est d'éclairer les pouvoirs publics, et le MAP en particulier, sur les actions à mener, aussi bien du côté de l'offre qu'auprès des consommateurs, pour répondre au double objectif de soutien économique aux filières de production et de protection de la santé publique.

Le champ retenu pour l'ESCo identifiait les principales questions suivantes : les fondements scientifiques des recommandations nutritionnelles (bénéfices et risques éventuels pour la santé) ; la variabilité des caractéristiques nutritionnelles des F&L liée aux facteurs génétiques, aux conditions de culture, aux traitements post-récolte et aux transformations industrielles et culinaires ; la variabilité de la consommation et ses déterminants socio-économiques ; l'impact des politiques de promotion de la consommation de F&L ; les liens entre les caractéristiques des produits et le fonctionnement des filières. Conformément à la définition de l'exercice, l'ESCo ne peut traiter ces questions que dans la mesure où elles ont fait l'objet de recherches et de publications scientifiques.

Pour réaliser cette ESCo, l'INRA a mobilisé un groupe d'une vingtaine d'experts, représentant un large éventail de disciplines (épidémiologie, toxicologie, nutrition, agronomie, génétique et amélioration des plantes, technologie de la transformation, économie, sociologie, marketing) et d'origines institutionnelles diverses (INRA, Institut Pasteur de Lille, INSERM, AgroParisTech, CIHEAM/IAM, INH, ENSAT).

Encadré 1. L'Expertise Scientifique Collective (ESCo) à l'INRA : méthode et clés de lecture

. Les principes de l'ESCo

L'ESCo est une activité d'appui à la décision publique : l'exercice consiste à répondre à une question complexe posée par un commanditaire extérieur en établissant, sur la base de la bibliographie mondiale, un état des connaissances scientifiques pluridisciplinaires qui fait la part des acquis, incertitudes, lacunes et controverses. Cet exercice suppose une instruction conjointe de la question posée entre le commanditaire et l'INRA, qui aboutit à la rédaction d'une lettre de cadrage.

Le travail d'expertise proprement dit est réalisé par un collectif d'experts scientifiques, spécialistes de différentes disciplines et appartenant à divers organismes de recherche. Il se conclut par la production d'un rapport qui rassemble les contributions des experts et d'une Synthèse destinée à l'usage des décideurs. Les conclusions de l'expertise sont présentées et mises en débat lors d'un colloque ouvert à un public élargi.

Le rapport d'expertise et les documents de synthèse qui en dérivent sont élaborés par les experts scientifiques sans condition d'approbation préalable par les commanditaires ou l'INRA.

. Un élargissement nécessaire mais raisonné de la base documentaire

La bibliographie examinée est d'abord constituée des publications scientifiques parues dans les revues à comité de lecture et répertoriées dans les bases de données internationales ; dans la pratique, une extension à de la "littérature grise" (rapports divers...) s'avère nécessaire. Ainsi, l'expérience des experts de terrain peut être prise en compte dans la mesure où elle a fait l'objet d'articles parus dans des revues techniques reconnues. Les experts sont aussi amenés à traiter certaines données brutes, issues notamment d'enquêtes statistiques.

. La nature des réponses apportées par l'ESCo

L'analyse scientifique proposée par l'ESCo vise l'identification, la caractérisation et la hiérarchisation des problèmes posés et de leurs principaux déterminants, puis l'inventaire et l'évaluation des connaissances et moyens techniques (existants, en cours de développement, envisageables...) mobilisables pour gérer ces problèmes. Cette démarche n'aboutit pas à la formulation d'avis ou de recommandations, ni de solutions "clé en main".

L'ESCo "Fruits et légumes" n'a ainsi pas pour objectif de dresser le catalogue des mesures susceptibles de développer la consommation de F&L ou de soutenir les filières F&L. Elle n'a pas non plus pour mission de proposer une évaluation critique des plans ou opérations en cours destinés à promouvoir la consommation de F&L, ni d'élaborer une politique alternative de gestion de cette question. Néanmoins, en réunissant les éléments disponibles concernant les conditions d'application et d'efficacité d'un certain nombre de mesures génériques, l'expertise fournit des outils d'analyse des actions engagées, envisagées ou concevables en France.

. Le statut de la Synthèse

Le présent document de synthèse reprend les grandes lignes du rapport d'expertise, dans la perspective d'utilisation des connaissances qui a motivé la commande de cette ESCo. Son élaboration peut conduire à aller un peu plus loin que ne le fait le rapport dans l'interprétation des conclusions scientifiques et à intégrer des éléments du contexte économique ou politique qui n'ont pas fait forcément l'objet de recherches scientifiques.

La consommation de F&L en France : éléments de contexte

L'objet de ce chapitre introductif est de fournir quelques éléments de cadrage sur la consommation des fruits et légumes en France et dans les pays développés. A la différence des autres chapitres, celui-ci ne s'appuie pas sur une revue de la littérature scientifique, mais sur des données descriptives tirées des statistiques nationales ou internationales, et des enquêtes publiques ou privées représentatives. Ces données sont publiées sous forme de rapports ou d'ouvrages. Elles sont de plus en plus disponibles sur des sites Internet ; c'est le cas des données de l'INSEE et de la FAO par exemple.

. Sources de données de consommation alimentaire

Il existe trois types de sources de données permettant d'évaluer la consommation alimentaire :

- Les bilans alimentaires estiment la consommation sur la base des disponibilités totales sur le territoire national. Calculées à partir de la production, des importations et des exportations, des variations de stocks, et des usages non alimentaires, ces disponibilités sont divisées par la population totale pour fournir une consommation par personne en quantité. Les données des bilans alimentaires sont reprises dans la Comptabilité Nationale qui établit des séries en valeur (aux prix courants) et en volume (à prix constants).
- Les enquêtes sur les achats des ménages ne portent que sur la consommation à domicile. Les achats sont enregistrés au jour le jour pendant une période variant de 14 jours pour l'enquête "Budget de Famille" de l'INSEE, à l'année toute entière pour les données recueillies par les panels de consommateurs (TNS Worldpanel par exemple). Les achats sont évalués en valeur dans l'enquête "Budget de Famille", en valeur et en quantité dans les panels.
- Les enquêtes sur la consommation des individus évaluent les quantités effectivement consommées à partir d'un enregistrement exhaustif des prises alimentaires pendant un ou plusieurs jours consécutifs. La précision des données dépend de la méthode utilisée (rappel des dernières 24 heures, questionnaire de fréquence de consommation, carnet de consommation...). Les quantités sont généralement évaluées à l'aide de photographies de portions standards.

La diversité des méthodes d'estimation et de recueil explique que les données des différentes sources fournissent des estimations différentes de la consommation. La consommation dite "apparente", évaluée à partir des bilans alimentaires, est en règle générale l'estimation la plus élevée. Les consommations individuelles moyennes observées par les enquêtes nutritionnelles sont d'un ordre de grandeur comparable aux données d'achats, si l'on tient compte des différences de champ (les données d'achats ne portent que sur la consommation à domicile). Enfin, l'importance de l'autoconsommation pour certains fruits et légumes complique les comparaisons car elle est souvent mal mesurée.

Une dernière difficulté provient de la détermination des produits à prendre en compte dans la définition du groupe des fruits et légumes. Si les pommes de terre n'en font généralement pas partie, et ont, de fait, été exclues du périmètre de l'expertise¹, d'autres produits, en particulier transformés, soulèvent des problèmes de classification. Les conserves de légumes et les surgelés sont toujours inclus dans la catégorie des fruits et légumes, mais d'autres produits, comme les jus de fruits, les compotes ou les soupes, ne sont pas classés avec les fruits et légumes dans toutes les enquêtes. Enfin, la consommation croissante de produits élaborés, et en particulier de plats préparés dans lesquels les fruits et légumes sont des ingrédients, rend de plus en plus difficile l'évaluation précise de la consommation.

. Niveau et évolution de la consommation en France

D'après les données des bilans alimentaires établis par la FAO, les disponibilités totales en France, en 2005, atteignaient 145 kg par personne pour les légumes (hors pommes de terre) et 84 kg pour les fruits. Cette estimation correspond à l'ensemble des utilisations de F&L sur le territoire national, quelles que soient les formes et les lieux de consommation (frais, transformé, à domicile, au restaurant...). Elle inclut les quantités perdues aux divers stades de la transformation, de la distribution et de la préparation finale des aliments. Elle fournit donc une estimation par excès des quantités effectivement ingérées par les consommateurs.

Ces disponibilités totales par personne pour l'ensemble des fruits et des légumes (hors pommes de terre et féculents) apparaissent régulièrement croissantes depuis la fin des années 70, avec depuis le début des années 2000, une consommation apparente de légumes stable, et une consommation de fruits qui augmente légèrement. Les données de la Comptabilité Nationale montrent une stabilité de la consommation apparente des légumes

1. Les recommandations de la FAO et de l'OMS excluent explicitement les pommes de terre du groupe des fruits et légumes, de même que beaucoup de programmes "5 fruits et légumes par jour" (mais pas ceux des Etats-Unis et de Nouvelle Zélande par exemple). Dans l'expertise, les pommes de terre sont toujours exclues, mais certains produits féculents (légumineuses en particulier) n'ont pas pu être systématiquement distingués au sein de l'ensemble des fruits et légumes.

frais, mais une légère croissance de celle des conserves et du surgelé. Pour les fruits, ce sont aussi les produits transformés, et en particulier les jus, qui expliquent l'augmentation de la consommation apparente depuis le début des années quatre-vingt dix. En 2004, les données des Comptes Nationaux estiment la consommation totale de légumes à 125 kg par personne et par an (92 kg pour les légumes frais et 33 kg pour les conserves et le surgelé), et la consommation de fruits à 63 kg pour les fruits frais, 7 kg pour les fruits transformés et 23 litres pour les jus de fruits et les nectars².

La décomposition de la valeur des dépenses de consommation des ménages en variations de prix et de volume (dépenses à prix constant), réalisée dans le cadre de la Comptabilité Nationale, montre une croissance beaucoup plus forte des volumes pour les produits transformés que pour les produits frais. L'évolution des modes de vie privilégiant l'économie de temps a stimulé la demande de fruits et légumes transformés. Les produits transformés ont aussi bénéficié d'un écart de prix croissant par rapport aux produits frais. De 1960 à 2005, les prix des légumes frais à la consommation ont en effet augmenté de 40% de plus que la moyenne des prix alimentaires, alors que ceux des légumes transformés ont baissé de 40% par rapport à cette moyenne. Dans le cas des fruits, l'écart de prix entre les produits frais et transformés est de moindre ampleur ; il n'apparaît qu'à la fin des années quatre-vingt, et résulte pour l'essentiel de la baisse du prix des jus de fruits.

Il faut insister sur le fait que le panier de fruits et légumes a beaucoup changé depuis le début des années soixante, qu'il s'agisse des produits frais (nouvelles variétés, produits tropicaux et de contre-saison) ou des produits transformés (surgelés, légumes préparés, jus de fruits...). Ces changements sont pris en compte dans l'évolution des volumes et n'ont pas d'impact sur le niveau de l'indice des prix, qui est calculé "à qualité constante". En revanche, ils peuvent bien sûr avoir un effet sur sa variation si les prix des nouvelles variétés introduites dans l'indice évoluent différemment de ceux des autres variétés.

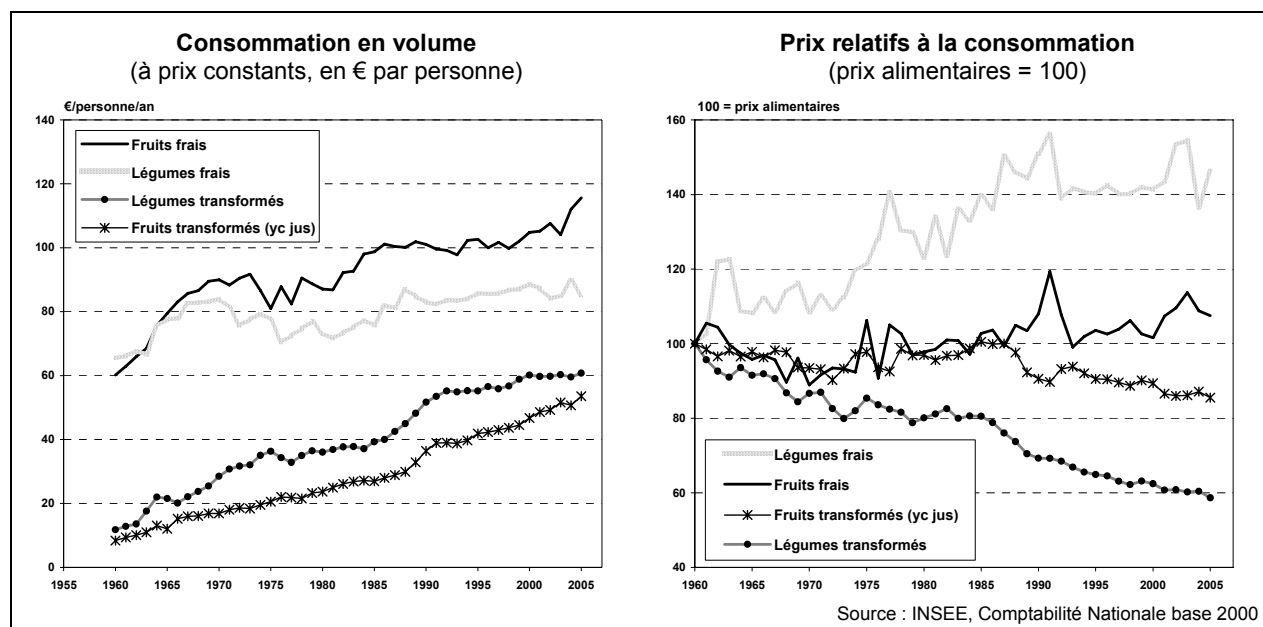


Figure 1. Evolution des volumes et des prix des fruits et légumes à la consommation de 1960 à 2005 (INSEE Comptabilité Nationale, base 2000)

Les tendances mises en évidence par les enquêtes d'achat et de consommation, qui observent directement les quantités de fruits et de légumes acquises ou consommées par les ménages et les individus, sont un peu différentes. Les données recueillies par TNS Worldpanel et publiées par les organismes interprofessionnels montrent que, de 1998 à 2006, les achats de fruits et légumes frais des ménages, pour la consommation à domicile, ont baissé de façon régulière en quantité, la dépense correspondante par ménage restant, elle, quasiment stable. L'évaluation des quantités effectivement consommées par les individus à partir de l'enquête INCA 1 de 1998-99 met en évidence un niveau de consommation moyen de l'ordre de 350 g/jour. L'enquête CCAF (Comportement et Consommation Alimentaire en France), réalisée en 2002-2003 avec la même méthodologie (carnet de consommation pendant 7 jours) conclut à une baisse de la consommation totale de fruits et légumes.

2. Alors que les bilans de la FAO évaluent les produits en "équivalents primaires", les données de la Comptabilité Nationale portent sur les produits tels qu'ils sont commercialisés, d'où des écarts selon que la transformation entraîne des pertes, ce qui est le cas général, ou au contraire des ajouts (l'eau et le sucre dans les nectars par exemple) ; par ailleurs les données de la FAO ne permettent pas de prendre en compte le raisin de table qui est agrégé avec le raisin vinifié.

L'ensemble des sources statistiques (disponibilités, panels d'achat, enquêtes de consommation) fournit donc des estimations qui diffèrent tant en niveau qu'en évolution. Finalement, compte tenu des difficultés de mesure et des incertitudes sur la composition des produits élaborés, une hypothèse prudente consiste à considérer que les estimations de la consommation totale des fruits et légumes fluctuent autour d'une moyenne qui ne varie probablement pas beaucoup depuis la fin des années quatre-vingt dix.

Cette consommation reste, en tout cas, inférieure aux recommandations nutritionnelles (400 g/jour). Les données de l'enquête INCA 1 indiquent qu'environ 60% des individus adultes ont une consommation inférieure à ce repère. Exprimée en fréquence de consommation ("5 fruits et légumes par jour"), la recommandation est suivie par une fraction encore plus faible de la population adulte (moins de 5% d'après l'enquête INCA 1, de l'ordre de 10% d'après le Baromètre Santé Nutrition ; cf. Encadré 2). Les différentes enquêtes font également ressortir des proportions élevées de petits consommateurs (moins de 3,5 portions par jour). Ces différentes observations, jointes au constat de la quasi-stationnarité de la consommation depuis la fin des années quatre-vingt dix, sont à l'origine des recommandations du deuxième Plan national nutrition santé relatives à l'augmentation de la consommation des fruits et légumes.

. Comparaisons internationales

Au niveau mondial, les données de consommation apparente de la FAO (1998) montrent une consommation moyenne de légumes (hors pomme de terre) plus forte dans le modèle européen (372 g/j) que dans les modèles moyen-oriental (233 g/j), asiatique (179 g/j), latino-américain (150 g/j) et africain (77 g/j). Pour les fruits, les consommations moyennes sont plus fortes dans le modèle latino-américain (271 g/j) que dans les modèles européen (212 g/j), moyen oriental (204 g/j), asiatique (85 g/j) et africain (95 g/j).

En Europe, l'étude EPIC réalisée dans 27 centres répartis dans 10 pays montre que la consommation de F&L est plus importante dans les pays méditerranéens et que la consommation la plus faible est enregistrée en Scandinavie et aux Pays-Bas pour les hommes comme pour les femmes. Ce gradient Nord-Sud de la consommation de F&L en Europe est confirmé par l'étude DAFNE basée sur les achats des ménages.

En terme d'évolution, les études réalisées en Europe montrent une augmentation de la consommation de fruits et légumes dans les pays scandinaves qui étaient traditionnellement peu consommateurs. Plus généralement, les données de la FAO montrent qu'au cours des quarante dernières années la consommation totale de fruits et légumes a augmenté dans pratiquement tous les pays, quel que soit leur niveau de revenu. La croissance de la consommation étant beaucoup plus forte, en valeur absolue et en valeur relative, dans les pays riches que dans les pays de revenu intermédiaire. Bien que très faible, la croissance est également significative dans les pays pauvres.

Encadré 2. Les repères de consommation : 400 g ou 5 portions par jour ?

La mise en place aux Etats-Unis du programme "5 A Day for Better Health" par le NCI (National Cancer Institute) en 1991, à la suite du programme développé en Californie depuis 1988, a fait du repère de consommation "au moins 5 fruits et légumes par jour" un objectif de santé publique largement diffusé. La recommandation de consommer au moins 5 portions (servings) de fruits et légumes par jour est cependant beaucoup plus ancienne, puisqu'elle apparaît déjà dans le guide alimentaire de l'USDA (US Department of Agriculture) de 1916. Dans son rapport d'évaluation du programme "5 A Day for Better Health", le NCI reconnaît qu'à côté des justifications scientifiques, la commodité du repère a joué un rôle.

Parallèlement, dès 1990, les recommandations de l'OMS ont mis en avant le repère de 400 g par jour, comme minimum de consommation souhaitable. Ces deux repères aboutissent à une portion théorique de 80 g, peu contestable sur le plan arithmétique, mais ne correspondant pas toujours aux quantités effectivement ingérées par occasion de consommation. C'est en tout cas ce qui ressort de l'analyse des enquêtes de consommation françaises réalisée dans une étude commune de l'AFSSA (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments) et de l'INPES (Institut National de Prévention et d'Education pour la Santé). Les portions effectives dépassent en général 80 g (130 à 170 g pour les adultes selon l'âge d'après l'enquête INCA 1), ce qui fait que la consommation est plus proche des recommandations lorsqu'elles sont mesurées en quantités que lorsqu'elles sont évaluées en portions ou en fréquences de consommation.

Le repère de consommation du Plan National Nutrition Santé 2, "au moins 5 fruits et légumes par jour", retient la fréquence de consommation dans ses recommandations, ainsi que dans son objectif de réduction du nombre de petits consommateurs (définis par une consommation inférieure à 3,5 portions par jour). Le dernier rapport conjoint de la FAO et de l'OMS sur la prévention des maladies chroniques (2003) formule ses recommandations uniquement en termes de quantités (au moins 400 g de fruits et légumes par jour). Le repère en fréquence facilite la diffusion des recommandations nutritionnelles, mais il ne faut pas perdre de vue que les deux repères correspondent à des estimations différentes de la prévalence de la sous-consommation dans la population française.

Tableau 1. Les principales sources statistiques sur la consommation de fruits et légumes en France ⁽¹⁾

Source	FAO Bilans Alimentaires	INSEE Comptabilité Nationale	INSEE Budget de Famille	TNS Worldpanel	INCA 1	CREDOC CCAF	INPES Baromètre Santé Nutrition
Nature	Bilans	Bilans	Achats	Achats	Consommation	Consommation	Consommation
Populations de référence	Ménages Institutions	Ménages Institutions	Ménages	Ménages	Individus	Individus	Individus
Echantillon	-	-	10305 ménages	En 2005 : 2869 ménages (FL frais) 7422 ménages (FL transformés)	1985 adultes 15-75 ans 1018 enfants 3-14 ans	1361 adultes 15-75 ans 1090 enfants 3-14 ans	3153 individus 12-75 ans
Champ couvert	Domicile (achats, autoconsommation) Hors domicile	Domicile (achats, autoconsommation) Hors domicile	Domicile (achats)	Domicile (achats)	Domicile (achats, autoconsommation) Hors domicile	Domicile (achats, autoconsommation) Hors domicile	Domicile (achats, autoconsommation) Hors domicile
Méthode de recueil	-	-	Carnet d'achats (14 jours)	Relevé électronique quotidien	Carnet de consommation (7 jours)	Carnet de consommation (7 jours)	Rappel 24h Fréquences 15 jours
Unité de mesure	Equivalents primaires	Quantités mises en marchés Consommation en volume	Dépenses	Dépenses Quantités	Fréquences Quantités consommées	Fréquences Quantités consommées	Fréquences de consommation
Périodicité (dernières données disponibles)	Annuelle (2005)	Annuelle (Quantités : 2004 Volumes : 2005)	Quinquennale (2000-0101)	Enquête permanente	Variable (1998-1999)	Variable (2002-2003)	Variable (2002)
Consommation de F&L g/personne/jour (2)	630	600	-	270-300	350	320	-

(1) Seules les sources portant sur des échantillons nationaux représentatifs ont été retenues dans ce tableau de synthèse.

(2) Il s'agit d'ordres de grandeur évalués pour les adultes seulement à partir des différentes données accessibles pour chaque source. Outre les différences de champ indiquées dans le tableau, les produits pris en compte dans les données publiées varient fortement selon les sources. Les bilans FAO et INSEE incluent l'ensemble des fruits et légumes frais et transformés y compris les jus de fruits. L'estimation réalisée à partir des données TNS Worldpanel, exclut tous les légumes féculents et les jus de fruits. Les estimations à partir d'INCA et de CCAF excluent également les jus de fruits. Un calcul précis à partir des données élémentaires des différentes sources permettrait d'affiner ces estimations.

1. Consommation de fruits et légumes et santé

Les recommandations nutritionnelles s'appuient sur un ensemble de connaissances permettant d'évaluer les avantages et les risques d'un comportement alimentaire ou de la consommation d'un aliment. Concernant les F&L, les bénéfices envisagés sont des apports en nutriments et un effet protecteur éventuel contre les principales pathologies chroniques ; les risques éventuels sont liés notamment à la présence de résidus de pesticides dans les F&L. L'objectif de l'ESCo est de faire le point des connaissances sur les relations entre la consommation de fruits et légumes et l'état de santé, en examinant dans quelle mesure les travaux fondamentaux et cliniques disponibles, pris dans leur ensemble, permettent d'établir un lien de causalité entre cette consommation et l'état de santé des individus ou des populations.

Cependant, l'élaboration de recommandations nutritionnelles en Santé Publique est complexe et ne se fonde pas uniquement sur la démonstration d'une relation causale entre l'ingestion d'un aliment et l'état de santé. Il est possible d'envisager des recommandations en l'absence de conclusions définitives pourvu que l'équilibre des preuves suggère un effet favorable et l'absence de risque pour la santé. Les particularités méthodologiques de l'épidémiologie nutritionnelle rendent même nécessaire un tel exercice.

1.1. Fruits et légumes et couverture des besoins nutritionnels

1.1.1. Les caractéristiques nutritionnelles des fruits et légumes frais et transformés

Les F&L sont des aliments caractérisés par leur faible apport calorique (du fait de leur richesse en eau et leur faible teneur en lipides) et leur fort contenu en fibres, vitamines, minéraux et microconstituants divers. Pour certains de ces éléments, les F&L représentent des sources importantes de notre alimentation : c'est le cas de la vitamine C, des folates et de la vitamine A apportée par les caroténoïdes pro-vitaminiques A.

Les principaux composés des fruits et légumes et leurs propriétés sont les suivants (voir aussi Tableau 2) :

- Les fibres agissent sur la satiété, l'excrétion fécale et l'activité motrice de l'intestin, sur les paramètres métaboliques, notamment les lipides plasmatiques (à jeun et post-prandial), et sur les caractéristiques de la flore colique du fait des effets prébiotiques de certaines fibres.
- La vitamine C est dotée de propriétés réductrices à la base de son activité biologique. Elle a une activité anti-oxydante et un rôle de cofacteur dans les réactions catalysées par l'oxygène. De plus, elle est reconnue pour ses capacités d'inhibition de la synthèse des nitrosamines, composés cancérigènes.
- Les caroténoïdes pro-vitamine A (α - et β -carotènes) génèrent de la vitamine A, qui a un rôle essentiel dans la physiologie des cellules nerveuses de la rétine.
- La vitamine B9 est représentée par le groupe des folates ou polyglutamates. Les folates participent au métabolisme des acides aminés et des acides nucléiques. Un déficit de folate chez la femme au moment de la procréation est associé à un risque de défaut de fermeture de tube neural du fœtus.
- La vitamine K est un cofacteur indispensable à la carboxylation de certaines protéines intervenant dans la coagulation sanguine et dans l'activation de l'ostéocalcine nécessaire à la minéralisation osseuse. Des études plus récentes tentent de préciser le rôle de cette vitamine dans les processus de la minéralisation osseuse.
- Le potassium agit, en étroite relation avec le sodium, pour maintenir l'équilibre acido-basique du corps et celui des fluides ; des fortes concentrations intracellulaires sont nécessaires au bon fonctionnement des cellules. Un apport alimentaire élevé de potassium protégerait du développement de l'hypertension artérielle.
- Le magnésium, second cation intracellulaire, est un élément d'importance majeure : la plupart des voies métaboliques sont magnésio-dépendantes et cet élément joue un rôle clé dans l'équilibre ionique des membranes. Le magnésium intracellulaire jouerait un rôle clé dans l'action régulatrice de l'insuline et dans le bon fonctionnement du système vasculaire.
- Les polyphénols et les caroténoïdes non-provitaminiques ont des propriétés anti-oxydantes. Cependant, ces propriétés semblent limitées *in vivo* au vu des faibles concentrations retrouvées au niveau plasmatique. Ces composés sont, d'une manière générale, faiblement absorbés et pour certains, comme les polyphénols, fortement métabolisés. De nouvelles voies d'action sont actuellement explorées.
- D'autres composés tels que les glucosinolates et les composés soufrés sont l'objet d'un grand intérêt en raison de leurs propriétés potentiellement protectrices à l'égard du développement tumoral.

Les teneurs de tous ces micronutriments et microconstituants varient en fonction de nombreux paramètres tels que la variété ou le stade physiologique du végétal, le climat (lumière, température), les pratiques culturales (fertilisation, irrigation), les conditions de stockage post-récolte et les pratiques culinaires, ce qui rend difficile l'évaluation des apports réels.

Tableau 2. Principaux constituants d'intérêt nutritionnel des fruits et légumes

Composé	Nature	Effet biologique	Recommandation	Contribution des F&L aux apports ⁽¹⁾	Déficit dans la population	F&L riches [autres aliments riches en ces nutriments]
Fibres	polymères : polysaccharides et lignines	actions sur la fonction gastro-intestinale ; action des fibres solubles sur certains désordres métaboliques, (hyperglycémie, hyperinsulinémie)	25-30 g/j dont 10 g de solubles	F+L = 38%	Environ 75% de la population n'atteignent pas 25 g/j	artichaut, fruits séchés [céréales]
Caroténoïdes pro-vitamine A (α- et β-carotènes)	pigments liposolubles	Vitamine A : dans la vision + autres (embryogenèse, croissance...)	Vitamine A : ANC = 900-700 µg ER pour homme-femme	Vit. A : F+L = 38%		fruits et légumes de couleur orange, légumes feuilles [produits animaux]
Vitamine B9 (acide folique)	hydrosoluble	Participe au métabolisme des acides aminés et des acides nucléiques	ANC = 330-300 µg pour homme-femme	F+L = 42%	chez 30-40% de la population Pb femmes enceintes	épinards, légumineuses, avocat, tomate [foie, levure de bière]
Vitamine C	hydrosoluble	antioxydant et cofacteur dans hydroxylation	ANC = 110 mg/j	F+L = 73%	chez >50% de la population	fruits frais agrumes et jus d'agrumes
Vitamine K	liposoluble	rôle dans la coagulation (et le métabolisme osseux)		F+L = 29%	difficile à évaluer	légumes-feuilles [huiles colza et soja]
Potassium	hydrosoluble	Maintien de l'équilibre acido-basique	3,1g (Europe)	F+L = 29% (90% des sels organiques)	75% < ANC	fruits et légumes frais
Magnésium	hydrosoluble	Participe à l'équilibre ionique des membranes	ANC = 6 mg Mg/kg/j	F+L = 22%	2/3 < ANC (SU.VI.MAX) [°]	fruits et légumes frais
Polyphénols	Grande diversité de structures composées de plusieurs noyaux phénoliques (différentes classes : acides phénoliques, flavonoïdes, tannins)	antioxydants (seuls ou en synergie) → protecteurs probables / maladies cardiovasculaires (flavonoïdes)	pas d'ANC	F+L = 28%		fruits (petits fruits rouges), légumes (artichaut, choux) [café, thé, céréales, vin]
Caroténoïdes non pro-vitamine A	pigments liposolubles	antioxydants (seuls ou en synergie)	pas d'ANC	(non évalué)		légumes feuilles (lutéine), tomate (lycopène)
Glucosinolates	hydrosolubles	anticarcinogènes potentiels (détoxification)	pas d'ANC	(en cours d'évaluation)		crucifères
Phytostérols	liposolubles, structure analogue à celle du cholestérol	hypocholestérolémiant... à dose forte (> alimentaire, 2g/j)	pas d'ANC			crucifères

⁽¹⁾ Contribution des F&L aux apports journaliers en fibres et micronutriments, estimés pour la consommation alimentaire moyenne (INCA)

1.1.2. Fruits et légumes et couverture des besoins nutritionnels

. Les références concernant les besoins

Pour chaque micronutriment, le besoin nutritionnel moyen (BNM) est estimé expérimentalement sur des échantillons limités de sujets ; il correspond à la moyenne des besoins individuels. L'apport nutritionnel conseillé (ANC) est calculé à partir des BNM pour couvrir les besoins de la plus grande partie de la population, soit 97,5% des individus en tenant compte de la variabilité inter-individuelle. Les ANC doivent être distingués des apports journaliers recommandés (AJR), qui sont des valeurs utilisées pour l'étiquetage des produits. Les AJR sont des valeurs uniques pour chaque nutriment, qui ne prennent pas en compte les différences liées à l'âge ou au sexe, et sont harmonisés au niveau européen.

. Données de consommation française et calculs des apports en micronutriments

L'enquête INCA 1 a été réalisée d'août 1998 à juin 1999 sur deux échantillons indépendants, l'un d'adultes de 15 ans et plus (n = 1985) et l'autre d'enfants de 3 à 14 ans (n = 1016). Ces échantillons, constitués par tirage au sort de ménages à partir du fichier d'un opérateur téléphonique, sont représentatifs de la population française. Un

carnet de sept jours (semainier) décrit la consommation alimentaire. Les enquêtes ont été réparties sur l'ensemble de l'année, pour tenir compte de la saisonnalité de la consommation. La contribution des F&L aux apports en nutriments a été calculée à partir des tables de composition nutritionnelle moyenne des aliments. Ces valeurs sont à considérer avec prudence, car les tables de composition n'intègrent pas les variations dues à de multiples facteurs (variété génétique, conditions de stockage, modes de préparation...).

Dans un premier temps, la contribution des F&L frais et transformés aux apports de nutriments a été évaluée par rapport aux six autres groupes d'aliments (assaisonnements, féculents, plats préparés, produits laitiers, produits gras-sucrés-salés et viandes-poisson-œufs). Dans un second temps, au sein du groupe F&L, la contribution aux apports a été estimée pour chacun des 8 sous-groupes suivants : crudités, fruits séchés, fruits frais, fruits transformés, jus de F&L, légumes, fruits secs et soupes.

Encadré 3. La consommation de F&L de la population française

Dans INCA, la consommation moyenne de F&L est évaluée à 365 g par jour chez les personnes de 15 ans et plus (Tableau ci-dessous). Cette estimation est cohérente avec les données d'études épidémiologiques portant sur des volontaires, ne prenant pas en compte tout à fait les mêmes catégories de F&L : 450 et 410 g/j respectivement pour les hommes et les femmes dans l'étude SU.VI.MAX (sur un échantillon de 4 652 sujets âgés de 35 à 63 ans, recrutés en 1994-1995) et 460 g/j dans l'étude européenne EPIC (portant sur 465 586 sujets d'âge moyen 51,7 ans recrutés entre 1992 et 1998).

Il existe une grande disparité de consommation au sein de la population française, notamment en fonction de l'âge des individus. Dans INCA, la tranche d'âge 15-24 ans consomme, en moyenne, hors jus de fruits, 224 g de F&L par jour alors que la tranche des plus de 65 ans en consomme 509 g. Des disparités similaires sont rapportées en Europe ; même dans les pays ayant une consommation moyenne élevée comme la Grèce et l'Espagne, une fraction de la population présente un niveau très faible de consommation.

Catégorie / âge	15-24	25-44	45-54	65 et plus	Ensemble
Fruits	77	109	164	206	139
Compotes et fruits cuits	9	10	12	12	11
Légumes (hors pomme de terre)	94	116	146	129	121
Soupes	44	57	111	162	93
Fruits + légumes	171	225	311	335	260
Total	224	292	434	509	365

Consommation journalière (en grammes) de fruits et légumes (hors jus de fruits)
en fonction de l'âge, dans l'enquête INCA 1

. Contribution des F&L à la couverture des besoins

Pour la consommation moyenne (INCA 1), les F&L participent aux apports (Figure 2) à hauteur de 38% pour les fibres, 38% pour la vitamine A, 42% pour la vitamine B9, 73% pour la vitamine C, 29% pour le potassium et 22% pour le magnésium.

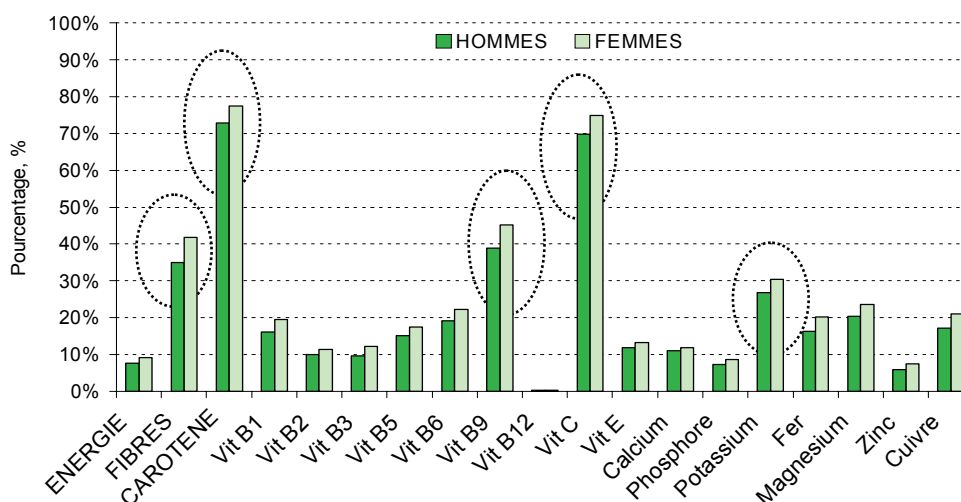


Figure 2. Contribution des F&L aux apports journaliers d'énergie et de nutriments dans l'alimentation (calculée à partir des données de l'enquête INCA 1)

Au sein du groupe F&L, les fruits frais, les crudités et les jus sont les principaux fournisseurs de vitamine C. Inciter à consommer plus de produits frais et des jus d'agrumes, reconnus pour leur richesse en vitamine C, est un moyen pour couvrir les besoins en cette vitamine chez les très faibles consommateurs de F&L. Les fruits frais et les légumes sont les principaux pourvoyeurs de fibres de l'alimentation. Augmenter la consommation de fruits ou légumes (une ou deux portions de 80 g) pourrait permettre de mieux couvrir les besoins en fibres. Les crudités, les légumes et les soupes contribuent aux apports en vitamine A par leur richesse en caroténoïdes pro-vitaminiques A. Ces mêmes sous-groupes avec les fruits contribuent également aux apports en vitamine B9.

D'après les données INCA, le quartile des plus faibles consommateurs de F&L ne couvre les ANC qu'à 64% pour les fibres, 74% pour la vitamine B9, 38% pour la vitamine C, 77% pour le potassium. Les forts consommateurs de F&L apparaissent comme de plus faibles consommateurs de graisses, de sucres ajoutés et de produits raffinés.

Enfin, ces aliments (F&L frais, jus, soupes) contribuent également à la couverture des besoins en eau. Ce vecteur est particulièrement intéressant pour les personnes à risque de déshydratation comme les personnes âgées.

1.2. Fruits et légumes et prévention des grandes pathologies

L'alimentation et les habitudes de vie tiennent une place importante dans la prévention des maladies chroniques. Des recommandations comme celles du Programme national nutrition santé (PNNS) sont émises par les autorités de santé, sur la base d'expertise collective, pour faire la promotion de comportements nutritionnels et de modes de vie susceptibles de limiter la survenue des principales maladies chroniques dans la population. L'élaboration de recommandations est un processus complexe qui s'appuie sur des données scientifiques, mises à jour périodiquement, parallèlement aux progrès des connaissances. L'objectif de l'ESCo est de fournir les éléments les plus récents concernant l'impact de la consommation de F&L sur la survenue des principales pathologies chroniques.

Les recommandations actuelles de consommation de F&L découlent de l'analyse des expériences de laboratoire et d'enquêtes épidémiologiques qui suggéraient des effets favorables des F&L et de leurs composés sur un certain nombre de pathologies chroniques. Depuis, de nombreuses autres études, notamment épidémiologiques, ont contribué à mieux préciser cette relation. Les résultats les plus récents n'ont pas parfaitement confirmé les données antérieures. Ces contradictions apparentes entretiennent un débat scientifique intense, notamment sur le poids à accorder aux différents types d'études, mais aussi sur les critères d'interprétation des enquêtes épidémiologiques d'observation. Il importe de distinguer l'analyse des données scientifiques sur la relation entre la consommation de F&L et la santé, et l'interprétation de ces données pour l'élaboration des recommandations de santé publique.

A la suite des rapports publiés par l'OMS, l'ESCo s'est focalisée sur les effets de la consommation de F&L sur la survenue des principales maladies chroniques, par opposition aux effets de leurs constituants isolés, en raison de la meilleure adéquation de cette approche pour l'élaboration des politiques de santé publique.

Dans l'ESCo, l'évaluation des effets des F&L sur le risque de maladie chronique s'est appuyée sur l'analyse des enquêtes épidémiologiques d'observation et des essais de prévention. Les études mécanistiques avec les constituants des F&L sont évoquées pour étayer les hypothèses physiopathologiques.

Encadré 4. Niveaux de preuve scientifique selon les méthodes d'enquêtes

(Source AFSSAPS)

Niveaux, du plus fort au plus faible :

Niveau 1 : Essais comparatifs randomisés de forte puissance statistique

Méta-analyse d'essais comparatifs randomisés

Niveau 2 : Essais comparatifs randomisés de faible puissance statistique

Etudes comparatives non randomisées bien menées (sans biais importants)

Etudes épidémiologiques prospectives

Niveau 3 : Etudes cas-témoin

Niveau 4 : Etudes comparatives avec des biais importants

Etudes rétrospectives

Etudes épidémiologiques descriptives (transversales)

1.2.1. Les méthodes d'études épidémiologiques

L'étude des effets des F&L sur le risque de pathologie chronique s'appuie sur des expériences de laboratoire, des études cliniques et des enquêtes épidémiologiques. La démonstration définitive d'un effet dépend en grande

partie des méthodes utilisées (Encadré 4). L'épidémiologie nutritionnelle occupe une place importante dans cette démonstration car elle apporte une information directe sur la relation entre la consommation de l'aliment et la survenue des maladies dans des conditions de vie habituelles.

. Les études épidémiologiques d'observation

Les enquêtes épidémiologiques d'observation sont des techniques de mesure de l'association entre des facteurs d'exposition et des maladies. La mise en évidence d'une association est une étape importante de la recherche des effets des F&L sur les maladies chroniques ; toutefois, la découverte d'une association dans une enquête d'observation ne préjuge pas d'un lien causal entre l'aliment et la maladie. D'autres arguments sont nécessaires pour établir les effets de la consommation de F&L sur la santé (Encadré 5).

Les enquêtes épidémiologiques d'observation évaluent les relations entre la consommation alimentaire, telle qu'elle est observée dans des échantillons de populations ou des cohortes de sujets, et les maladies chroniques. Dans ces enquêtes, l'investigateur a un rôle d'observateur et n'intervient pas sur le comportement alimentaire qui dépend de nombreuses caractéristiques des sujets. Il existe plusieurs méthodes : études transversales, cas-témoins ou prospectives. La pertinence de la démonstration dépend en grande partie du protocole de l'étude (Encadré 4).

Les études cas-témoins comparent les habitudes alimentaires de malades et de témoins sains. Elles présentent des limites méthodologiques qui rendent leur interprétation plus difficile en nutrition. Il s'agit par exemple de biais de mémorisation des habitudes alimentaires, notamment pour des pathologies dont l'initiation peut remonter à plusieurs années avant les manifestations cliniques, de problèmes liés à la sélection de témoins, ou d'erreurs d'estimation des habitudes alimentaires des patients.

Les études prospectives décrivent les habitudes alimentaires de cohortes de sujets qui sont surveillées pendant plusieurs années pour la survenue de maladies. A l'issue de l'étude, les habitudes alimentaires des sujets qui ont manifesté un événement clinique sont comparées à celles des sujets qui sont restés indemnes, permettant ainsi d'établir une relation entre l'alimentation et la maladie. Un avantage du schéma prospectif réside dans le respect de la séquence temporelle entre l'exposition nutritionnelle et la survenue de la maladie.

Encadré 5. Les critères de causalité des enquêtes épidémiologiques d'observation

La **cohérence des résultats entre études** est le principal critère utilisé en épidémiologie, reflétant la notion de reproductibilité des résultats. Cependant la cohérence des résultats n'a de sens qu'entre études de bonne qualité et exemptes de biais évidents. Elle doit aussi tenir compte de possibles biais de publication (on publie plus aisément des études aboutissant à des conclusions positives).

Une relation de **forte intensité** est une preuve importante d'un effet de l'aliment. Ce critère pose un problème en épidémiologie nutritionnelle en raison des erreurs de mesure et de la variabilité intra-individuelle des apports alimentaires qui tendent à réduire l'intensité de la relation. Sans dénier l'intérêt d'une faible variation du risque en santé publique, un changement de risque de l'ordre de 40 à 50% pour une variation d'apport de 5 fruits et légumes par jour peut être considéré comme une relation de forte intensité.

Une relation graduée entre le risque et les quantités ingérées ("relation dose-effet") est un critère souvent considéré comme nécessaire en faveur de la causalité.

Des **mécanismes d'actions plausibles** sont en faveur de l'hypothèse d'un lien. Il importe ici de distinguer les effets sur des facteurs de risque établis, qui à l'évidence ont plus de valeur dans l'argumentation, des effets sur des mécanismes hypothétiques de la maladie.

Enfin, il importe de vérifier la **séquence temporelle** de la relation, c'est-à-dire que l'exposition précède bien la survenue de l'événement.

De nombreux paramètres peuvent affecter la mesure des relations entre la consommation de F&L et l'incidence d'une maladie dans les enquêtes épidémiologiques d'observation. Ces problèmes limitent l'interprétation des résultats et notamment des liens de causalité entre la consommation des F&L et la survenue d'une maladie.

- Les sujets qui s'engagent dans les cohortes sont généralement des volontaires qui présentent des caractéristiques différentes de la population générale, ce qui peut affecter les relations observées. Par exemple, les volontaires participant à des enquêtes peuvent présenter des apports nutritionnels optimaux qui ne permettent pas de mettre en évidence des pathologies associées à des carences.
- De même, certaines cohortes sont issues de bases de sondage particulières, comme une catégorie professionnelle, limitant la généralisation des résultats à la population générale.
- Dans la plupart des études, les données nutritionnelles sont recueillies une seule et unique fois à l'inclusion des sujets dans la cohorte et les changements éventuels des comportements alimentaires, qui peuvent altérer les relations observées, ne sont pas enregistrés.
- Les méthodes d'évaluation de la consommation alimentaire sont nombreuses. Certaines reflètent mal les habitudes alimentaires au long cours, d'autres sont sujettes à des biais de mémorisation, d'autres, enfin, incluent un nombre très limité d'aliments. L'imprécision qui en résulte affecte la mesure des résultats.

- La consommation de F&L s'accompagne d'une diminution des apports d'autres aliments. Dans cette hypothèse, l'association observée ne peut être attribuée à la seule consommation ou non-consommation de F&L ; elle est aussi liée aux modifications plus complexes de l'alimentation qui accompagnent la consommation de fruits et légumes.
- Les habitudes alimentaires sont associées à des caractéristiques particulières des sujets (sociales, culturelles, habitudes de vie) qui peuvent influencer le risque de maladie chronique. Ces facteurs de confusion ne sont pas toujours mesurés avec précision ou utilisés dans les analyses statistiques.

Cependant, la convergence de plusieurs critères d'interprétation (Encadré 5), notamment la cohérence des résultats entre études, l'intensité des relations, leur caractère dose-dépendant, supporté par des mécanismes biologiques plausibles peut suggérer une relation causale entre la consommation de l'aliment et la survenue de la maladie.

Dans l'ESCO, parmi les études d'observation, les études prospectives ont été privilégiées car elles offrent le meilleur compromis méthodologique pour l'analyse des relations entre l'alimentation et la survenue de maladies. Les méta-analyses les plus récentes (études statistiques qui font l'analyse combinée de plusieurs études) ont été prises en compte ; elles ont été complétées par les publications d'études prospectives ultérieures. L'exclusion des études épidémiologiques cas-témoins dans l'ESCO peut amener à des différences d'interprétation avec d'autres synthèses publiées sur ce thème dans la littérature internationale.

. Les essais randomisés de prévention

Les essais randomisés de prévention ont pour objectif de mesurer les effets d'une modification du comportement alimentaire sur la survenue de maladies. Dans ces essais, contrairement aux enquêtes d'observation, les habitudes alimentaires sont "manipulées" par l'investigateur dans le but de produire un effet sur la santé. L'affectation aléatoire des participants à un régime expérimental ou témoin assure la comparabilité des sujets, notamment pour les facteurs de confusion. A l'issue de l'étude, l'interprétation des résultats est simplifiée car les différences observées sont en principe attribuables à la seule intervention nutritionnelle, permettant une interprétation causale.

Les essais de prévention nutritionnelle présentent des particularités qui affectent l'analyse de leurs résultats.

- Comme les études prospectives, ces essais peuvent présenter un biais de sélection des volontaires qui ne reflètent pas la structure de la population dont ils sont issus.
- En pratique, au cours des essais avec des aliments (comme les F&L), il est impossible de respecter l'aveugle de l'allocation de l'intervention. Le relevé des événements et des effets indésirables par les investigateurs au cours du suivi peut en être affecté (ou biaisé).
- De même l'introduction d'aliments particuliers, faisant l'objet de l'étude, peut s'accompagner d'autres modifications des habitudes alimentaires (substitution) qui contribuent aux résultats observés.
- Les interventions nutritionnelles nécessitent une contribution active du participant qui doit modifier ses habitudes alimentaires. Dans ces conditions, l'évaluation porte non plus uniquement sur les effets de l'aliment, mais aussi sur la pertinence de l'intervention, la clarté des instructions, la compréhension du programme diététique, l'adhésion au régime et la motivation des participants. Dans les essais de prévention qui s'inscrivent dans la durée, il est fréquent de constater une baisse de motivation des participants, associée à une moindre adhésion au régime qui affecte les résultats de l'intervention. L'utilisation de biomarqueurs permet parfois de mieux appréhender les modifications du comportement alimentaire. Dans d'autres conditions, l'intervention peut être indépendante des sujets (enrichissement vitaminique d'un aliment, par exemple), permettant une évaluation objective des propriétés nutritionnelles des aliments. Enfin, si les conditions de l'intervention se rapprochent du mode de vie habituel, il devient possible d'extrapoler les résultats à la communauté.
- Dans les essais de prévention, les interventions diététiques modifient l'exposition alimentaire pendant des périodes relativement courtes au regard des processus biologiques mis en jeu dans le développement de certaines maladies chroniques.
- Certains essais de prévention sont conduits chez des sujets présentant une pathologie évolutive (par exemple des antécédents d'infarctus ou de cancer) ce qui peut limiter les possibilités de prévention (car le processus physiopathologique étant déjà avancé). Il importe par conséquent de distinguer les essais de prévention primaire (chez des sujets sans antécédents connus) des essais de prévention secondaire.

Les essais de prévention nutritionnelle sont rares en raison des difficultés liées à leur mise en œuvre et leur conduite (Encadré 6).

. Variables d'exposition et critères de jugement

Seules les enquêtes prospectives et les essais de prévention qui identifient l'ensemble des F&L comme variable d'exposition nutritionnelle ont été répertoriés en raison de leur pertinence pour la santé publique. Les études qui ne rapportent que des résultats par catégories particulières de F&L ont été exclues. Il importe de noter que les termes fruits et légumes masquent une grande diversité de produits qui peut affecter les mesures d'association.

Le critère de jugement clinique retenu est la survenue des principales maladies chroniques, par opposition à la mesure de critères biologiques intermédiaires. Malgré une dénomination commune, il existe une grande diversité de critères diagnostiques entre les études qui nuit à la comparaison de leurs résultats.

Les enquêtes prospectives qui présentent les relations avec les micro- ou macro-constituants (comme les fibres ou les vitamines) n'ont pas été retenues car l'ESCO a pour objet les F&L en tant qu'aliments et non leurs composants.

. La recherche des mécanismes

L'athérosclérose, le cancer et les neuropathies dégénératives sont des processus pathologiques multifactoriels. Plusieurs hypothèses permettent de relier les constituants des F&L à la physiopathologie des principales maladies. Généralement, les expériences de laboratoire ont montré des effets favorables des F&L et de leurs composés sur ces voies physiopathologiques. Cependant, les travaux de laboratoire qui explorent des mécanismes uniques ne peuvent pas parfaitement rendre compte de la complexité des phénomènes mis en jeu dans la prévention nutritionnelle des maladies. Les essais de prévention avec les micro- et macro-constituants des F&L sont examinés pour étayer les mécanismes d'action des F&L.

Les études cliniques qui rapportent des effets de la consommation de F&L sur les facteurs de risque – par exemple : la cholestérolémie ou la pression artérielle pour les maladies cardiovasculaires, les fonctions cognitives pour les démences ou l'imagerie osseuse pour les fractures – ne permettent pas de conclure sur l'impact réel des fruits et légumes sur les maladies. Elles sont analysées pour étayer les résultats des enquêtes épidémiologiques d'observation. Ces facteurs intermédiaires sont rares dans le domaine du cancer.

Encadré 6. Les essais de prévention nutritionnelle avec les fruits et légumes

Les essais de prévention nutritionnelle sont rares en raison des difficultés liées à leur mise en œuvre et leur conduite. Quatre essais basés sur des conseils diététiques visant en partie à augmenter la consommation de fruits et légumes sont actuellement publiés. Ils ont étudié l'impact de ces conseils nutritionnels à l'égard de l'infarctus du myocarde (survenue ou décès), de certains cancers (survenue ou récurrence) ou lésions précancéreuses (récurrence) :

. **"Diet and Reinfarction Trial" (DART-2).** Ce travail de prévention secondaire de l'infarctus portait sur 3114 hommes de moins de 70 ans avec des antécédents d'angine de poitrine. Les sujets étaient répartis aléatoirement ("randomisés") en 4 groupes bénéficiant de conseils nutritionnels. Dans le bras "F&L", les objectifs étaient d'augmenter la consommation de F&L (4 à 5 portions par jour), de jus d'orange naturel (au moins 1 verre par jour) et de flocons d'avoine. Le critère de jugement était la survenue d'un décès d'origine cardiaque chez ces patients suivis pendant 3 à 9 ans.

. **"Women's Health Initiative Randomized Controlled Trial" (WHI).** Dans cet essai, 48 835 femmes ménopausées ont été randomisées en 2 groupes. Le groupe intervention a suivi un programme intensif de modification du comportement alimentaire comportant 18 séances de groupe durant la première année puis des séances de rappel trimestrielles. Les objectifs de l'intervention étaient de diminuer la consommation de graisses à 20% de l'apport énergétique total (AET), d'augmenter la consommation de F&L à au moins 5 portions par jour, et celle de céréales à au moins 6 portions par jour. Le critère de jugement était la survenue de cancers du sein, du côlon et d'accidents cardiovasculaires pendant 8,1 années de suivi.

. **"Polyp Prevention Trial" (PPT).** Cet essai portait sur 1905 hommes et femmes de plus de 35 ans ayant eu au moins un adénome du côlon ou du rectum diagnostiqué par coloscopie. La moitié des sujets a bénéficié d'une intervention consistant en 50 heures de conseils dont 20 la première année, ayant pour objectif de diminuer la consommation de graisses à 20% de l'AET, d'augmenter la consommation de F&L à au moins 3,5 portions pour 1000 kcal et la consommation de fibres à 18 g pour 1000 kcal. Le critère de jugement était la récurrence d'adénomes colorectaux pendant 4 ans.

. **"Women's Healthy Eating and Living Randomized Trial" (WHEL).** Cet essai portait sur 3088 femmes ayant un antécédent traité de cancer du sein. La moitié a suivi un programme de conseil téléphonique ayant pour objectif une consommation de 5 légumes par jour, 0,90 litre de jus de légumes, 3 fruits, 30 g de fibres, et 15 à 20% de l'AET provenant des graisses. Le critère de jugement était la récurrence de cancer du sein pendant un suivi de 7,5 ans.

L'analyse bibliographique n'a pas relevé d'essais d'intervention nutritionnelle permettant d'évaluer l'intérêt de la consommation de F&L sur des critères de morbidité et mortalité liés à des pathologies neurodégénératives (démences), ostéo-articulaire (fractures osseuses) et métabolique (diabète).

1.2.2. Les résultats par grande pathologie

. Obésité

L'obésité est un désordre métabolique caractérisé par l'accumulation excessive de tissu adipeux dans l'organisme. Elle résulte d'un déséquilibre entre les apports et les dépenses caloriques. Les F&L sont des aliments de densité énergétique réduite du fait de leur contenu limité en matière grasse et d'une teneur élevée en

eau et en fibres non digestibles. A poids égal, ils apportent moins de calories que des aliments plus riches en lipides. Dans le contexte général d'excès d'apports lipidiques qui caractérise les habitudes alimentaires des sociétés occidentales, une consommation importante de F&L, en substitution d'aliments de densité énergétique plus élevée, pourrait contribuer à la diminution de la ration calorique quotidienne.

Cliniquement, les interventions nutritionnelles qui avaient pour seul objectif l'augmentation de la consommation de F&L n'ont généralement pas montré de réduction significative du poids ou de l'indice de masse corporelle. En revanche, les interventions nutritionnelles qui associaient une augmentation des F&L et une baisse des lipides ont montré des bénéfices chez des patients en surcharge pondérale ou obèses. La réduction de poids était supérieure à celle obtenue avec un régime hypolipidique seul. Ces résultats s'expliquent en partie par l'impact favorable des F&L sur les sensations de satiété et de faim au cours du régime hypolipidique.

. Diabète

Le diabète de type II est une maladie nutritionnelle largement liée à la situation de pléthore alimentaire et de faible activité physique. Il se caractérise par un déficit d'insulino-sécrétion et une insulino-résistance, les deux mécanismes conduisant à l'hyperglycémie chronique. L'accroissement de la disponibilité nutritionnelle, notamment à travers des aliments à haute valeur énergétique, associée à divers changements sociologiques (faibles dépenses énergétiques) induisent une augmentation de la masse du tissu adipeux conduisant à la surcharge pondérale ou à l'obésité. Il a été bien montré qu'il existe une relation inverse entre la sensibilité à l'insuline et la masse du tissu adipeux.

Des interventions favorisant des modifications de style de vie et des habitudes alimentaires ont donné des résultats convaincants sur la prévention du diabète de type II. Bien que l'apport plus important en F&L ait été une composante forte de ces études, il est impossible d'évaluer les effets propres à ce groupe d'aliments. L'index glycémique est un paramètre mis en avant pour évaluer le caractère potentiellement délétère de certains aliments. La présence de fibres joue un rôle important pour réduire l'index glycémique, mais l'apport lipidique aussi. Plusieurs études prospectives ont présenté des résultats équivoques quant aux effets de la consommation de fruits et légumes ou de l'index glycémique sur la prévention du diabète de type II.

. Maladies cardiovasculaires

La publication récente de deux essais de prévention a permis d'évaluer directement les effets de la consommation de F&L sur la prévention des maladies cardiovasculaires (Encadré 6). Les résultats de DART II et du Women's Health Initiative Randomized Controlled Dietary Modification Trial n'ont pas démontré d'effets protecteurs vasculaires des conseils nutritionnels. Ces résultats peuvent s'expliquer par l'échec des interventions nutritionnelles qui n'ont pas produit d'augmentation suffisante de la consommation de F&L comparativement au témoin (une portion par jour) pour permettre de tester leurs propriétés dans des conditions optimales.

En l'absence de preuves expérimentales, les arguments d'une relation doivent être recherchés dans les enquêtes épidémiologiques d'observation. Celles-ci sont nombreuses, conduites pour la plupart aux Etats-Unis et en Europe du Nord. Dans leur grande majorité, les études prospectives montrent une diminution des risques d'accidents coronaires et vasculaires cérébraux chez les consommateurs de F&L. Ces relations sont en apparence plus marquées pour les fruits que pour les légumes. Cependant, la plupart des relations observées individuellement sont statistiquement non significatives, suggérant des associations de faibles intensités ou indiquant un manque de puissance statistique de ces études. Enfin, on ne peut exclure la possibilité de biais de publication.

Les observations des études de cohorte ne préjugent pas d'un lien causal entre l'ingestion de F&L et les maladies vasculaires. En effet, les consommateurs de F&L présentent des caractéristiques socioculturelles et des habitudes de vie (activité physique, suivi médical...) qui peuvent leur conférer une protection vis-à-vis des maladies cardiovasculaires. De plus, la consommation de F&L s'accompagne d'une diminution des apports d'autres aliments dont certains pourraient être délétères sur le plan vasculaire. Ainsi, les enquêtes épidémiologiques observationnelles ne permettent pas de conclure formellement quant aux effets des F&L.

Les effets de la consommation de F&L sur la pression artérielle et le cholestérol total sont faibles ou non démontrés. Dans des conditions d'expérimentation rigoureuses, la consommation de F&L s'accompagne d'une diminution modeste de la pression artérielle. Ces résultats ont été reproduits dans des essais de prévention où l'augmentation de la consommation de F&L s'accompagnait d'une diminution de la pression artérielle. L'ensemble des données indique un effet réel des F&L sur la régulation de la pression artérielle qui pourrait être lié à leur contenu en potassium. A l'inverse, l'impact des F&L sur le LDL-cholestérol n'a pas été exploré dans des conditions optimales.

L'hypothèse du rôle protecteur des vitamines anti-oxydantes sur la formation de la plaque d'athérome et la prévention de ses complications n'a pas été vérifiée dans des essais de prévention pharmacologique des maladies cardiovasculaires. Les essais avec la vitamine E, la vitamine A et le β -carotène à des doses élevées montrent au contraire un surcroît de mortalité. Les essais de prévention avec les vitamines B6 et B9 donnent des résultats équivoques. Les données concernant la vitamine C sont encore insuffisantes.

En conclusion, les preuves d'un effet protecteur des F&L sur la survenue d'accidents cardiovasculaires reposent essentiellement sur des enquêtes prospectives non contrôlées. En support de ces observations, il a été démontré

que la consommation de F&L diminuait faiblement la pression artérielle. Compte tenu de la forte prévalence de l'hypertension artérielle dans la population et de sa relation étroite avec les maladies vasculaires, cet effet pourrait présager d'un impact cardiovasculaire favorable à l'échelle de la population.

. Cancer

Il existe de très nombreuses études d'observation portant sur la relation entre la consommation de F&L et le risque de survenue de différents cancers. Les études cas-témoins sont les plus nombreuses et les plus anciennes. Les données disponibles jusqu'en 2002 avaient fait l'objet d'une monographie de l'IARC et d'une méta-analyse. Depuis, plusieurs études de cohorte ont été publiées. Les associations observées suggérant une diminution du risque de divers cancers par la consommation de F&L sont généralement plus fortes dans les études cas-témoins que dans les études de cohorte.

Les études de cohorte récentes apportent des arguments en faveur d'une relation inverse spécifique entre la consommation de fruits et les risques de survenue de cancers du poumon, de l'estomac et de la vessie et dans une moindre mesure (en raison du plus petit nombre d'études) entre la consommation de F&L et les risques de cancers de la bouche et du pharynx. Ces relations sont observées dans des populations d'origines variées.

Dans ces études de cohorte, l'association significative observée uniquement avec les fruits pour les cancers de l'estomac, du poumon ou de la vessie peut être attribuée à des différences de composition entre les fruits et les légumes, à moins que l'absence d'association significative avec les légumes ne soit liée aux traitements culinaires dont ces derniers font souvent l'objet, ou aux imprécisions de mesure de la quantité consommée notamment dans les plats composites. En effet, des études récentes évaluant l'exposition à des facteurs nutritionnels soit à partir des données alimentaires issues des questionnaires, soit à partir de biomarqueurs d'exposition plasmatiques ou urinaires, montrent que les données alimentaires sont moins précises et que cette imprécision peut faire perdre la significativité de l'effet.

Dans le cas des cancers liés au tabac (poumon, vessie, bouche et pharynx), il reste néanmoins possible que les ajustements statistiques ne suffisent pas à éliminer totalement ce facteur de confusion majeur. Les relations observées pourraient alors s'expliquer par une plus forte consommation de F&L chez les non-fumeurs que chez les fumeurs. La relation observée entre consommation de fruits et cancer de l'estomac pourrait aussi s'expliquer par des facteurs de confusion mal maîtrisés comme les habitudes alimentaires ou le mode de conservation des aliments (fumaison, salaison, séchage). A l'inverse, le recours à des biomarqueurs plasmatiques apporte d'autres arguments, par l'observation d'une relation inverse entre le taux de vitamine C plasmatique et le cancer de l'estomac.

Les résultats des études de cohorte concernant le cancer colorectal sont pour l'instant hétérogènes. Pour les cancers du sein et de l'ovaire, les résultats ne montrent pas de relation. Pour d'autres localisations de cancers, les données sont encore insuffisantes : l'absence de relation observée ne permet pas d'exclure un effet des F&L, en raison des imprécisions des mesures d'exposition et du faible nombre d'études de cohorte disponibles. Pour certaines localisations de cancers peu fréquentes, il n'est pas toujours possible de mettre en œuvre des études de cohorte de puissance suffisante ; dans ce cas, on ne pourra disposer que de résultats d'études cas-témoins.

Trois essais d'intervention nutritionnelle ont étudié l'impact d'un accroissement de la consommation de F&L associé à une diminution des apports lipidiques sur la survenue de certains cancers (cancers primaires ou récidives) ou des marqueurs intermédiaires. Dans l'étude WHI, l'analyse ne montre pas de différence significative entre les groupes intervention et témoin pour le risque de survenue d'un cancer du sein ou d'un cancer colorectal. Dans l'étude PPT, chez des hommes et femmes avec des antécédents de polypes, malgré les modifications de comportement induites par l'intervention, aucun effet sur le risque de récurrence de polype n'a été observé. Une analyse complémentaire des données a également montré une absence d'effet de l'intervention sur l'élévation des taux de l'antigène spécifique de la prostate (PSA), utilisé comme marqueur précoce du cancer de la prostate. Enfin dans l'étude WHEL, les résultats ne mettent pas en évidence de bénéfice significatif de la consommation de F&L sur les risques de récurrence de cancer du sein ou de décès précoce.

Les études biologiques montrent des effets favorables des micro- et macro-constituants des F&L dans les mécanismes de cancérogenèse. Les résultats des études mécanistiques chez l'Homme n'apportent cependant pas beaucoup d'arguments. L'hypothèse du rôle protecteur des constituants antioxydants sur la prévention du cancer a fait l'objet de plusieurs essais cliniques randomisés, qui ont donné des résultats variables selon le statut nutritionnel initial, les doses administrées, l'exposition à des facteurs de risque.

Par ailleurs, on sait que la surcharge pondérale et l'obésité sont des facteurs de risque de divers cancers (côlon, rein, œsophage, sein en post-ménopause, endomètre).

En conclusion, les arguments en faveur d'un effet protecteur spécifique des F&L sur le risque de certains cancers reposent sur des enquêtes prospectives, ainsi que de très nombreuses études cas-témoins et études mécanistiques. Les essais d'intervention nutritionnelle ne sont pas concluants. Ceci dit, ils sont de courte durée et ne concernent pas tous la prévention primaire. D'autres essais de prévention primaire d'une puissance statistique suffisante, portant sur des localisations de cancers (poumon, vessie, estomac, bouche, pharynx) pour lesquelles des relations sont suggérées par les études d'observation, seraient nécessaires. De plus, la contribution de la consommation de F&L au maintien d'un poids corporel normal ou à la réduction du surpoids (cf. § obésité) est un effet indirect qui doit être pris en considération.

Le rapport du World Cancer Research Fund et de l'American Institute for Cancer Research, "*Food, nutrition, physical activity, and the prevention of cancer: a global perspective*", rendu public le 1^{er} novembre 2007, conclut à : la diminution probable du risque des cancers de la bouche, du pharynx, du larynx, de l'œsophage et de l'estomac pour les F&L ; la diminution probable du risque de cancer du poumon pour les fruits seulement ; la protection probable vis-à-vis de la prise de poids par les F&L, du fait de leur faible densité énergétique ; l'augmentation convaincante par le surpoids/obésité du risque de cancer pour de nombreuses localisations (œsophage, pancréas, côlon-rectum, sein en post-ménopause, endomètre, rein).

. Maladies neuro-dégénératives

Vieillessement cérébral pathologique

Des hypothèses physiopathologiques testées *in vitro* et chez l'animal permettent d'envisager un rôle des nutriments contenus dans les F&L contre le vieillissement cérébral pathologique (démence, maladie d'Alzheimer, déclin cognitif) *via* deux mécanismes principaux : l'apport de micro-nutriments anti-oxydants et l'effet protecteur des folates contre l'hyperhomocystéinémie (un facteur de risque vasculaire).

En épidémiologie observationnelle, seules les études prospectives sont pertinentes pour l'étude de la démence, dont le maître symptôme est la perte de la mémoire. Cependant peu d'études de ce type dans le monde disposent à la fois de données nutritionnelles (consommation de F&L) et cognitives de qualité. Les résultats reposent donc sur un petit nombre de sites d'observation (mais de grande taille chacun) essentiellement aux Etats-Unis (études Kame, WHICAP, CHAP et Nurse's Health Study) et en France (études PAQUID et des 3 Cités).

Ces études ont montré une association inverse entre la consommation des F&L en général, des jus de F&L, ainsi que des légumes à feuilles, et le risque de déclin cognitif ou de maladie d'Alzheimer. Ces études ont pris en compte les facteurs de confusion majeurs liés à la fois au comportement alimentaire et au risque de déclin cognitif ou de démence (sexe, niveau d'études, revenus, maladies cardio-vasculaires...), ainsi que le facteur de risque génétique identifié (possession de l'allèle $\epsilon 4$ du gène de l'apolipoprotéine E). On ne peut cependant pas exclure que la consommation régulière de F&L fasse partie d'un mode de vie globalement protecteur incluant des activités physiques et intellectuelles, un réseau social riche et une meilleure prise en charge des facteurs de risque, non pris en compte dans les ajustements statistiques.

Aucun essai d'intervention n'a testé les effets de la consommation de F&L sur la prévention des pathologies neuro-dégénératives. Les quelques études d'intervention réalisées avec des suppléments à base de nutriments contenus dans les fruits et légumes ne confortent pas les résultats des études épidémiologiques d'observation. Elles ont toutefois utilisé des doses très supérieures à celles qui peuvent être couramment apportées par l'alimentation. Un essai randomisé récent a montré l'efficacité de la supplémentation par 800 $\mu\text{g/j}$ d'acide folique sur le déclin cognitif chez des sujets de 50 à 70 ans ayant une hyperhomocystéinémie sans déficit en vitamine B12. Une telle dose est toutefois très difficile à atteindre avec des légumes, mais ces derniers peuvent apporter un complément intéressant à côté des sources animales (foie).

En conclusion, l'effet éventuellement protecteur des F&L contre le vieillissement cérébral pathologique n'est étayé que par des études d'observation dans lesquelles il est difficile d'éliminer tous les facteurs de confusion liés à un mode de vie globalement protecteur. De nombreuses études ont également montré que la présence d'hypertension, d'un diabète, d'une obésité ou d'un syndrome métabolique était associée à un risque augmenté de déclin cognitif ou de démence. L'effet éventuel des F&L contre ces affections pourrait donc contribuer indirectement à diminuer les démences.

Maladie de Parkinson

Le rôle potentiel du stress oxydant et de l'hyperhomocystéinémie dans la maladie de Parkinson suggère un rôle protecteur des F&L riches en anti-oxydants et en folates. Une méta-analyse réalisée en 2005 a identifié 8 études, dont une seule enquête prospective, comportant des données sur la relation entre consommation de F&L ou leurs constituants et risque de maladie de Parkinson. L'unique étude de cohorte trouve un effet protecteur de la vitamine E d'origine alimentaire (présente en très faible quantité dans les F&L) et des noix. En règle générale ces études ont montré des résultats discordants.

Malgré des hypothèses séduisantes au niveau des mécanismes d'action potentiels, il n'existe donc guère d'arguments convaincants d'un effet protecteur des F&L pour la prévention de la maladie de Parkinson.

Santé mentale, dépression, bien-être

Il existe très peu d'études étayant un rôle direct de la consommation des F&L dans le bien-être au sens de la définition de la santé de l'OMS "état de bien-être complet, physique, psychique et social et non pas la simple absence de maladie ou d'infirmité". Aucune revue de littérature n'a été publiée au cours des 10 dernières années en français ou en anglais concernant la relation entre la consommation de F&L et le bien-être, la dépression ou la santé mentale.

De nombreuses études ont trouvé une relation entre des niveaux plasmatiques de folates bas et un risque accru de dépression. Plusieurs études d'intervention ont montré l'intérêt du traitement adjuvant par les folates chez des patients déprimés, confirmé par méta-analyse. Cependant il s'agit ici de patients traités et non de prévention

primaire. De plus, ces études d'intervention sont menées avec des suppléments dont les teneurs en folates semblent parfois difficiles à atteindre avec l'alimentation.

Dans deux études d'observation, l'augmentation de la consommation de F&L était corrélée à une amélioration de l'état de santé auto-évalué. Les données épidémiologiques en faveur d'un effet bénéfique des F&L sur le bien-être reposent cependant sur une seule étude d'intervention qui souffre de problèmes méthodologiques et doit être reproduite dans d'autres contextes pour apporter des arguments plus concluants. D'une façon générale, il est extrêmement difficile d'isoler l'effet propre des F&L sur le bien-être, notion très subjective, indépendamment de leur effet éventuel sur les maladies.

. Maladies oculaires

De nombreux arguments biologiques et expérimentaux sont en faveur d'un effet protecteur de la lutéine et de la zéaxanthine (deux caroténoïdes provenant des légumes verts) vis-à-vis des maladies dégénératives oculaires, principalement la cataracte et la dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA).

Les études épidémiologiques sont encore peu nombreuses dans ce domaine. En ce qui concerne la cataracte, plusieurs études prospectives montrent de manière concordante une diminution du risque chez les sujets ayant une forte consommation de lutéine et zéaxanthine, et de manière cohérente, chez les sujets ayant une forte consommation d'épinards et autres légumes verts. Dans le domaine de la DMLA, les résultats sont plus décevants, puisqu'aucune des études prospectives n'a mis en évidence d'association entre risque de DMLA et apport alimentaire en lutéine et zéaxanthine, ce qui est en contradiction avec les études comportant des mesures biologiques (plasmatiques ou rétiniques). En sus de l'alimentation, d'autres facteurs, en particulier génétiques, affectant la biodisponibilité de ces composés, pourraient être responsables de ces discordances entre études alimentaires et études biologiques. Les interactions gène-alimentation seront particulièrement importantes à rechercher, surtout depuis l'identification de gènes ayant un risque attribuable de plus de 50% pour la DMLA.

De manière plus large, les apports en antioxydants (vitamines C et E notamment) à doses pharmacologiques apparaissent liés à une diminution du risque de la DMLA. Il existe de fortes discordances entre les observations épidémiologiques et les études d'intervention portant sur les composés antioxydants notamment pour la prévention de la cataracte. Ces discordances pourraient être liées à des facteurs de confusion résiduels ou mal contrôlés.

. Maladies ostéo-articulaires

Les F&L sont la source principale de sels organiques (citrate, malate) de potassium (et de magnésium), de vitamine C, de polyphénols, voire de vitamine K, qui sont des éléments importants du métabolisme osseux. Les travaux qui ont exploré l'impact de la consommation de F&L sur le métabolisme osseux ont utilisé des marqueurs intermédiaires plutôt que des critères "durs" comme les fractures ostéoporotiques. En règle générale, ces études montrent des associations favorables. Si les premières études ont surtout porté sur des sujets relativement âgés, les plus susceptibles de présenter des risques d'ostéopénie et d'ostéoporose, des travaux plus récents (voire en cours) s'intéressent à l'impact des F&L sur le pic de masse osseuse, donc dans des populations d'adolescents et de jeunes adultes. Les conséquences d'une amélioration du pic de masse osseuse, en terme de risque d'ostéoporose et de fracture au cours du vieillissement, demandent un recul de plusieurs décennies avant d'être pleinement évaluées.

1.2.3. L'interprétation des études

. Essais de prévention

Aucun essai de prévention avec les F&L n'a mis en évidence de bénéfice sur les maladies cardiovasculaires et les cancers (du sein et du côlon). La lecture de ces résultats doit cependant être relativisée à la lumière des particularités expérimentales des études actuellement disponibles.

En l'occurrence, 3 essais s'adressaient à des sujets avec des antécédents cliniques des maladies (prévention secondaire) et de ce fait concernaient la prévention des récurrences. L'absence de résultats pourrait s'expliquer par l'inefficacité des mesures nutritionnelles sur des pathologies cliniquement évoluées. Les trois essais de prévention du cancer associaient aussi une réduction des apports lipidiques à l'augmentation des apports en F&L, ce qui n'autorisait pas une conclusion définitive sur les propriétés des F&L. Enfin, dans deux essais sur quatre, les conseils diététiques qui visaient à augmenter la consommation de F&L se sont traduits par des changements modestes des habitudes alimentaires qui ne permettaient pas de tester véritablement les effets des F&L. Ces travaux mettent en évidence les difficultés rencontrées pour induire et pérenniser un changement de comportement alimentaire dans les essais d'intervention.

. Hypothèses physiopathologiques

La notion que la consommation de F&L produit des effets bénéfiques pour la santé humaine s'appuie sur des hypothèses physiopathologiques solides. Les plus connues sont liées aux propriétés antioxydantes de certaines vitamines des F&L ou à l'impact des folates sur l'homocystéinémie, un facteur de risque de thrombose vasculaire

- notamment cérébrale. Plus généralement, on sait que les micro- et macro-constituants de fruits et légumes ont des activités biologiques sur les mécanismes de la cancérogenèse et également des effets cliniques sur les principaux facteurs de risque de maladies cardiovasculaires.

Les essais randomisés de prévention avec des suppléments pharmacologiques de vitamines ont mis en évidence un excès de mortalité chez les sujets recevant de la vitamine E, du β -carotène et de la vitamine A. Les essais randomisés de prévention avec des fibres alimentaires n'ont pas montré de réduction des accidents cardiaques et des cancers, en dépit de résultats positifs sur des critères intermédiaires (cholestérol). La supplémentation en folates et en vitamines du groupe B s'accompagne d'une diminution significative de concentrations plasmatiques d'homocystéine. Les résultats des essais de prévention avec les folates restent encore équivoques. L'essai SU.VI.MAX qui testait l'effet d'apports nutritionnels de micronutriments n'a pas démontré d'effet protecteur cardiovasculaire ; il a mis en évidence une diminution des cancers chez les hommes mais pas chez les femmes. De même l'essai Linxian, conduit en Chine dans une région de carence nutritionnelle, a mis en évidence une baisse de la mortalité liée en grande partie à la diminution du risque de cancer de l'estomac.

L'hypercholestérolémie et l'hypertension artérielle sont des facteurs de risque majeur de maladies cardiovasculaires. Plusieurs composés des F&L, notamment les fibres et les phytostérols, ont montré dans des conditions de supplémentation à fortes doses des propriétés hypocholestérolémiantes. En revanche, les effets directs des F&L sur le cholestérol plasmatique n'ont pas été explorés dans les conditions optimales. Plusieurs études cliniques contrôlées ont démontré que la consommation de F&L diminue la pression artérielle. Cette baisse est discrète chez les normotendus, un peu plus marquée chez les hypertendus. Compte tenu du lien étroit qui unit la pression artérielle et le risque cardiovasculaire, et compte tenu aussi de la prévalence élevée de l'hypertension artérielle dans la population, une diminution même très minime de la pression artérielle pourrait se traduire par un bénéfice cardiovasculaire notable à l'échelle d'une population. L'ampleur des gains attendus doit encore être mesurée en population.

. Argumentation en faveur ou à l'encontre d'un lien causal

En l'absence de preuves définitives, issues d'essais randomisés, l'analyse des effets des F&L sur la santé s'appuie sur les résultats des enquêtes prospectives de cohorte. Pour les raisons évoquées précédemment, ces résultats ne permettent pas d'établir définitivement un lien causal entre l'aliment et la maladie. Toutefois, la convergence d'une série d'arguments définis par les épidémiologistes permet d'évoquer une possible relation causale (Encadré 5).

- La relation doit être **homogène (reproductible)** entre les études. La relation entre la consommation de F&L et la survenue de maladies chroniques a été explorée principalement en Amérique et en Europe du Nord. Peu d'informations sont disponibles dans les autres parties de monde. Dans le domaine du cancer, les résultats des études semblent s'appliquer à certaines localisations anatomiques seulement. Cependant, il est important de noter que certaines formes de cancer sont mal explorées en raison de leur rareté. En cardiologie, la relation entre la consommation de fruits et la protection vasculaire semble reproductible entre les études ; les résultats pour les légumes sont plus variables. En neurologie, les cohortes sont trop peu nombreuses pour évaluer l'homogénéité des résultats. Enfin, pour l'ensemble des pathologies on ne peut totalement exclure la possibilité de biais de publication qui favorise la présentation de résultats favorables donnant une fausse impression d'homogénéité.
- L'**intensité** de la relation doit être importante. En cancérologie, les diminutions significatives de risque observées varient entre 18 et 50% selon les localisations et les études considérées. En prévention cardiaque, l'estimation de la réduction du risque est de l'ordre de 20% pour 5 portions supplémentaires de F&L. Compte tenu du caractère observationnel des enquêtes, une telle variation est considérée comme moyenne ou faible.
- La relation doit être **proportionnelle à la quantité** de F&L consommés. Cette condition n'est pas systématiquement respectée, notamment dans le domaine cardiovasculaire. Cependant, la plupart des études manquent de puissance statistique suffisante pour mesurer les relations dose-réponse avec précision, notamment pour certaines formes de cancers rares. Enfin, il est important de noter que la comparaison des consommateurs "extrêmes" des populations (très petits *versus* très grands) sélectionne les sujets qui sont les plus à même de présenter des caractéristiques sociales, éducationnelles, économiques également différentes, avec le risque de confusion que cela peut entraîner.
- La relation doit être **plausible** sur le plan biologique. A ce titre, les F&L sont une source importante de micro- et macro-nutriments dont certains ont montré des effets favorables *in vitro* ou chez l'animal de laboratoire. Cependant, la vérification de ces hypothèses chez l'Homme, dans des conditions pharmacologiques expérimentales, n'a pas permis de confirmer ces résultats. Dans le domaine cardiovasculaire, la consommation de F&L a exercé un bénéfice modeste sur la pression artérielle, mais pas sur les autres facteurs de risque. Les mécanismes possibles de protection vis-à-vis des maladies chroniques doivent encore être identifiés.
- L'**exposition** aux aliments **doit précéder la maladie**. L'intérêt des enquêtes prospectives réside en particulier dans le respect de cette condition. Cependant, il est légitime de s'interroger sur ce point pour des maladies qui sont précédées de très longues périodes infra-cliniques, comme certains cancers et l'athérosclérose.
- Lorsqu'elles existent, les associations persistent après ajustement sur les facteurs habituels de confusion suggérant un effet propre des F&L. On ne peut cependant pas exclure la possibilité que certains facteurs de confusion n'aient pas été mesurés, laissant persister un effet confondant résiduel.

- La consommation de quantités importantes de F&L s'accompagne théoriquement d'une diminution de la consommation d'autres aliments. Ainsi, les relations observées peuvent-elle aussi bien dériver d'apports élevés des F&L que d'apports réduits d'aliments potentiellement délétères.

1.3. Risques liés à la consommation de fruits et légumes

1.3.1. Allergies aux fruits et légumes

La réaction allergique traduit une réactivité immunologique aux protéines présentes dans les aliments. Les protéines responsables sont propres à chaque aliment, et responsables de symptômes variables, dont le plus sévère est le choc anaphylactique. Il existe aussi, pour les F&L, une réactivité croisée avec les pollens : un sujet allergique à un pollen pourra manifester une réaction clinique lors de l'ingestion d'un fruit ou d'un légume dont les protéines comportent des similitudes.

. Les différents symptômes

Le choc anaphylactique est l'une des trois manifestations potentiellement létales de l'allergie, à côté de l'angio-œdème laryngé asphyxique et de l'asthme aigu grave. L'anaphylaxie sévère touche 1 à 3 personnes sur 10 000, (le chiffre paraissant plus élevé aux Etats-Unis). Il existe, depuis une dizaine d'années, une importante augmentation de fréquence de l'anaphylaxie de toutes origines, d'un facteur 2 à 5 selon les études (anglaise, australienne et française) ; la part de l'allergie alimentaire sévère y est très variable (de 9 à 38% selon les études). Si l'allergie alimentaire est trois fois plus fréquente dans la population pédiatrique que dans la population adulte, le choc anaphylactique est plus rare chez l'enfant (5% des allergies alimentaires) que chez l'adulte (30%) ; sa fréquence croît avec l'âge.

Le syndrome d'allergie orale (OAS) est une réaction immunologique à certaines protéines présentes dans divers fruits, légumes et noix, qui se développe chez certains sujets présentant une allergie aux pollens, et touche préférentiellement la bouche et la gorge. Ces réactions ne sont pas liées aux pesticides. L'OAS est presque toujours précédé par le rhume des foins et peut survenir chez l'enfant comme chez l'adulte. Il est souvent associé aux allergies au pollen de bouleau mais peut aussi toucher les sujets allergiques aux pollens de graminées, à l'ambroisie ou à l'armoise. Par exemple, 50 à 70% des allergiques au pollen de bouleau sont sensibilisés aux fruits de la famille des rosacées (pommes, cerises, pêches...) et des bétulacées (noisettes), et 50% des allergiques à l'armoise ou à l'ambroisie ont une sensibilisation au céleri. Divers syndromes sont ainsi identifiés ("bouleau-armoise-céleri", "graminées-tomate", "ambroisie-melon-banane", "ambroisie-kiwi"...), ainsi que des allergies croisées entre des légumineuses (arachide et pois, soja ou lentilles...). Ces associations d'allergies alimentaires et polliniques sont expliquées par des communautés antigéniques : diverses protéines communes à différents végétaux sont impliquées, notamment les profilines (protéines du cytosquelette des cellules végétales).

Enfin, certains enfants présentent au cours des premières années de la vie un état de **poly-allergie alimentaire**, durant lequel seule une alimentation extrêmement restrictive est tolérée. Ces poly-allergies peuvent toucher tous les aliments, notamment les céréales et les F&L.

. Les produits impliqués

La plupart des réactions sont déclenchées par les aliments crus, puisque les protéines allergéniques sont généralement détruites par la cuisson (le céleri et les fruits à coque constituent les principales exceptions). Certaines parties de la plante, comme la peau, sont plus allergéniques que d'autres, mais les caractéristiques allergiques de certains fruits semblent diminuer pendant la conservation. Les F&L associés à l'OAS qui peuvent aussi déclencher des réactions anaphylactiques sont le kiwi, la pomme de terre, le céleri, le persil et les haricots (mais les principaux aliments impliqués dans la survenue du choc anaphylactique sont, en France, l'arachide, la noix de cajou, les laits de vache et de brebis et la farine de lupin).

Il semble exister une forte progression du nombre des allergies aux F&L, qui représentent maintenant près de 60% des cas d'allergies alimentaires tous âges confondus. Elles peuvent être responsables d'accidents graves, mais ces cas sont rares.

1.3.2. Pesticides

Les résidus de pesticides présents dans et sur les F&L représentent potentiellement un risque pour la santé des consommateurs. Malgré le renforcement continu de la réglementation concernant les pesticides, les plans de surveillance des résidus dans les aliments mettent en évidence des contaminations des F&L (Encadré 7). La question des effets des pesticides sur la santé étant hors du champ de l'expertise, l'ESCo s'est limitée à examiner les résultats disponibles concernant l'évaluation de l'exposition aux pesticides via la consommation de F&L.

Encadré 7. Pesticides : encadrement réglementaire et suivi des résidus dans les aliments

Cadre réglementaire

Dans l'Union européenne, l'usage des produits phytopharmaceutiques utilisés en agriculture (dits "pesticides") et le contrôle de leurs résidus dans les denrées alimentaires sont très encadrés, et la législation est en constante évolution. Les pesticides (substances actives et préparations les contenant) sont soumis à une procédure très complète d'évaluation de risque a priori avant leur mise sur le marché, qui relève de la Directive 91/414/CEE. Cette évaluation concerne les substances actives "nouvelles" et celles autorisées au moment de la mise en application de cette directive en 1993. Cette réévaluation a conduit à retirer du marché de nombreuses substances, dont plusieurs identifiées comme préoccupantes dans les évaluations d'exposition, leurs concentrations dans les denrées alimentaires étant susceptibles de conduire au dépassement des valeurs toxicologiques de référence (VTR). La surveillance des résidus de pesticides s'appuie notamment sur le nouveau règlement CE N°396/2005, en cours de mise en œuvre, concernant les limites maximales de résidus (LMR) applicables aux pesticides présents dans ou sur les produits alimentaires, qui vise à leur harmonisation au niveau européen.

La Commission européenne a mis en place depuis 1996, au niveau des Etats membres, un programme de surveillance annuel des résidus de pesticides dans les produits alimentaires d'origine végétale qui fournit des données en vue de l'évaluation du risque. Les données de ce plan complètent celles issues d'autres programmes de surveillance ou de contrôle nationaux, qui font l'objet d'un rapport annuel de synthèse de la situation européenne. Le programme communautaire est un programme glissant, portant chaque année sur un ensemble restreint de produits dont les contrôles sont reconduits à intervalles réguliers.

La Commission européenne a proposé un nouveau règlement concernant l'autorisation de mise sur le marché des pesticides, destiné à remplacer la Directive 91/414/CEE, ainsi qu'une Directive cadre sur les pesticides concernant les aspects de la phase d'utilisation et de distribution, non abordés dans ce nouveau règlement. Ces propositions, qui visent à renforcer la protection de la santé publique et de l'environnement, s'inscrivent dans la stratégie globale concernant l'utilisation durable des pesticides.

Contamination des F&L

Les plans de surveillance nationaux des Etats membres de l'Union européenne et de trois Etats de l'AELE montrent qu'en 2004, 47% (48% en France) des échantillons de F&L présentaient des résidus de pesticides et 5% (3,9% en France) des échantillons avaient des teneurs supérieures aux LMR, c'est-à-dire non conformes. En France, ces chiffres sont respectivement de 44,6% et 6,7%, selon les derniers plans de surveillance de 2005. Les résidus les plus fréquemment détectés sur les F&L sont les fongicides et les insecticides. Près de 25% des échantillons de produits végétaux analysés en 2004 (y compris les céréales et en considérant les contrôles ciblés) contenaient deux pesticides ou plus. Il faut cependant noter que chaque échantillon est composite (c'est-à-dire composé de plusieurs unités), ce qui peut augmenter le nombre de substances détectées dans un échantillon, mais aussi réduire les teneurs maximales mesurées (ce qui est pris en compte dans l'évaluation de l'exposition aiguë).

La distribution des concentrations de résidus de chaque pesticide est généralement très asymétrique, avec une valeur de la médiane inférieure à celle de la moyenne, c'est-à-dire avec les plus fortes proportions d'échantillons rassemblées vers les concentrations les plus basses et de faibles proportions d'échantillons se répartissant vers les concentrations plus élevées.

Le type de molécule et la teneur des résidus de pesticide dans les produits végétaux dépendent des autorisations d'usage selon le type de culture et sont notamment liés au mode de production, à la sensibilité des cultures aux agresseurs et maladies (notamment problème des résistances) et aux conditions climatiques. Tous les pesticides utilisés en agriculture ne conduisent pas à des niveaux de résidus quantifiables dans les produits végétaux.

Les traitements comme l'épluchage, le lavage, la cuisson ou les procédés de transformation industriels conduisent généralement à des teneurs en résidus inférieures à celles des produits frais. Cependant l'efficacité de ces opérations dépend de la nature du pesticide (systémique ou pas), de ses propriétés physico-chimiques (solubilité dans l'eau...), du produit végétal concerné et des modalités du traitement. De plus, certains procédés de transformation peuvent induire la formation de métabolites plus toxiques que la molécule parente. Les métabolites qui pourraient ainsi être générés sont généralement recherchés lors des tests fournis pour les dossiers d'autorisation des pesticides et l'impact sur les niveaux de résidus des traitements usuels est évalué. Des facteurs de correction issus de ces dossiers permettent de tenir compte des différents traitements et procédés de transformation sur les teneurs en pesticides pour l'évaluation de l'exposition. Ces facteurs ne sont toutefois pas toujours disponibles.

. Méthodes d'évaluation de l'exposition alimentaire

L'évaluation de l'exposition aux pesticides s'effectue à partir des données de contamination et des données de consommation des produits alimentaires, selon des approches méthodologiques qui diffèrent suivant les objectifs. Dans le cadre réglementaire, l'approche usuelle est déterministe, ponctuelle et protectrice. Elle utilise une valeur fixe d'estimation de la consommation et de la contamination conduisant à une valeur d'estimation de l'exposition et se base sur des scénarios de "pire cas" afin de protéger le consommateur. Des approches probabilistes prenant en compte tous les niveaux de consommation et de contamination et permettant de générer une distribution des expositions, sont utilisées notamment pour évaluer l'exposition aiguë, par certains pays industrialisés. Les expositions ainsi calculées sont confrontées aux doses toxicologiques de référence (VTR) afin de caractériser le risque. Deux types de VTR sont utilisés pour mesurer l'exposition alimentaire aux pesticides : la dose journalière admissible (DJA), pour le risque chronique de long terme, et la dose de référence aiguë (ARfD), pour le risque de court terme (un repas, un jour). L'évaluation de l'exposition aiguë ne concerne pas tous les pesticides.

Les méthodologies d'évaluation usuelles considèrent l'exposition pesticide par pesticide. Or le consommateur est exposé à plusieurs pesticides *via* son alimentation. Des approches sont en cours pour évaluer ce risque pour les pesticides présentant un mécanisme commun de toxicité. Les Etats-Unis ont une expérience de plusieurs années dans ce domaine et l'Union européenne a engagé récemment une réflexion visant à élaborer des lignes directrices pour évaluer l'exposition cumulative aux pesticides *via* l'alimentation.

. Exposition alimentaire

Dans l'Union européenne, l'évaluation usuelle de l'exposition, conduite par pesticide et par produit végétal, à partir des résultats des données de surveillance du programme communautaire (qui porte chaque année sur un nombre restreint de produits végétaux) montre que l'exposition chronique aux pesticides recherchés (de 36 à 47 substances) n'a pas dépassé leur DJA de 2001 à 2004 pour l'ensemble des Etats-membres participants. Les expositions maximales estimées pour ces années ont été respectivement de 11%, 10%, 0,2% et 5,4% de la DJA.

En revanche, des concentrations de certains résidus de pesticides (organophosphorés, pyréthrinoïdes, carbamates et dithiocarbamates) dans certains produits végétaux ont pu conduire à une exposition aiguë dépassant l'ARfD, notamment chez les enfants. Les calculs effectués à partir des teneurs mesurées dans les échantillons les plus contaminés montrent que les ARfD de certains pesticides peuvent être atteintes pour des consommations journalières élevées (180 g de pomme chez l'enfant de 6-12 mois, 73 g de salade chez l'enfant de 4-6 ans...). La proportion d'échantillons dont les contaminations étaient susceptibles de conduire à ces dépassements était de 0,03 à 1% selon la combinaison pesticide-produit incriminée, pour les produits analysés dans le plan 2004. Cependant, cette évaluation à la fois pessimiste et simplifiée ne doit être considérée qu'à titre indicatif et ne permet pas d'évaluer les consommations de pesticides par la population générale ou des sous-groupes de population.

Les études de biosurveillance (qui s'appuient sur des marqueurs biologiques) réalisées sur de grands échantillons représentatifs de la population aux Etats-Unis et en Allemagne montrent l'exposition à des familles d'insecticides très utilisées en agriculture : les organophosphorés et les pyréthrinoïdes. Cette exposition intègre d'autres sources et voies d'exposition telles que l'usage domestique de ces familles d'insecticides, mais certaines études font apparaître le rôle déterminant de la consommation des F&L dans l'exposition aux insecticides organophosphorés aux Etats-Unis et en Allemagne (Encadré 8).

En France, plusieurs actions sont en cours, dans le cadre de l'Observatoire des résidus de pesticides (ORP). Elles concernent le recueil des données de contamination au niveau des différents services de l'Etat et la mise en œuvre d'une étude d'alimentation totale pour recueillir des données de contamination sur les produits alimentaires tels que consommés. Concernant la consommation, la deuxième version de l'enquête individuelle nationale de consommation alimentaire (INCA2) est en voie d'achèvement. Par ailleurs, l'InVS met en place un système de biosurveillance qui intègre quelques familles de pesticides (organophosphorés, pyréthrinoïdes et organochlorés) : ce système repose sur l'étude nationale nutrition santé (ENNS), à laquelle est liée l'étude INCA. L'ensemble de ces actions vise à estimer l'exposition globale de la population française aux différents pesticides à travers les diverses sources et voies d'exposition et doit permettre l'évaluation de l'exposition *via* la consommation de F&L.

Encadré 8. Exposition aux pesticides *via* la consommation de F&L et marqueurs biologiques

Aux Etats-Unis, une étude réalisée en 2001 dans l'Etat de Washington, sur 39 enfants de 2 à 5 ans a montré que ceux qui recevaient une alimentation contenant essentiellement des jus, des fruits et des légumes issus de l'agriculture biologique présentaient des teneurs urinaires inférieures en certains métabolites des pesticides organo-phosphorés (dimethyl alkylphosphates) à celles d'enfants recevant une alimentation contenant essentiellement les mêmes produits issus de l'agriculture conventionnelle.

Dans une étude longitudinale réalisée en 2003 dans le même Etat sur 23 enfants de 3 à 11 ans, des produits alimentaires (essentiellement des jus, des fruits et des légumes, mais aussi des céréales) issus de l'agriculture conventionnelle ont été remplacés par des produits issus de l'agriculture biologique pendant 5 jours consécutifs. Cette étude a montré que les métabolites urinaires spécifiques des insecticides organophosphorés, malathion et chlorpyrifos, décroissaient jusqu'à des niveaux non détectables après l'introduction dans l'alimentation des produits "biologiques" et restaient non détectables jusqu'à la réintroduction du régime conventionnel ; ce protocole a eu moins d'effet sur le niveau des métabolites urinaires des insecticides pyréthrinoïdes, largement utilisés dans les usages domestiques aux Etats-Unis.

En Europe, une étude pilote préliminaire à une étude de biosurveillance ciblant les enfants (GerES IV) a été réalisée en Allemagne sur 363 à 396 enfants de 2 à 17 ans dont les métabolites urinaires d'insecticides organophosphorés et pyréthrinoïdes ont été recherchés. Afin d'évaluer les sources d'exposition, ces pesticides ont été recherchés dans les poussières de maison et des informations complémentaires ont été recueillies notamment sur les habitudes alimentaires (questionnaire de fréquence) et l'usage domestique de pesticides (biocides). Dans cette étude, la consommation de jus de fruits et de fruits frais est apparue comme un déterminant de l'exposition aux insecticides organophosphorés et la présence de perméthrine dans les poussières de maison et la consommation de légumes bouillis étaient des déterminants de l'exposition aux insecticides pyréthrinoïdes.

. Conclusion

La présence de résidus de pesticides sur ou dans les F&L et la détection chez les individus de marqueurs biologiques de l'exposition à des familles de pesticides comme les insecticides organophosphorés qui ont pu être reliés à la consommation de F&L indiquent clairement la réalité de l'exposition aux pesticides à travers leur consommation, notamment lorsqu'ils sont consommés frais sans aucun traitement préalable. Cependant ces expositions ne préjugent pas d'un risque encouru. L'évaluation du risque des pesticides pour la santé est complexe. Elle dépend de l'état actuel des connaissances sur le danger des pesticides, des valeurs toxicologiques de référence et des méthodologies d'évaluation de l'exposition disponibles, qui ne sont pas toujours consensuelles. La réglementation qui se renforce progressivement, l'exclusion du marché des substances préoccupantes et l'harmonisation européenne des limites maximales autorisées sur les denrées alimentaires doivent renforcer la sécurité du consommateur.

Les doses d'exposition potentiellement préoccupantes concernant le risque aigu sont liées essentiellement à l'existence d'échantillons fortement contaminés, qui ne représentent qu'une faible part des échantillons dont les concentrations en résidus dépassent les LMR. L'élimination effective du marché des produits dépassant les LMR, notamment après leur harmonisation européenne, pourrait permettre de réduire l'ingestion des résidus de pesticides à des doses inférieures aux doses toxicologiques de référence. Il faut toutefois garder à l'esprit que les LMR sont susceptibles d'être révisées à la lumière de nouvelles données ou informations, notamment lorsque les évaluations pourront prendre en compte l'exposition simultanée à plusieurs pesticides.

1.3.3. Nitrates et nitrites

Les nitrates et les nitrites sont des substances faisant partie du cycle de l'azote et donc naturellement présentes dans l'environnement. Depuis le début du 20^e siècle, l'utilisation intensive de nitrates en agriculture comme fertilisants ainsi que les rejets dans l'environnement des déjections des animaux d'élevage ont considérablement accru leur concentration aussi bien dans les sols que dans l'eau et les plantes destinées à l'alimentation humaine.

. Impact sur la santé

Le principal effet toxique des nitrates est la méthémoglobinémie (affection qui réduit la capacité du sang à transporter l'oxygène), qui est un effet aigu résultant le plus souvent de la consommation par de jeunes enfants d'eau très contaminée.

Sur la base d'expérimentations de toxicologie étudiant l'exposition chronique de rongeurs, des DJA ont été établies pour les nitrates et les nitrites à respectivement 3,7 et 0,06 mg/kg de poids corporel.

En dépit de nombreuses études épidémiologiques d'observation, aucune corrélation positive n'a été retrouvée entre l'ingestion de nitrates et les cancers digestifs. Les études épidémiologiques concernant l'association entre exposition alimentaire aux nitrites et cancers digestifs ou lymphomes donnent quant à elles des résultats contradictoires. Dans l'état actuel des connaissances, le comité d'experts internationaux réunis par l'IARC en 2006 a conclu que "les nitrates et nitrites ingérés dans des conditions qui résultent en une nitrosation endogène sont probablement cancérogènes pour l'Homme".

. Exposition alimentaire aux nitrates

Au sein des F&L, les légumes feuillus sont la source principale d'exposition alimentaire aux nitrates, que ces végétaux captent et concentrent à des teneurs variables, mais toujours importantes, en fonction des pratiques agricoles et du climat. Si dans des conditions normales de stockage (durée limitée et obscurité), les F&L ne sont pas un vecteur majeur des nitrites, on estime que 5% des nitrates ingérés sont convertis en nitrites par l'organisme. Ce pourcentage en apparence faible constitue *in fine* une source majeure d'exposition aux nitrites compte tenu des quantités de nitrates ingérées.

L'exposition alimentaire aux nitrates peut excéder leur DJA pour certains consommateurs, en particulier les forts consommateurs de légumes feuillus ou ceux buvant une eau fortement contaminée. Pour les nitrites, la DJA peut également être dépassée par certains consommateurs, mais dans ce cas, les contributeurs majeurs à l'exposition sont les produits de charcuterie et les nitrites issus de l'ingestion des nitrates. Le fort rejet de nitrates dans l'environnement depuis plus de 50 ans entraîne des concentrations croissantes de ces substances dans l'eau et dans les aliments, et conduit à une exposition moyenne en augmentation.

. Conclusions

L'évaluation du risque lié aux nitrates contenus dans les légumes est complexe. En effet, il est bien établi que la toxicité des nitrates en eux-mêmes est faible et que leurs effets toxiques sont liés en majeure partie à leur conversion en nitrites ou à la transformation des nitrites en nitrosamines qui sont quant à elles, des composés reconnus comme cancérogènes. A l'inverse, la relation inverse entre nitrates et cancers pourrait être liée au fait que les nitrates ingérés *via* les F&L se transforment moins en nitrites que ceux contenus dans l'eau, grâce à leur contenu en vitamine C et anti-oxydants pouvant inhiber cette transformation.

En tout état de cause, le passage pour un individu d'un statut de faible consommateur (environ 200 g/jour) à celui de fort consommateur de F&L variés (environ 400 g/jour) n'est pas à même d'induire un dépassement des VTR.

1.3.4. Intolérance digestive, colopathie fonctionnelle

Parmi différents constituants, les fruits et légumes contiennent des fibres en proportion variable. L'effet des fibres sur la fermentation intestinale et le volume des selles est bien établi. Ainsi la présence de fibres végétales représente un élément important de la physiologie intestinale et du contenu intra-luminal. Par contre, la présence de fibres, notamment crues, est souvent tenue pour responsable de nombreuses manifestations d'intolérance intestinale ("*Irritable Bowel Syndrome* - *IBS*" ou syndrome du côlon irritable). Le rôle des fibres végétales dans la pathogénie et le traitement des troubles intestinaux fonctionnels reste très controversé. L'analyse de la littérature montre que les études ne sont pas très nombreuses et que leurs résultats ne permettent pas de conclusions définitives. Une méta-analyse récente concernant les fibres et les pathologies fonctionnelles coliques rapporte que les fibres peuvent améliorer la constipation. Par ailleurs, les fibres solubles semblent plutôt avoir un effet bénéfique sur les douleurs intestinales alors que les fibres insolubles aggraveraient plutôt les troubles, cet effet n'étant toutefois pas significatif. Cette étude conclut que l'effet global des fibres sur les troubles fonctionnels digestifs est marginal.

1.4. Conclusions : bilan de l'intérêt de la consommation de F&L

L'observation des habitudes alimentaires dans des études épidémiologiques prospectives montre une association entre la consommation de F&L et la santé. Ces résultats doivent toutefois être nuancés car ces études comportent des facteurs de confusion liés au fait qu'il est très difficile de séparer les habitudes de consommation de F&L d'autres facteurs du mode de vie. Les essais de prévention les plus récents n'ont pas permis d'établir un lien de causalité entre cette consommation de F&L et la prévention des pathologies. Si on dispose de différents arguments épidémiologiques et mécanistiques en faveur d'un effet bénéfique des F&L dans la prévention de certaines pathologies, la démonstration formelle reste à faire. L'impact favorable mais discret de la consommation de F&L sur la pression artérielle pourrait induire un bénéfice sur le plan vasculaire à l'échelle d'une population.

Les F&L sont une source importante de fibres, vitamines et minéraux nécessaires au bon fonctionnement des principales fonctions physiologiques de l'organisme. Les données de consommation alimentaire montrent un déficit d'apports de certains de ces composés par rapport aux apports nutritionnels conseillés. Les F&L représentent la source alimentaire quasi exclusive de certains de ces nutriments. A ce titre, la consommation de F&L ne peut être qu'encouragée.

Il faut noter que cette consommation s'accompagne d'une exposition aux pesticides et aux nitrates. Néanmoins, cette exposition varie considérablement selon les F&L et leurs traitements préalables. Le statut de fort consommateur de F&L, dès lors que ces F&L sont diversifiés, ne devrait pas conduire à une exposition aux pesticides et aux nitrates dépassant les doses toxicologiques.

Enfin, de par leur densité calorique réduite, les F&L contribuent à réduire la densité énergétique de l'alimentation. Envisager leur consommation en substitution d'aliments plus denses sur le plan calorique ou moins riches sur le plan des micro-nutriments apparaît donc comme une stratégie raisonnable pour rééquilibrer les apports énergétiques de l'alimentation. Il semble toutefois que cette stratégie soit plus efficace si elle est comprise par le consommateur et volontaire.

Au total, malgré l'absence de preuve expérimentale d'une causalité de la consommation de F&L sur les pathologies, les bénéfices nutritionnels potentiels observés dans les enquêtes de population conduisent à préconiser une augmentation de la consommation de F&L pour les faibles consommateurs. Plus globalement, le faible contenu énergétique des F&L facilite l'adoption et le maintien d'une alimentation équilibrée par leurs consommateurs, ce qui est cohérent avec les recommandations du PNNS. En l'état des connaissances, les principaux bénéfices attendus sont le rééquilibrage des apports vitaminiques, de fibres et de minéraux d'une partie de la population, et plus particulièrement de celle des faibles consommateurs.

2. Les sources de variabilité des qualités nutritionnelles

Le constat que la modification des habitudes alimentaires et l'augmentation de la consommation de fruits et légumes ne sont pas aisées, peut suggérer de privilégier l'augmentation des teneurs en phytonutriments des F&L. Ces teneurs varient avec l'espèce (cf. tables de composition), mais de nombreux facteurs modulent ces teneurs au sein de chaque espèce. Les principales sources de variations sont inhérentes aux végétaux, d'ordre physiologique (variations liées au développement ou à la localisation dans le fruit ou le légume) ou génétique (différences liées au grand nombre de variétés disponibles), ou au contraire dépendantes des techniques culturales, des conditions environnementales, et enfin des conditions de conservation et de transformation après récolte.

Il s'agit, dans ce chapitre, d'identifier les principales sources de variation en phytonutriments et les leviers de contrôle pouvant conduire à moduler leurs concentrations, et également de hiérarchiser l'impact des différentes sources de variation, bien que des interactions entre ces sources compliquent le contrôle des teneurs. C'est en effet le contrôle de l'optimisation et de la stabilité de la qualité tout au long de la filière qui est le véritable enjeu, une réduction à une étape quelconque de la filière pouvant entraîner des conséquences sur le produit final.

De nombreux travaux en horticulture ont étudié ces aspects, mais les données sont très hétérogènes suivant les espèces et les composés. Ainsi, il existe une littérature scientifique très abondante sur la tomate et ses métabolites secondaires car, au-delà de son importance économique, cette espèce est utilisée comme modèle pour les études du développement du fruit ; comme sa transformation génétique est aisée, c'est sur la tomate que de nombreux travaux de transgénèse ont été réalisés. Pour les fruits, la littérature scientifique concerne surtout la pomme. Les données sur les autres espèces sont beaucoup plus éparpillées.

2.1. Les sources de variation biologiques d'ordre physiologique et génétique

2.1.1. Variations physiologiques de la composition en micro-nutriments

La teneur de la plupart des composés évolue au cours du développement des organes. Certains s'accumulent précocement puis ont tendance à diminuer à la maturation (cas de la vitamine C chez plusieurs fruits notamment), tandis que d'autres vont s'accumuler au cours du développement (les caroténoïdes chez la tomate, le piment, le melon ou l'abricot par exemple).

Les compositions peuvent différer fortement suivant les organes. Beaucoup de métabolites secondaires jouent dans les végétaux un rôle antioxydant protecteur contre les agressions de l'environnement (température, lumière) ou des pathogènes. Ils sont donc souvent en plus grande concentration dans la peau des fruits ou dans les feuilles externes des légumes feuilles. Les teneurs en phénols sont ainsi deux fois plus élevées dans la peau que dans la chair des pommes, poires et pêches. Peler les fruits pour limiter les risques d'ingestion de résidus de pesticides fait donc perdre ces micronutriments présents dans la peau.

Il n'existe pas de relation systématique entre les teneurs en différents métabolites secondaires. Vitamines, phénols et caroténoïdes ont en effet des voies métaboliques et donc des régulations différentes. Néanmoins, on observe souvent une relation inverse entre taille des fruits et composition en matière sèche, et par conséquent entre teneurs en composés bioactifs et taille des fruits.

2.1.2. Variabilité génétique de la qualité nutritionnelle

. La diversité génétique actuelle

De nombreuses études comparent les teneurs en un (ou quelques) composé(s) chez plusieurs variétés d'une même espèce, cultivées dans les mêmes conditions. Destinées à connaître la gamme de variation offerte aux consommateurs, mais aussi à identifier des géniteurs potentiels pour la sélection, ces études montrent une grande gamme de variation.

Des variations du simple au double sont fréquemment observées, mais les écarts peuvent être beaucoup plus importants dans certains cas (Figure 3). Par exemple, les teneurs en glucosinolates varient de 1 à 10 chez le brocoli, les caroténoïdes de 1 à 4 chez la pomme ou la tomate. Les variations sont encore plus marquées lorsqu'on s'intéresse précisément aux molécules et non aux familles de molécules, comme les polyphénols. Suivant que l'on considère les teneurs rapportées à la matière fraîche ou à la matière sèche, le classement des variétés peut être très différent.

Ces résultats relativisent la pertinence des valeurs moyennes figurant dans les tables de composition des aliments, acquises sur quelques échantillons du commerce.

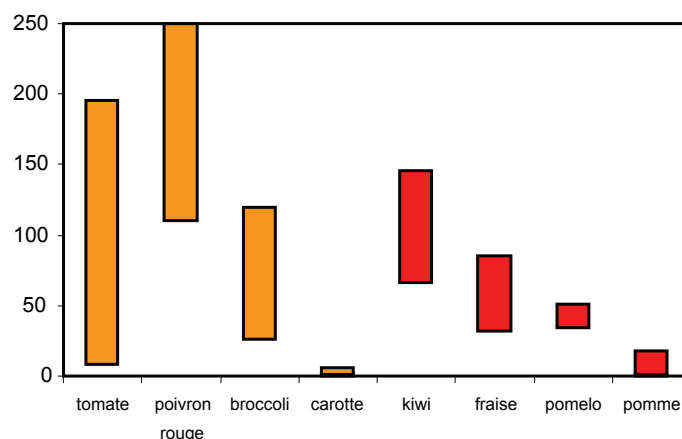


Figure 3. Variations des teneurs en vitamine C (mg/100 g FW), entre espèces et au sein des espèces

. Les effets de la sélection variétale passée

Jusqu'à présent, la sélection des fruits et légumes a surtout pris en compte des objectifs de productivité, d'adaptation aux conditions pédoclimatiques, de résistance aux bioagresseurs et de qualité commerciale (aspect des produits, tenue post récolte). La qualité nutritionnelle n'a que rarement été un critère de sélection direct, sauf pour contre-sélectionner des aspects défavorables, liés à des facteurs anti-nutritionnels (chez les légumineuses) ou à des caractéristiques gustatives défavorables (composés responsables de l'amertume du concombre, glucosinolates des choux, par exemple).

Cette sélection pour la productivité n'a pas, pour autant, systématiquement réduit la valeur nutritionnelle des fruits et légumes. La comparaison entre variétés anciennes et modernes ne donne pas de résultats généralisables. Notamment lorsque les composés sont liés à la couleur (c'est le cas de plusieurs caroténoïdes), la sélection n'a pas beaucoup modifié les compositions, la couleur figurant parmi les principaux critères de choix des consommateurs.

. Les sources de variabilité génétique

La création de nouvelles variétés améliorées pour un caractère n'est possible que si celui-ci est héritable, et présente une certaine variabilité génétique. Cette variabilité peut être recherchée dans plusieurs réservoirs de diversité génétique :

- les milliers de variétés de fruits et légumes qui ont été sélectionnées dans le monde pour répondre à divers besoins, et sont fréquemment conservées dans des collections de ressources génétiques ;
- les espèces sauvages apparentées aux espèces cultivées et pouvant se croiser avec elles. Ces espèces sauvages ont pour l'instant été principalement utilisées comme sources de résistances aux pathogènes, mais elles peuvent se révéler des sources de variabilité inattendue pour des métabolites secondaires ;
- les collections de mutants, naturels ou créés par des traitements mutagènes, dont la composition peut être particulièrement modifiée et s'avérer utile soit directement en sélection, soit pour comprendre la régulation des compositions en métabolites.

Ces ressources génétiques révèlent effectivement une variabilité des caractéristiques : par exemple, un pouvoir anti-oxydant trois fois plus élevé dans les fraises des bois que dans les variétés cultivées ; des teneurs supérieures en glucosinolates chez des choux ornementaux ou en polyphénols chez des pêchers sauvages - mais ces substances ont un goût jugé désagréable.

2.1.3. La sélection pour la qualité nutritionnelle

Si la qualité organoleptique constitue d'ores et déjà un nouvel enjeu pour les sélectionneurs, la compétition pour les marchés nationaux ou internationaux peut rendre attractive la sélection pour de nouvelles propriétés, notamment nutritionnelles.

. Méthode

L'accès aux cartes génétiques de marqueurs moléculaires permet de localiser les gènes contrôlant la variation de la composition en phytonutriments et d'en étudier l'effet, la stabilité suivant l'environnement ou le fonds génétique. Par la suite, les marqueurs moléculaires peuvent être utilisés pour faciliter la sélection : en rendant possible une sélection indirecte sur l'ADN extrait de plantules, ils permettent d'éviter des tests de quantification lourds et coûteux à mettre en œuvre et de réaliser ainsi des économies importantes d'espace et de temps (notamment pour les arbres fruitiers qui ne fructifient qu'au bout de plusieurs années). On peut espérer que le développement

de ces techniques facilitera dans l'avenir l'amélioration de la qualité nutritionnelle des fruits et légumes. Déjà, plusieurs études de cartographie de gènes pour les teneurs en phytonutriments ont été réalisées chez les fruits et légumes (tomate, carotte, pomme), révélant le grand nombre de gènes impliqués.

. La connaissance des gènes en jeu

Depuis longtemps physiologistes et généticiens essaient d'identifier les gènes responsables de caractéristiques végétales, mais c'est l'avènement de la génomique depuis une quinzaine d'années qui a permis d'accéder à la physiologie de la plupart des caractères qui nous intéressent.

Si la voie de synthèse des caroténoïdes est relativement bien connue, celle de la vitamine C fait encore débat, et l'on est encore loin d'avoir identifié toutes les enzymes conduisant à la synthèse des polyphénols.

Un grand nombre de fruits et légumes induisent des réactions allergiques chez certains consommateurs. Plusieurs protéines ont été identifiées comme responsables de ces allergies. Il s'agit fréquemment de gènes codés par des familles de gènes (thaumatococine-like, profiline, lipid transfer protein...), mais on observe des différences d'intensité des réactions allergiques suivant les variétés. Il peut donc être intéressant d'identifier les variations dans les gènes responsables de ces allergies afin de réaliser une sélection directe en faveur des formes les moins allergisantes.

. Le recours aux OGM

Les plantes transgéniques modifiées au niveau d'un seul gène constituent d'abord un outil précieux d'étude de la régulation des gènes, des interactions entre voies métaboliques et de l'impact du milieu.

La transgénèse élargit aussi le champ des possibles pour d'éventuels développements commerciaux. Les généticiens s'intéressent désormais à la création d'OGM présentant un intérêt direct pour le consommateur, avec la qualité nutritionnelle comme cible de choix.

La tomate est la principale espèce cible de ces travaux, qui visent notamment l'amélioration de sa composition en caroténoïdes ou en polyphénols. Si aucune variété améliorée pour la qualité nutritionnelle n'est commercialisée aujourd'hui, plusieurs laboratoires travaillent dans ce sens et des variétés OGM pourraient voir le jour dans le monde dans un futur proche, avec des tomates plus riches en caroténoïdes ou en flavonoïdes, ou produisant des teneurs plus importantes en folate.

Encadré 9. Un exemple : les sources de variation de la qualité nutritionnelle d'un légume frais, la tomate

La tomate est adaptée à une grande diversité de conditions de culture, du jardin amateur au plein champ et aux abris, tunnels plus ou moins chauffés ou serre verre en pleine terre ou en hors sol. De très nombreuses variétés ont été créées de par le monde pour répondre aux exigences d'adaptation à ces conditions variées, de production et de diversification. Plus de 300 variétés sont inscrites au catalogue officiel en France, mais plusieurs dizaines de milliers sont conservées dans les collections de ressources génétiques dispersées dans le monde.

La tomate est réputée pour sa composition originale en caroténoïdes et en lycopène, au fort potentiel antioxydant. Sa teneur en vitamine C est intermédiaire, mais compte tenu des quantités consommées tout au long de l'année (de l'ordre de 20 kg en moyenne par personne), la tomate se place parmi les sources majeures de vitamine C de notre alimentation.

La comparaison de différentes variétés cultivées dans les mêmes conditions révèle une gamme de variation pouvant aller du simple au triple suivant les variétés pour la plupart des composés. Certains mutants, aux fruits jaunes ou orange ont une composition plus altérée. Cette variation concerne également les caractéristiques gustatives, qu'il s'agisse des saveurs, des arômes ou de la texture. La sélection poursuit aujourd'hui ses efforts en matière de diversification, notamment au niveau du goût. Le nombre de types de tomate vendus simultanément en grande surface dépasse fréquemment la dizaine. De nombreux laboratoires s'intéressent également aux bases moléculaires de la synthèse de caroténoïdes et des composés phénoliques, certains ayant créé des variétés OGM à la valeur nutritionnelle modifiée pour ces composés. Néanmoins il s'agit encore de prototypes qui ne sont pas commercialisés.

Les facteurs environnementaux (température, rayonnement) et les conditions de culture (pleine terre ou hors sol, fertilisation) constituent d'autres sources de variation, mais dans une gamme généralement plus faible que la variation génétique. Ces facteurs interviennent également sur le goût.

Les derniers facteurs qui affectent la composition de la tomate à la consommation sont le stade de maturation à la récolte et les conditions de conservation post récolte : si la teneur en lycopène a plutôt tendance à légèrement augmenter après récolte, la teneur en vitamine C va rapidement chuter. Enfin la conservation au froid des tomates va réduire le potentiel aromatique et par conséquent l'appréciation des consommateurs.

. Faut-il créer de nouvelles variétés de fruits et légumes enrichies en composés bioactifs ?

Le constat des difficultés à augmenter la consommation de F&L peut suggérer de créer de nouvelles variétés spécifiquement enrichies en éléments à valeur nutritionnelle reconnue. Si l'identification des cibles à sélectionner

n'est pas évidente (cf. chapitre 1), la valorisation de variétés potentiellement plus intéressantes sur le plan nutritionnel n'est pas facile non plus.

En effet, le choix des variétés offertes aux consommateurs jusqu'à présent est réalisé par les producteurs sur la base de critères de productivité et d'adaptation aux conditions de culture, et par le circuit de commercialisation sur la base de la qualité commerciale (aspect, tenue...). Pour la plupart des fruits et légumes frais, aucune information concernant la variété n'est donnée au consommateur.

Par ailleurs, si une segmentation du marché est envisagée sur la qualité nutritionnelle, il faudra trouver le moyen de commercialiser les variétés présentant des teneurs supérieures en phytonutriments. L'exploitation de variétés présentant des compositions spécifiques pose en effet un problème, car l'inscription au catalogue officiel des variétés de fruits ou de légumes ne comprend aucun critère de valeur agronomique, technologique ou nutritionnelle. Si, de plus, la nouvelle variété dépassait la gamme de variation traditionnelle, elle devrait être déclarée comme "Novel Food", ce qui implique une évaluation lourde de l'ensemble de ses caractéristiques et un étiquetage spécifique.

Pour le marché de frais, de nouvelles variétés devront avant tout être attractives et de bonne qualité organoleptique, critères les plus importants dans le choix des consommateurs. Pour l'industrie de transformation, on peut s'attendre à une sélection nouvelle pour des aliments fonctionnels, dont l'intérêt serait rapidement relayé par les médias. Il est donc essentiel d'identifier tant les cibles positives que négatives pour la sélection, mais aussi de valider l'absence de risque des composés concernés, à fortes doses ou pour certaines populations.

2.2. Les sources de variations d'ordre agronomique et environnemental

La teneur de la plupart des composés présents dans les fruits et légumes peut varier de façon plus ou moins importante, en fonction des conditions environnementales (température, rayonnement...), des modes de conduite (porte-greffe, taille, fertilisation, irrigation...) ou, plus largement, des modes de production (production de plein champ ou hors sol, conventionnelle ou biologique).

Les effets des facteurs de l'environnement sont fréquemment étudiés au travers des effets des techniques culturales puisque nombre d'entre elles consistent en des manipulations de l'environnement physique de la culture. Les travaux dans ce domaine sont assez nombreux, la tomate étant l'espèce la plus étudiée. Globalement, les légumes font l'objet de davantage d'attention que les fruits. Les recherches s'appuient le plus souvent sur des démarches comparatives ou corrélatives, si bien que les résultats sont toujours très dépendants des conditions de l'expérience et qu'il n'est pas aisé d'établir des lois de portée générale, ni de détecter les mécanismes en jeu.

2.2.1. Effets des facteurs de l'environnement sur la composition des produits

Divers travaux ont mis en évidence une influence des facteurs de l'environnement (au sens large), qu'il s'agisse de l'effet de facteurs isolés (température, rayonnement) ou de combinaisons complexes de facteurs (effet de l'année, effet de la région de production) ; dans ces derniers cas, le ou les facteur(s) pertinent(s) en jeu ne sont pas identifiés.

. Effets du rayonnement, de la température et de la région de production

L'intensité du rayonnement et la température ont une influence prouvée sur le métabolisme des flavonoïdes. La biosynthèse des caroténoïdes est sous la dépendance de la température mais peu du rayonnement, la température la plus favorable pouvant elle-même fortement varier avec l'espèce. Chez la tomate par exemple, la synthèse du lycopène présente un optimum à 25°C, mais est inhibée au dessus de 35°C.

D'importantes différences de composition en phytonutriments sont observées suivant les régions, du fait des différences de climat. Chez l'abricot par exemple, la teneur en carotène peut, pour une même variété, varier du simple au double suivant la région.

La gamme de variation d'origine climatique ou agronomique apparaît de (bien) moindre amplitude que celle attribuée à la génétique. Par exemple, chez la tomate, la teneur en vitamine C de variétés différentes cultivées dans les mêmes conditions peut varier de 8 à 33 mg.100FW⁻¹ ; alors que cette teneur restera dans une gamme de 26 à 32 mg.100FW⁻¹ pour une même variété placée dans des conditions de température différentes. Pour le lycopène ou le β -carotène, l'amplitude de variation est moins importante, et du même ordre de grandeur qu'elle soit d'origine agronomique ou génétique.

2.2.2. Effets des techniques culturales

De nombreuses recherches s'intéressent aux effets des techniques culturales sur la qualité des fruits et légumes ; les principales concernent la fertilisation et l'irrigation étudiées seules ou, le plus souvent, en interaction (surtout dans le cas des cultures sous serre). Les composantes de la qualité considérées sont en général les produits du

métabolisme primaire (sucres, acides), beaucoup moins fréquemment ceux du métabolisme secondaire auxquels appartiennent les composés bioactifs (phénols, vitamines...).

. Irrigation

L'état hydrique de la plante conditionne sa croissance et sa capacité photosynthétique. Une contrainte hydrique imposée à des plants de tomate entraîne une augmentation de la concentration en sucres des fruits tout en ralentissant la croissance de la plante et des fruits. Si la contrainte n'est pas trop intense, la synthèse de vitamine C et d'autres métabolites secondaires serait stimulée. De nombreuses études s'intéressent aux effets d'une salinité plus ou moins importante de l'eau d'irrigation sur la qualité des produits, qui, par exemple chez la tomate, en augmentant la teneur en matière sèche a tendance à augmenter la teneur en phytonutriments par rapport au poids frais.

. Fertilisation et enrichissement en éléments

Les pratiques de fertilisation classique (azote, phosphore et potasse) sont essentiellement tournées vers l'obtention de rendements importants et ce n'est que depuis peu que l'on s'interroge sur les effets possibles de ces apports minéraux, notamment de phosphore et de potassium, sur la qualité des produits. La diversité des conditions expérimentales, les interactions avec des facteurs non contrôlés, la non-explicitation des modes d'action des techniques étudiées rendent souvent difficile l'établissement de lois d'action. Le seul résultat un peu général concerne l'effet d'une fertilisation azotée importante, qui tend à diminuer la concentration en vitamine C dans les fruits d'agrumes ou de tomate. Cet antagonisme entre fertilisation azotée et contenu en vitamine C semble vrai également chez les légumes.

Certaines pratiques visent à augmenter la teneur en composés bioactifs du produit récolté en apportant à la plante certains éléments. C'est le cas, par exemple, du sélénium, dont on a montré l'effet protecteur contre diverses formes de cancer. Cet élément s'accumule naturellement dans les feuilles d'espèces du genre *Brassica*. Des essais d'enrichissement supplémentaire ont été réalisés avec succès en apportant une fertilisation en Se à des plantes cultivées sur solution nutritive ou sur sol en pot. De telles pratiques visant à enrichir en micronutriments les fruits et légumes par applications au sol ou foliaires posent toutefois diverses questions : celle de la biodisponibilité réelle de ce supplément de composés bioactifs ou celle des interactions possibles de ces manipulations avec les métabolites présents naturellement dans la plante.

. Autres techniques

De nombreuses techniques, certaines innovantes, ont fait l'objet d'études souvent très ponctuelles, pour mettre en évidence leurs éventuels effets sur la qualité des produits. La date de semis, l'utilisation de films réfléchissants en verger (disposés sur le sol pour améliorer la coloration des raisins, par exemple), la charge en fruits des arbres fruitiers (une charge légère augmente la teneur en polyphénols chez la pomme), le chauffage des serres (qui augmente les rendements mais en réduisant les teneurs en phytonutriments), le type de couverture des tunnels plastique (utilisés chez la laitue, notamment) sont autant de paramètres qui peuvent induire des modifications de composition des fruits et légumes.

2.2.3. Effets des modes de culture et des modes de production

Par modes de culture ou de production, on entend essentiellement la culture de plein champ opposée à la culture hors sol sous serre/abri, ou la production biologique confrontée aux productions conventionnelle ou intégrée.

. Culture de plein champ versus culture hors sol

La bibliographie analysée n'a pas révélé d'expérimentations comparant véritablement plein champ et hors sol. Le hors sol a fait l'objet de nombreux travaux dont les principaux objectifs sont de tester différents supports de culture ou différentes stratégies de fertilisation et de gestion de l'alimentation hydro-minérale, les interactions entre ces facteurs étant souvent analysées et couplées aux réponses différentielles de plusieurs génotypes. Aucune tendance spécifique privilégiant tel ou tel mode de conduite ne peut être établie.

. Production biologique versus production intégrée et conventionnelle

Si de nombreuses publications visent à montrer que les fruits et légumes biologiques ont une qualité supérieure à celle de produits issus de l'agriculture intégrée ou, *a fortiori*, conventionnelle, très peu sont fondées sur une approche scientifique rigoureuse. Les expérimentations les plus rigoureuses ne permettent pas de mettre en évidence des différences pour les critères de qualité nutritionnelle tels que glucides, oligo-éléments ou vitamine C entre légumes issus des agricultures biologique et conventionnelle. Le manque de données comparatives ne permet pas de conclure sur l'impact des pratiques culturales sur la teneur en phytomicroconstituants. Cependant, les teneurs en composés phénoliques apparaissent plus élevées dans les produits issus de l'agriculture biologique. Les publications concernant les fruits ne permettent pas davantage de conclure : la culture biologique n'entraîne pas une augmentation de la teneur en minéraux ou vitamines. Il en est de même d'ailleurs de la teneur en matière sèche ou des caractéristiques sensorielles, à l'exception peut-être de la texture.

En l'état actuel des connaissances, aucun mode de production, biologique, intégré ou conventionnel, ne présente d'avantage ou de désavantage particulier en matière d'accumulation des composés bioactifs.

En revanche, les produits "bio" sont pratiquement exempts de résidus de produits phytosanitaires et se démarquent ainsi de ceux provenant de l'agriculture conventionnelle. Enfin, les modes de production des légumes biologiques conduisent à des réductions des teneurs en nitrates.

2.2.4. Difficultés d'interprétation des études de l'impact de l'environnement et de l'itinéraire cultural sur la qualité nutritionnelle

La bibliographie dans le domaine est souvent disparate et il est difficile d'en tirer des conclusions définitives. Les facteurs de l'environnement (pris au sens large des facteurs physiques du milieu et des interventions culturales) ou les modes de production induisent des variations dans le contenu en composés bioactifs, mais les résultats sont souvent contradictoires et n'autorisent pas à tirer des lois générales.

Les expériences rapportées dans la bibliographie ne sont pas conçues pour l'établissement de lois d'action des facteurs (température, lumière...) sur la dynamique d'accumulation des composés nutritionnels. Ces expériences sont pour la plupart conduites en situation agronomique : de nombreux facteurs d'action potentiels peuvent agir simultanément, souvent en interaction (cas des facteurs climatiques). De plus, les travaux conduits sur les effets des techniques culturales comparent souvent des réponses de divers génotypes.

Les résultats, fragmentaires, sont difficiles à interpréter dans la mesure où les effets des facteurs de l'environnement sur la régulation des voies de synthèse des métabolites secondaires (auxquels appartiennent les composés à valeur nutritionnelle) sont complexes et encore très mal connus - contrairement à ce qui se passe pour le métabolisme primaire. Il existe des modèles reliant les facteurs du milieu et apports minéraux et le fonctionnement du métabolisme primaire, mais ils n'intègrent pas le métabolisme secondaire.

A ce sujet, des auteurs proposent une hypothèse intéressante : la concurrence, pour les photoassimilats, entre les processus de croissance d'une part, et ceux du métabolisme secondaire et de l'accumulation de ses produits d'autre part. Tout ce qui concourt à ralentir la croissance sans pénaliser la photosynthèse (fertilisation azotée limitée, contrainte hydrique ménagée, pratiques de l'agriculture biologique) favoriserait ainsi le métabolisme secondaire dans son ensemble, donc l'accumulation de certains composés bioactifs. Ce schéma donne un certain caractère de généralité au fait qu'une fertilisation azotée élevée soit défavorable à l'accumulation de vitamine C ou que la salinité des solutions nutritives ait un effet favorable sur la teneur en lycopène de la tomate.

Même si l'on parvenait à analyser de façon fine l'effet de tel ou tel facteur sur la synthèse de ces composés en situation très contrôlée, la transposition des résultats en condition de production serait extrêmement délicate en raison des fluctuations temporelles souvent importantes de ces facteurs.

2.2.5. Résidus de pesticides et mode de production

Le mode de production biologique est bien évidemment le seul qui permette d'obtenir des produits végétaux ne contenant pas, ou très peu, de résidus de pesticides de synthèse. La présence dans le sol de résidus très rémanents, ainsi que la dérive de traitements appliqués sur des parcelles conventionnelles proches, rendent difficile la production de fruits et légumes biologiques totalement exempts de résidus.

Des rapports, notamment de la Food Standards Agency (Royaume-Uni), concernant spécifiquement la pomme et la tomate (bilans de plans de surveillance des résidus de pesticides) ou les produits alimentaires végétaux en général (large analyse bibliographique), confirment que les produits issus de l'agriculture biologique contiennent moins de résidus que ceux issus de systèmes de production intégrée, ces derniers en contenant eux-mêmes moins que les produits issus de l'agriculture conventionnelle. Des données américaines montrent qu'environ 70% des échantillons soumis à analyse contiennent des résidus de pesticide, et que les systèmes de production intégrée permettent une diminution de 50% de la proportion d'échantillons contaminés.

La première des préconisations pour réduire les résidus dans les aliments est donc de diminuer l'emploi des pesticides et d'encourager la diffusion des pratiques de production intégrée (Integrated Crop Management) – pratiques encore insuffisamment fondées sur des connaissances fiables. La question des coûts de production pour limiter l'usage des pesticides se pose de façon cruciale.

Quant à l'agriculture biologique, ses superficies sont encore très faibles, bien qu'elles aient presque triplé depuis 1990 ; en 2005, elles atteignaient 9 000 hectares pour les fruits et 8 800 hectares pour les légumes.

2.3. Impacts de la conservation et des transformations

Ces impacts varient très fortement selon les nutriments considérés mais aussi selon le produit végétal, la durée de conservation et les traitements appliqués dans le but de s'affranchir de la faible durée de vie des fruits et légumes frais, et de la saisonnalité de leur production.

Les données bibliographiques apparaissent "pointillistes" à plusieurs titres. Il existe, par exemple, de nombreux travaux sur 'tomate et caroténoïdes' ou 'épinard et vitamines', mais presque aucun sur 'pomme et vitamine' ou 'tomate et folate'... Ensuite, ces travaux ne sont pas conduits de façon intégrée : une étape est privilégiée, alors qu'il serait primordial de pouvoir établir le bilan de l'itinéraire complet. De plus, les comparaisons sont compliquées par l'utilisation de bases différentes pour le calcul des teneurs : les changements de teneur en eau ou les pertes de solubles qui interviennent lors des procédés font varier mécaniquement les concentrations rapportées au poids frais ou à la matière sèche.

Les données sont nettement plus abondantes pour les molécules d'intérêt nutritionnel qui peuvent aussi avoir un impact organoleptique. Ainsi caroténoïdes et polyphénols sont souvent étudiés pour leurs répercussions sur la couleur des produits, les fibres pour leurs effets sur la texture.

2.3.1. Mécanismes et variabilité

Les principaux mécanismes de perte sont :

- l'élimination par l'épluchage (ou raffinage pour certains produits transformés), qui permet par ailleurs aussi l'élimination des résidus de pesticides,
- la lixiviation lors du lavage, la diffusion vers des liquides de cuisson (acide ascorbique, folates),
- la dégradation des composés, qui implique plusieurs mécanismes de vitesses variables : le catabolisme (pour les F&L vivants, pertes notamment d'acide ascorbique), l'oxydation enzymatique (rapide, favorisée par la découpe et avant traitement thermique) ou "auto-oxydation" (lente, impliquant un contact avec de l'air) et en dernier lieu l'impact du traitement thermique lui-même.

L'évolution post-récolte des teneurs en micro-nutriments au cours du stockage et des transformations vont différer selon les molécules concernées. On peut considérer deux classes de molécules :

- La première regroupe les molécules solubles et très réactives telles que la vitamine C, la vitamine B1 et les folates, ainsi que les glucosinolates et anthocyanes. Ces métabolites sont susceptibles de subir des pertes importantes lors des étapes de stockage et de transformation, en particulier lors des lavages ou en présence de liquides porteurs.

La vitamine C constitue un cas particulier car, présente dans les végétaux, elle est aussi utilisée comme agent technologique pour limiter le brunissement, et ce à des doses souvent bien supérieures à celles observées dans le fruit ou légume frais. Elle est ainsi ajoutée comme auxiliaire de fabrication dans les produits à base de pomme, dans certaines compotes, des jus...

- La seconde classe englobe, au contraire, des composés qui présentent peu d'évolution au cours de la conservation tels que les minéraux, les oligo-éléments et les fibres, ainsi que certains micronutriments tels que les caroténoïdes et la plupart des polyphénols.

Les ions sont cependant très hydrosolubles et peuvent subir des pertes importantes par lixiviation. Les compositions ioniques peuvent également être modifiées par des ajouts, typiquement de sodium ou de calcium, pendant les procédés.

Pour les fibres alimentaires, les phénomènes majoritaires semblent être une réorganisation et une solubilisation partielle au cours de la maturation ou suite à des traitements thermiques. Très majoritairement constituées des parois végétales, les fibres sont aussi un des facteurs majeurs de la texture des produits ; leur altération se traduit donc d'abord sur les qualités de texture et une évolution trop prononcée peut être un facteur de "non-qualité".

Les polyphénols sont susceptibles d'être oxydés notamment lors de la déstructuration tissulaire et avant inactivation enzymatique par des voies technologiques, ou plus lentement par auto-oxydation à des pH neutres. Ils semblent cependant globalement assez stables, à l'exception des anthocyanes. Les caroténoïdes sont des composés liposolubles et leur chauffage prolongé provoque une cis-isomérisation influençant favorablement la biodisponibilité de ces molécules.

Des évolutions caractéristiques des principaux composés d'intérêt nutritionnel (fibres, caroténoïdes, vitamine C, folates) sont résumées dans le tableau 3.

Les fruits ou légumes à évolution rapide sont généralement plus vulnérables aussi en ce qui concerne leurs micronutriments, et ce d'autant plus qu'ils ont des rapports surface/poids élevés (cas des légumes-feuille tels que l'épinard). Les produits de longue conservation (pommes, légumes-racine...) ont aussi une meilleure stabilité des nutriments.

2.3.2. Les principales caractéristiques des différentes gammes

Les fruits et légumes qui arrivent sur le marché peuvent être répartis en différentes "gammes" suivant le procédé appliqué. Ces différentes gammes sont :

- 1^{re} gamme : les produits frais, éventuellement parés (1^{re} gamme "améliorée")
- 2^e gamme : les produits stérilisés (appertisés)
- 3^e gamme : les produits surgelés
- 4^e gamme : les produits frais prédécoupés ("fresh-cut")
- 5^e gamme : les produits pasteurisés (puis conservés au froid).

Ces différents procédés sont couplés à des modes de stockage différenciés : les 1^{re} et 4^e gammes, qui concernent des végétaux vivants, impliquent un contrôle de la température (basse mais positive) ; la 3^e gamme nécessite le respect de la chaîne du froid négatif. La 2^e gamme et les produits à faible activité de l'eau s'affranchissent de cette nécessité.

A ces gammes répertoriées, on pourrait ajouter une "6^e gamme" regroupant tous les produits déshydratés, selon des procédés traditionnels ou des techniques de déshydratation osmotique ou imprégnation sous vide. Enfin, restent à classer les procédés qui ont plus de mal à trouver leur marché, comme les hautes pressions (que l'on pourrait rattacher à l'appertisation "sans chauffage") ou les champs électriques pulsés, mais qui préservent généralement bien les micro-nutriments fragiles.

Les teneurs finales en micronutriments résultent des traitements subis et de la conservation, mais aussi d'autres conditions imposées par la logistique.

. L'épluchage

Ce traitement est un facteur majeur, mais très peu étudié en tant que tel, de la variation des teneurs de nombreux composés. Beaucoup de micronutriments étant plus concentrés dans les parties externes des fruits et légumes, le parage, l'épluchage ou le raffinage induisent des pertes marquées : par exemple en flavonoïdes et anthocyanes, mais aussi en caroténoïdes (plus concentrés dans l'épiderme de tomate ou les feuilles externes des légumes-feuilles), en vitamine C, en fibres, en glucosinolates...

. La conservation du végétal vivant – Première et quatrième gamme

Un des points importants concernant le végétal vivant est la prise en compte de l'évolution des compositions aux alentours de la date de récolte. Les produits de 1^{re} gamme sont souvent cueillis précocement pour conserver une texture ferme et résister aux nombreuses manipulations, au transport et à des conservations prolongées. Cette récolte anticipée par rapport à la maturité physiologique peut être au détriment des qualités organoleptiques et de certaines qualités nutritionnelles. Pour les composés d'intérêt qui s'accumulent au cours du développement, les teneurs seront plus faibles : c'est le cas en particulier des sucres et arômes dans de nombreux fruits (d'où une diminution du potentiel gustatif), mais aussi de micronutriments comme les caroténoïdes, la vitamine C, certains polyphénols (anthocyanes). Pour les composés qui s'accumulent précocement et ont tendance à diminuer à maturité (certains polyphénols comme les flavonols ou les flavanols, les folates dans les légumes-feuilles), le phénomène contraire sera observé.

Le stockage des produits frais (lié à la logistique) conduit, pour les nutriments et produits fragiles, à des pertes telles que les teneurs finales sont souvent inférieures à celles mesurées dans des produits appertisés ou surgelés, qui sont, eux, récoltés à maturité optimale et stabilisés rapidement.

Les traitements disponibles pour la conservation du végétal vivant sont limités : le contrôle des conditions de l'environnement (température, teneurs en oxygène et gaz carbonique pour diminuer la respiration, humidité) ne suffit souvent pas, et des traitements chimiques (fongicides, insecticides, anti-germination...) sont encore largement utilisés pour prolonger la durée de stockage. Diverses solutions alternatives sont toutefois testées (Encadré 10).

Encadré 10. Nouveautés en post-récolte et incidence sur la qualité

Un certain nombre de traitements alternatifs aux traitements chimiques classiques (dont certains sont en voie d'interdiction) sont étudiés, notamment depuis deux décennies :

- l'emploi de nouvelles molécules actives à très faible concentration, qui minimisent le risque de résidus.
- l'utilisation de l'éthanol, molécule classée GRAS (Generally Recognized As Safe), qui possède des propriétés anti-oxydantes et a montré divers effets positifs sur la conservation des fruits et légumes. Son développement se heurte toutefois à plusieurs problèmes : économiques et sanitaires, d'acceptabilité, d'absence d'intérêt commercial due à la difficulté de breveter et au coût des dossiers d'autorisation de traitement.
- l'emploi de composés d'origine naturelle, et notamment des "bio-fumigants" (cinnamaldéhyde, hexénal, eugénol, anisaldéhyde...). Leur manipulation reste délicate et ils peuvent donner des goûts marqués (l'eugénol donne un goût de clou de girofle, par exemple).
- la "bio-lutte" ("biocontrol" en anglais), qui consiste par exemple à ajouter des levures qui colonisent les surfaces des fruits et limitent le développement de champignons pathogènes..
- les traitements ponctuels à l'eau chaude ou à la vapeur, souvent très rapidement après récolte .
- l'utilisation de l'ionisation, qui retrouve de l'intérêt avec les restrictions à l'utilisation de certains produits, comme le bromure de méthyle. Cette technologie présente l'avantage de ne laisser aucun résidu, mais n'est pas encore bien acceptée par les consommateurs.

. L'impact des traitements thermiques – Deuxième et cinquième gamme

Les taux de rétention des différents composés sont éminemment variables selon la nature chimique du composé et le mode de cuisson utilisé. Schématiquement, quatre classes peuvent être distinguées :

- des composés sensibles à la température et à l'oxydation : vitamine C, caroténoïdes ;
- des composés hydrosolubles susceptibles d'être perdus par diffusion dans les liquides de cuisson (lavage, blanchiment...) : folates, vitamine C, glucosinolates, certains polyphénols ;
- des composés nécessitant une étape de conversion enzymatique, qui sera bloquée par le traitement thermique : glucosinolates, capsaïcines, alliïcines ;
- des composés finalement peu sensibles : fibres (qui subissent une réorganisation interne entre fibres solubles et insolubles), certains polyphénols.

Etant donnés les nombreux croisements possibles entre composé, espèce végétale et mode de cuisson (avec des couples temps / température variables, et la présence ou non de liquide), il n'est possible de donner que des tendances. Globalement, parmi les différents modes de cuisson possibles, ceux mettant peu le fruit ou légume en contact avec de l'eau de cuisson ensuite jetée semblent préférables. Au niveau industriel, les contacts végétal / eau "perdue" peuvent avoir lieu :

- au moment du blanchiment ; un blanchiment à la vapeur est donc préférable ;
- lorsque la mise en boîte se fait avec un liquide, les micro-nutriments solubles se répartissent entre morceaux et jus, ensuite éliminé lors de la consommation.

Les étapes purement thermiques (cuisson, concentration...) ont au final relativement peu d'impact, et ce d'autant plus qu'elles ont lieu en absence d'air.

Des procédés innovants ont été testés à l'échelle industrielle (hautes pressions, champs électriques pulsés, chauffage ohmique, cuisson micro-onde) : ils semblent généralement permettre une meilleure préservation des nutriments, mais les études sont encore lacunaires.

. La conservation par le froid - Troisième gamme

Les produits surgelés subissent trois étapes :

- une étape préparatoire d'épluchage et blanchiment ;
- une conservation de longue durée à des températures négatives. Bien que les réactions chimiques soient fortement ralenties par les basses températures, certains composés peuvent s'altérer au cours des temps de conservation longs qui peuvent être alors subis, et ce d'autant plus que les emballages utilisés ne font pas barrière à l'oxygène. La valeur absolue des températures et leurs fluctuations peuvent avoir un impact ; cet effet se remarque par exemple pour les caroténoïdes.
- la décongélation, qui peut avoir un effet majeur, selon la façon dont elle est conduite et la présence ou non d'activités enzymatiques résiduelles. C'est typiquement le cas des glucosinolates, qui peuvent disparaître totalement à la décongélation si le produit n'a pas été correctement blanchi avant congélation, ou des folates.

. Les produits déshydratés

Le séchage traditionnel (au soleil ou dans des étuves ventilées) a lieu pendant des temps longs et en présence à la fois d'oxygène (air) et d'enzymes des F&L. Il conduit donc à des pertes très marquées en vitamine C, en caroténoïdes, en certains polyphénols.

. Les jus et produits liquides

Les traitements thermiques appliqués aux jus ont des barèmes de pasteurisation très bas (températures faibles, temps courts) et interviennent très tôt, ce qui permet une très bonne préservation des vitamines et nutriments (sauf en cas de procédé visant une modification de composition, par exemple pour la désamérisation des jus d'agrumes). Par contre, presque par définition, la préparation de jus conduit à l'élimination des fibres alimentaires. La vitamine C peut intervenir en tant qu'auxiliaire de fabrication (agent anti-brunissement).

. La transformation domestique

En général, c'est la cuisson à la vapeur qui permet une meilleure rétention, en opposition à la cuisson dans un grand volume d'eau. En ce qui concerne les micro-ondes, les résultats sont contradictoires. Enfin la friture entraîne peu de pertes par diffusion mais utilise des températures généralement plus élevées.

Pour les légumes consommés cuits, les cuissons utilisant peu de liquides sont à privilégier. Pour les légumes consommés crus, la découpe des tissus permet aux enzymes oxydatives de s'exprimer pleinement. Tout temps d'attente prolongé sera donc préjudiciable, notamment pour la vitamine C.

2.3.3. Conclusions

Le choix des procédés post-récolte a été guidé jusqu'à présent par des considérations d'hygiène, de stabilité et d'aspect, avec une préservation ou une mise en valeur des qualités organoleptiques. Les teneurs en micro-nutriments n'ont donc pas été davantage au cœur de l'innovation "procédés" qu'elles n'ont pu l'être pour la sélection, excepté lorsqu'il existait des enjeux de goût (désamérisation) ou de couleur.

Si les données existantes ne permettent pas d'établir, de façon systématique, le bilan intégré des effets des traitements post-récolte, quelques grandes tendances ressortent des analyses.

. La sensibilité différente selon les composés

Globalement, deux groupes de nutriments peuvent être distingués : des molécules vulnérables (folates, vitamine C, glucosinolates, anthocyanes) et des molécules plutôt stables (fibres, caroténoïdes, autres polyphénols). Ces composés seront donc plus ou moins préservés dans les différentes gammes. Ce critère sera plus ou moins important selon que le bénéfice attendu de la consommation de F&L repose sur l'ingestion de composés fragiles ou plus stables, ou principalement sur la faible densité énergétique des produits. Dans ce dernier cas, d'autres critères (goût, praticité, prix...) peuvent devenir prédominants dans l'intérêt relatif des différentes gammes et les choix des consommateurs.

. L'importance de l'épluchage et du stockage

Ces deux étapes sont souvent négligées, alors qu'elles ont un impact majeur :

- l'épluchage élimine les constituants ayant des répartitions spécifiques, avec des concentrations supérieures dans les parties externes, en lien avec leurs propriétés de protection (contre les UV, les ravageurs...).
- l'étape de stockage et conservation n'est absolument pas neutre, notamment pour les 1^{re} et 4^e gammes : le végétal vivant puise dans ses réserves.

En réduisant la durée de conservation, les circuits courts sont donc plus favorables à la préservation des phytonutriments ; ils permettent de plus une récolte plus proche de la maturité. Par contre, ils impliquent de respecter la saisonnalité des productions ou bien de recourir à des méthodes intensives (serres, éventuellement chauffées).

. Comparaison entre produits frais et transformés

Le stockage des produits frais (lié à la logistique) conduit à des pertes telles pour les nutriments et produits fragiles que les teneurs finales en composés bioactifs sont comparables ou plus élevées dans des produits appertisés ou surgelés (s'ils ne subissent pas de deuxième transformation). Les stockages prolongés impliquent généralement l'utilisation de produits phytosanitaires, malgré une recherche active de solutions alternatives.

En règle générale, dans les tissus végétaux sensibles - l'exemple type étant l'épinard -, et pour un produit transformé de 2^e ou 3^e gamme, la stabilisation effectuée dans les heures suivant la récolte permet d'apporter au consommateur des teneurs en micronutriments plus élevées que celles qu'il pourra trouver dans un produit certes "frais" mais ayant subi une chaîne logistique d'environ une semaine, plus des transports ultérieurs avec ruptures de chaîne du froid. Pour les composés oxydables, la stabilité en cours de conservation peut être meilleure en appertisé qu'en surgelé, dans la mesure où l'emballage (boîte métallique *versus* emballage plastique) permet une exclusion totale de l'oxygène.

En fait, il ne faudrait pas opposer produits frais et transformés mais pouvoir prendre en compte l'ensemble de l'itinéraire suivi par le F&L, depuis sa date de récolte jusqu'à la préparation domestique, de façon à intégrer les différentes opérations unitaires et leur séquence.

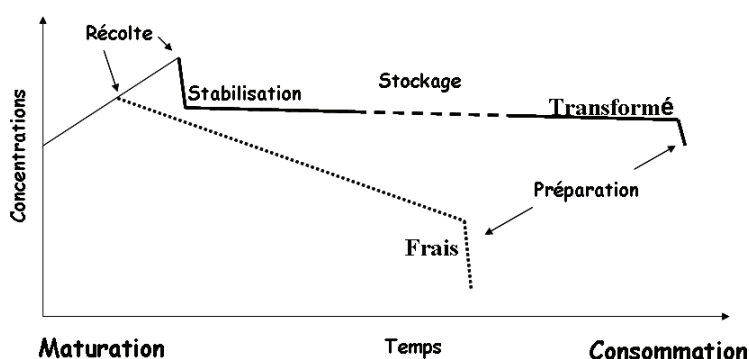


Figure 4. Evolution des teneurs en composés, selon le devenir post-récolte du produit

. Des interactions largement inconnues

Si la composition des fruits et légumes frais à la récolte est maintenant assez bien connue, il reste de nombreuses inconnues sur l'évolution des micronutriments dans le temps et au cours des transformations, y compris les plus classiques. De plus, l'effet des interactions entre ces constituants eux-mêmes et entre ces constituants et la matrice végétale est très peu exploré. Par exemple, l'oxydation des caroténoïdes est-elle modifiée en présence de polyphénols ? La déstructuration de cette matrice par des traitements physiques ou thermique permet-elle une meilleure diffusion des micronutriments ou au contraire conduit-elle à leur insolubilisation sous forme de complexes néoformés ? Une approche plus intégrative serait nécessaire pour comprendre l'impact final en termes de (bio)disponibilité des micronutriments.

Tableau 3. Sensibilité des composés aux traitements post-récolte

Traitements et leurs effets Composés	Susceptibilité à la dégradation, aux pertes par diffusion...	Concentration dans les parties externes (élimination par l'épluchage)	Evolution à l'approche de la maturité	1 ^{re} et 4 ^e gammes Conservation du tissu vivant	2 ^e et 5 ^e gammes Traitements thermiques	3 ^e gamme Conservation par le froid	Autres (jus, déshydratation...)
Acide ascorbique	Sensible à la chaleur et à l'oxydation ; Soluble		↗	↘ (découpe)	↘↘	↘	0 (jus) ↘↘↘ (déshydratation)
Caroténoïdes	Sensible à la chaleur et à l'oxydation	Oui	↗↗	↘	↘	↘ (stockage prolongé, emballage)	+/- (jus) ↘ (déshydratation)
Glucosinolates	Soluble ; Nécessite une conversion enzymatique	Oui	↗	↗ (découpe)		↘↘ possible (décongélation)	
Folates	Soluble			↘↘	↘↘	↘ possible (décongélation)	
Fibres alimentaires		Oui		→	→	→	↘ (jus)
Polyphénols :							
Acides hydroxy-cinnamiques	Sensible à l'oxydation enzymatique	Oui	↘	↘ (découpe)	↘	→	↘
Anthocyanes	Sensible à la chaleur et à l'oxydation	Oui	↗	↘	↘	→	↘↘
Autres flavonoïdes	Sensibilité variable à la chaleur et à l'oxydation	Oui	↘	↘ (découpe)	↘	→	↘
Capsaïcines	Nécessite une conversion enzymatique				↘		↘↘ (déshydratation)

Encadré 11. Trois exemples contrastés de réponse à la conservation et à la transformation : du produit fragile (épinard) au produit résistant (pomme)

Les feuilles d'**épinard** sont un tissu végétal récolté alors que le métabolisme est dans une phase active – ce qui se manifeste par des évolutions marquées de leur composition selon l'âge à la récolte. Elles sont riches en acide ascorbique et folates, ainsi qu'en caroténoïdes. Après cueillette, ces feuilles évoluent rapidement : leur durée de vie commerciale est de l'ordre de 10 à 15 jours. Durant cette conservation, même au froid et en atmosphère contrôlée, elles vont perdre la quasi-totalité de leur acide ascorbique et la majorité des folates ; elles subiront aussi des pertes en caroténoïdes, bien que les résultats semblent plus variables. Lors de leur transformation, le principal mécanisme de modification des teneurs en composés nutritionnels est le lessivage, aboutissant à des pertes marquées en folates et en acide ascorbique. De très bonnes rétentions sont donc obtenues quand les étapes de blanchiment et de cuisson ne se font pas en présence d'un grand volume d'eau. Les teneurs en caroténoïdes restent stables, avec une légère conversion en isomères cis, plus biodisponibles.

Le composé caractéristique de la **tomate** est le lycopène. Ses teneurs augmentent avec la couleur rouge, et les valeurs atteintes sont similaires que le produit ait été récolté rouge, orange ou vert, à condition que la conservation n'ait pas lieu à des températures trop froides. A partir de ce stade rouge, les teneurs décroissent lentement. La vitamine C évolue de façon assez similaire : augmentation pendant la phase de maturation tant cueillie que sur la plante, puis diminution. Les quantités de lycopène détectées augmentent, de même que sa biodisponibilité, après des traitements thermiques modérés tels ceux utilisés industriellement. Des traitements thermiques poussés, le contact avec de l'huile, causent une diminution des teneurs en lycopène. La vitamine C est nettement plus vulnérable, mais plus de la moitié persiste après des traitements poussés (concentré, cuisson au four). Par contre toutes les étapes éliminant la peau induisent des pertes très nettes des deux composés.

La **pomme** est caractérisée par des teneurs élevées en polyphénols, même si les pommes de table en contiennent relativement peu, en raison du caractère amer et astringent de certaines de ces molécules. Les teneurs en polyphénols changent s'il y a élimination de la peau ou des parties solides : dans les pommes de table, on a pu calculer que les polyphénols se répartissent à parts à peu près égales entre la peau et la chair ; les jus contiennent moins du tiers des polyphénols du fruit. Les différentes variétés de pommes contiennent des quantités variables mais faibles d'acide ascorbique. Celui-ci diminue lentement lors de la conservation (jusqu'à 6 mois au froid, 10 mois en atmosphère contrôlée) tandis que les polyphénols apparaissent remarquablement stables. Lors de la transformation, certains procédés incluent l'addition de doses massives d'acide ascorbique, pour préserver une couleur claire. Celui-ci est alors largement consommé au cours du traitement ou de la conservation, mais les teneurs finales restent supérieures à celles du fruit.

2.4. Conclusions : les voies d'amélioration des caractéristiques nutritionnelles des fruits et légumes

La variabilité génétique est le facteur majeur de variation des teneurs en métabolites secondaires des F&L, mais la sélection génétique est intrinsèquement une voie de long terme (jusqu'à 20 ans pour avoir des vergers en production), surtout si le recours à la transgénèse n'est pas une option retenue. Outre des problèmes éventuels d'inscription au catalogue ou de réglementation, la création de variétés enrichies en nutriments particuliers nécessiterait de s'assurer que les F&L présentant des valeurs extrêmes restent dans le type attendu et ne conduisent pas à des risques toxiques ou à des rejets par le consommateur.

Les facteurs de l'environnement peuvent aussi faire varier, dans une moindre mesure, les teneurs en micronutriments, et cette approche est potentiellement nettement plus rapide, surtout pour des plantes annuelles. Toutefois, les mécanismes d'action de ces facteurs restent mal connus, et il ne faut pas négliger l'inertie des habitudes et des infrastructures préexistantes.

Les pertes en cours de stockage et de transformation sont très variables selon l'itinéraire suivi. Les transformations industrielles de type appertisé ou surgelé permettent de disposer toute l'année de F&L variés ; elles permettent globalement une bonne préservation des qualités organoleptiques et nutritionnelles. Cependant, les différentes gammes ne se prêtent pas à tous les usages culinaires, surtout pour les fruits.

Il semble difficile de s'engager dans des voies très ciblées tant que persistent de fortes incertitudes sur l'intérêt nutritionnel des différents composés. Quelques rares phytonutriments (glucosinolates, chalcones, tannins) ont un goût jugé désagréable par de nombreux consommateurs ; en augmenter les concentrations pourrait être contre-productif. Augmenter la synthèse et la préservation des micronutriments constitue un objectif plus ou moins important selon que le bénéfice attendu de la consommation de F&L repose sur l'ingestion de composés fragiles ou plus stables, ou principalement sur la faible densité énergétique des produits. Dans ce dernier cas, d'autres critères (goût, praticité, prix...) peuvent devenir prédominants dans l'intérêt relatif des différentes gammes et les choix des consommateurs.

3. Les déterminants de la consommation et les obstacles

La stagnation de la consommation de F&L en France au cours de la dernière décennie, alors même que des campagnes publiques de promotion de la nutrition et de la santé visent à développer cette consommation, atteste de la présence d'obstacles et de rigidités. Ce chapitre a pour but d'identifier, à travers la revue de la littérature, les principaux déterminants de la consommation et en particulier ceux qui peuvent constituer des obstacles au niveau du consommateur. Les facteurs découlant des stratégies commerciales du côté de l'offre seront examinés au chapitre 5.

Les déterminants de la consommation sont de plusieurs ordres : individuels, économiques et sensoriels. Ils sont aussi liés aux représentations associées aux F&L. Les études ne considèrent pas simultanément l'ensemble de ces dimensions et on ne dispose donc pas d'indication sur la hiérarchie de ces différents facteurs.

L'identification de ces déterminants et la mesure de leur impact fait appel à des méthodes variées. Pour les facteurs d'ordre "objectif" tels que les caractéristiques socio-démographiques ou les variables d'environnement économique, les études utilisent les données statistiques nationales et internationales et établissent des liens de corrélation³ avec le niveau de consommation de F&L. Il faut noter que dans un certain nombre de travaux, la consommation de F&L n'est pas étudiée en tant que telle, mais fait partie d'un indice composite de "bonne alimentation" (Healthy Eating Index). Pour les déterminants d'ordre "subjectif", les études se fondent sur des enquêtes auprès de consommateurs qui recueillent des données déclaratives. Enfin des éléments sur les attitudes et perceptions, en particulier sensorielles, peuvent être obtenus par des démarches expérimentales, plaçant le consommateur en situation.

3.1. Des déterminants individuels de la consommation

Les études sur les déterminants individuels de la consommation proviennent en majorité de la littérature d'origine nutritionnelle, car les données socio-économiques sur la consommation, issues d'enquêtes au niveau des ménages, n'enregistrent pas les consommations individuelles. Les études sur les effets prix et revenus parues au cours des 10 dernières années sont peu nombreuses : une dizaine seulement fournit des calculs d'élasticités. Des rapports techniques (Ministères de l'agriculture américain et britannique, Observatoire de la pauvreté et de l'exclusion sociale français) fournissent également des estimations qui ont été utilisées ici. N'ont pas été retenus, en revanche, les travaux portant sur des pays dont les consommations paraissent trop éloignées de celles des pays développés occidentaux, ni les études fondées sur un échantillon de taille réduite ou peu représentatif.

3.1.1. Age et génération

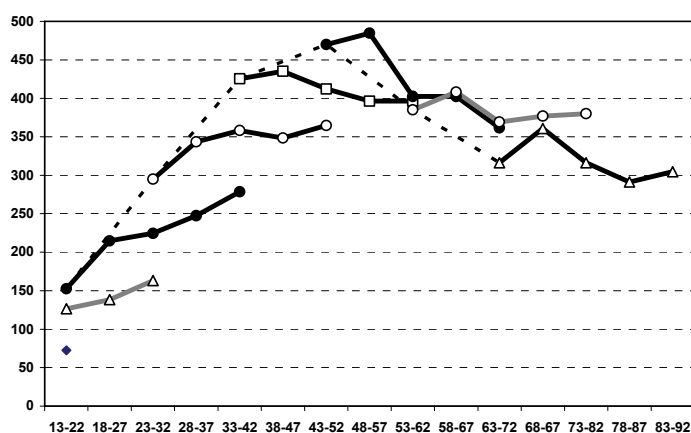
Parmi tous les facteurs socio-démographiques corrélés à la consommation des F&L, l'âge ressort clairement comme l'un des plus importants. Chez les adultes, on observe des corrélations positives entre l'âge et à la fois les quantités et la variété des F&L consommés. En France, l'étude INCA1 montre une nette augmentation de la consommation de F&L (hors pommes de terre) avec l'âge chez les adultes, du moins jusqu'à 55-65 ans. Dans les autres pays d'Europe du Nord, on observe également une consommation de F&L plutôt plus faible chez les jeunes adultes, celle des plus âgés étant, selon les pays, plus forte ou inférieure à celle de la tranche d'âge intermédiaire. Les enfants sont de moindres consommateurs de F&L, sans différence marquée selon le sexe. En France, l'étude INCA1 ne montre pas de différence de consommation de F&L entre garçons et filles, ni selon l'âge des enfants entre 6 et 14 ans.

L'effet de l'âge est beaucoup plus marqué pour les fruits et légumes frais que pour les conserves et les surgelés, mais les profils d'évolution sont en général proches : la consommation croît régulièrement jusque vers 60-65 ans, et diminue ensuite. Le point important est de bien distinguer les effets de cycle de vie de ceux de génération : les jeunes générations, à âge égal, consomment moins de F&L que leurs aînés, notamment des produits frais (Encadré 12). Si ces générations conservent leurs habitudes spécifiques, leur consommation augmentera beaucoup moins que celle des générations précédentes, une tendance porteuse à terme d'une baisse de la consommation.

3. La corrélation mesure l'existence d'un lien statistique entre 2 variables. La limite de significativité retenue n'est jamais inférieure à 90%. Généralement issu d'un calcul statistique de régression, ce lien est établi "toutes choses égales par ailleurs", c'est-à-dire contrôlé par l'ensemble des variables explicatives introduites dans la régression. Elle est utilisée pour établir les poids respectifs des différents déterminants socio-démographiques et économiques de la consommation de fruits et légumes. Elle ne peut établir de lien causal.

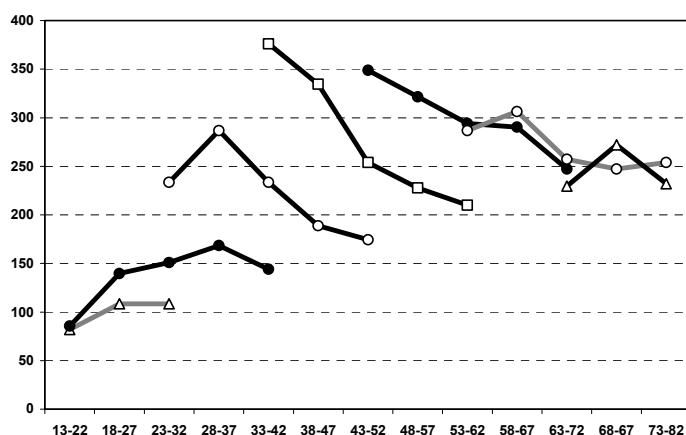
Encadré 12. Les effets d'âge et de génération

Dépenses pour les fruits frais : effets d'âge et de génération
(euros constants 1995, par ménage et par an)



La courbe en pointillés indique l'évolution de la consommation en fonction de l'âge en 1979. Les courbes en traits pleins sont des cohortes de générations suivies de 1979 à 2000. Les trajectoires des générations les plus jeunes sont en dessous de la courbe en pointillés, ce qui signifie qu'en vieillissant ces générations n'atteignent pas le niveau de consommation des générations précédentes.

Fruits frais : effets d'âge et de génération, 1^{er} quartile de revenu



Pour les personnes appartenant au quartile de revenus les plus bas, l'effet de génération est très marqué, et surtout la consommation de fruits frais décroît avec l'âge pour les générations intermédiaires, ce qui n'est pas le cas pour l'ensemble de la population, ni a fortiori pour les ménages appartenant au quartile des plus hauts revenus (non représentés ici). Le même phénomène peut être observé pour les légumes frais.

Source : Enquêtes BDF 1979, 1984, 1989, 1995, 2000 (INSEE), traitement CREDOC

3.1.2. Les autres caractéristiques socio-démographiques : sexe, statut marital, origine ethnique

De nombreuses études, sur plusieurs continents, font état d'une plus forte consommation de fruits ainsi que de légumes chez les femmes. En France, l'étude INCA1 ne montre pas de différence significative de *consommation moyenne* de fruits ou de légumes (hors pommes de terre) entre hommes et femmes ; cependant, comme la ration alimentaire des hommes est supérieure de 13%, la *contribution des F&L* à l'alimentation totale est plus élevée chez les femmes.

Les personnes mariées ou vivant en couple ont une consommation de F&L supérieure. L'importance de l'origine ethnique est mise en évidence dans les travaux américains qui relèvent ce type de données : les ménages d'origine hispanique, asiatique ou afro-américaine ont une consommation de F&L supérieure, avec une plus grande variété. En France, où les statistiques ne permettent pas d'appréhender ce critère, des approches indirectes suggèrent que les populations immigrées en provenance d'Europe du Sud conservent des habitudes alimentaires méditerranéennes, caractérisées par une consommation importante de F&L, malgré un statut socio-économique plus faible que celui de la population générale.

3.1.3. Les styles de vie : habitudes alimentaires et ressources en temps

Des travaux établissent un lien positif entre la consommation de F&L dans l'enfance et la consommation une fois adulte, ainsi qu'avec d'autres habitudes, alimentaires ou non : la faible consommation d'alcool et le non-tabagisme, indépendamment des effets de statut social. On retrouve ici les corrélations qui rendent difficile l'identification des effets dans les études épidémiologiques d'observation.

La disponibilité de temps est une contrainte économique fondamentale pour la consommation de F&L. En l'absence de données sur le temps consacré à l'approvisionnement et à la préparation des repas, cette contrainte est appréhendée indirectement. L'activité professionnelle des 2 conjoints et la présence d'enfants, assimilées à

une contrainte de temps, ont une influence négative sur la variété de légumes consommés et/ou la probabilité de consommer des fruits frais. Dans la même logique, la probabilité d'achat de produits préparés augmente avec le niveau d'éducation, qui est un indicateur de la valeur du temps, soit, dans ce cas, d'un coût d'opportunité élevé.

3.1.4. Les F&L comme "marqueur social" : statut socio-économique, revenu, éducation

Les consommations de F&L sont généralement associées positivement à un statut socio-économique (SSE) élevé, défini principalement par la profession individuelle ou celle du chef de ménage. En France, les études mettent en évidence une faible consommation de F&L (surtout frais et surgelés, mais pas en conserve) et de jus de fruits, ainsi qu'une moindre variété, dans les catégories de faible SSE. De nombreux travaux dans plusieurs pays d'Europe confirment cette tendance pour les pays non méditerranéens, y compris la France. Dans les pays forts producteurs et consommateurs de F&L (Grèce, Espagne, Portugal, Pologne et Hongrie), on observe un gradient inverse, à savoir une plus forte consommation de F&L par les personnes de faible SSE.

L'influence positive sur la consommation de F&L se retrouve pour le revenu et le niveau d'éducation, 2 variables fortement associées au statut socio-économique. Plusieurs études confirment que les populations pauvres consomment moins de F&L. En France, la consommation des ménages du 1^{er} quartile de revenu est toujours inférieure à celle de l'ensemble de la population. Les différences sont très fortes au niveau des fruits (-50%) et légumes frais, et existent aussi pour les légumes surgelés, ainsi que pour les confitures et compotes. En revanche, les légumes et fruits en conserve sont achetés en quantité équivalente.

Les études européennes montrent que les consommateurs ayant un niveau d'éducation élevé consomment plus de fruits et de légumes (et plus variés) que ceux à niveau d'éducation faible, excepté dans quelques pays méditerranéens où la consommation de F&L est plus courante. L'éducation est en effet un bon indicateur des connaissances nutritionnelles qui exercent un effet positif sur les achats de F&L et orientent le choix des produits. Des travaux américains montrent que l'impact de l'éducation peut être supérieur à celui du revenu.

D'autres travaux mettent en exergue l'importance des normes pour expliquer la différenciation de la consommation et la réaction face à la nouveauté. Les F&L, selon le produit considéré et la forme sous laquelle il est commercialisé (degré de préparation, portion, packaging...) peuvent relever d'une alimentation traditionnelle ou moderne.

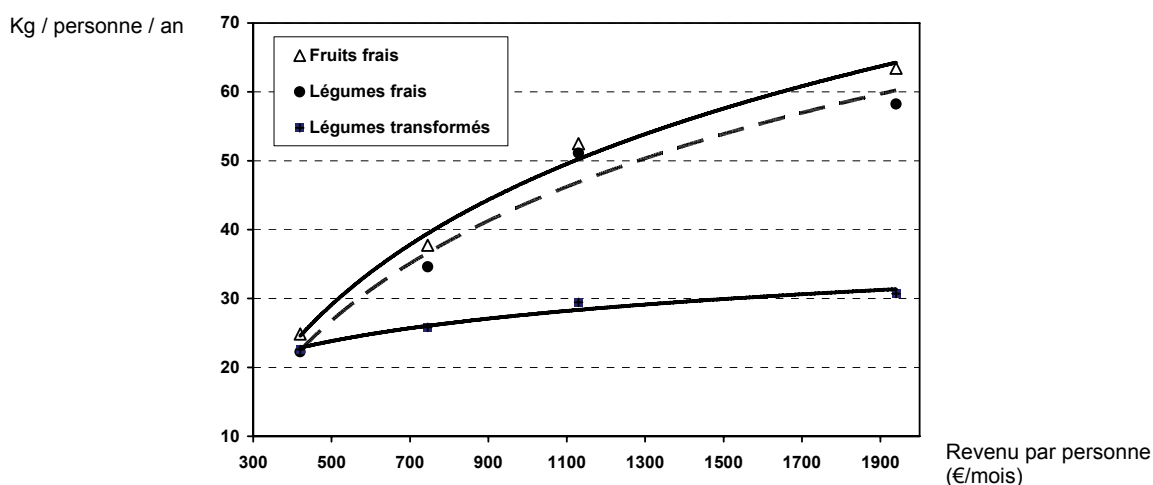


Figure 5. Effet du revenu sur les achats de F&L (2005)
(Source : TNS Worldpanel, traitement INRA)

3.2. Des obstacles économiques

3.2.1. La place des F&L dans le budget alimentaire des ménages

En France, les F&L représentent 12% du budget alimentaire des ménages, soit moins que la viande (23%) et les produits céréaliers (16%), mais autant que les produits laitiers. L'élasticité de la consommation de F&L par rapport à la dépense alimentaire totale est légèrement supérieure à 1, ce qui signifie qu'un accroissement de 1% du budget alimentaire entraînerait une augmentation des dépenses pour les F&L supérieure à 1% (Encadré 13). En cas d'accroissement du budget alimentaire, les ménages accorderaient donc une certaine priorité aux légumes et dans une moindre mesure aux fruits. La comparaison des élasticité montre cependant que la priorité serait plus élevée pour la viande et le poisson. Il reste que, plus globalement, les élasticité montrent aussi que le budget consacré à l'alimentation n'est lui-même pas vraiment une priorité lorsque le revenu des ménages augmente.

Encadré 13. Les mesures d'élasticité

L'élasticité mesure la variation d'une variable en réponse à la variation d'une autre variable. Elle permet de comprendre et d'anticiper la réponse des consommateurs à la manipulation de diverses variables économiques, et en particulier au prix des produits, au revenu et à la dépense (le budget alimentaire ou global). Pour les biens alimentaires, on s'attend à ce que la demande d'un bien diminue lorsque son prix augmente (élasticité-prix négative) et qu'elle augmente lorsque le revenu ou la dépense croissent (élasticité-revenu ou élasticité-dépense positive).

Le calcul d'élasticités-prix est particulièrement stratégique : il permet de mesurer les variations de la demande d'un bien par rapport aux variations de son propre prix, mais aussi du prix des autres biens. Par ce biais, il permet de déterminer les substitutions ou complémentarités entre biens : l'augmentation du prix d'un produit, tout en induisant une diminution de la quantité demandée de ce produit, peut entraîner une augmentation de la quantité demandée d'un autre bien (substitution) ou une diminution (complémentarité). En fournissant des ordres de grandeur de l'impact de diverses variables économiques, et notamment l'influence respective du prix et du revenu sur différents produits, la connaissance des élasticités permet d'orienter les choix de politique économique vers des interventions plutôt sur les marchés (les prix) ou plutôt sur la demande (le revenu), ainsi que de comparer la sensibilité de plusieurs segments de demande (sous-populations) ou d'offre (catégories de produits) aux variables économiques.

L'hétérogénéité des élasticités

Au niveau de catégories agrégées (F&L, ou F, ou L), on observe une variabilité importante des élasticités avec un écart pouvant aller de 1 à 3 mais centrées autour de 1 (entre 0,5 et 1,5). Au niveau de fruits ou légumes spécifiques, les élasticités peuvent atteindre des valeurs plus élevées. On ne relève pas non plus de différence systématique entre les élasticités calculées pour les fruits ou les légumes, pour les produits frais ou les produits transformés.

La hiérarchie des valeurs des effets prix et revenu ou dépense, soit la pertinence comparée de politiques de prix ou de revenu, dépend aussi des études, et des termes de comparaison (les élasticités-revenu sont par construction inférieures aux élasticités-dépense). Dans les travaux consultés, les élasticités-prix sont supérieures aux élasticités-revenu en France, en Espagne et en Grande-Bretagne. Les travaux américains ne fournissent pas les élasticités-revenu mais dépense, et celles-ci sont en général supérieures aux élasticités-prix. Une différence intéressante est que sur les données des Etats-Unis, fruits et légumes sont des produits complémentaires : une augmentation du prix des fruits induit une diminution de la consommation de fruits et de légumes. Sur les données françaises, les fruits et les légumes sont des produits substitués : une augmentation du prix des fruits entraîne une baisse de la consommation de fruits et une augmentation de celle de légumes. Notons toutefois que dans les 2 cas, ces relations sont de faible intensité.

La demande de fruits et légumes : Elasticités-prix et dépense/revenu* au niveau agrégé

Données	Catégories d'analyse	Elasticités-prix direct non compensées (Min/Max)	Elasticités-dépense alimentaire (Min/Max)	Elasticités-revenu (Min/Max)
EUROPE				
Danemark 1997-2000	4 classes sociales	F : - 0.68 / -1.27 L : -1.14 / -1.47		
Espagne	4 tailles de zone de résidence	F : - 0.55 / - 0.77 L : - 0.30 / - 0.46		F : 1.01 / 1.21 L : 0.82 / 1.22
France 1978-1991		F : - 0.70 L : - 0.92	F : 1.07 L : 1.25	
France 1997	1 ^{er} quartile de revenu / total	F frais : - 0.89 / -1.06 L frais : - 0.82 / -1.06 F en conserve : -1.15 / - 0.79 L en conserve : -1.03 / -1.01	F frais : 0.93 / 1.20 L frais : 0.94 / 1.23 F en conserve : 1.53 / 1.55 L en conserve : 1.12 / 0.52	F frais : 0.22 / 0.40 L frais : 0.22 / 0.41 F en conserve : 0.37 / 0.52 L en conserve : 0.27 / 0.18
France 2000-01	sous le seuil de pauvreté/total			F : 0.89 / 0.37 L : 0.30 / 0.24
Grande-Bretagne 1988-2000		F frais : - 0.29 L transformés : - 0.6		
Grande-Bretagne 1998-2000				F frais : 0.30 L transformés : 0.12
AMERIQUE				
Canada 2001		F : - 0.85 L : - 0.65	F : 1.28 L : 1.31	
Canada 2002	6 régions	F : - 0.86; L : - 0.87	F : 1.13 L : 0.87	
Etats-Unis 1996-97	bénéficiaires de coupons de F&L	- 0.71 / - 0.74	1.03 / 1.04	
Etats-Unis 2000	8 régions	F frais : - 0.67 L frais : - 0.89	F frais : 1.09 L frais : - 0.86	

* Les élasticités reportées sont significatives jusqu'au seuil de 10%.

. La consommation de F&L en restauration hors foyer

La part de la restauration hors foyer s'accroît : les repas à l'extérieur représentaient 22% des dépenses alimentaires en 2000-01, contre 18% en 1995 (INSEE, Budget de Famille). Parmi ceux-ci, la restauration collective représente 33% du marché en valeur en 2004. Globalement, l'élasticité au revenu est plus forte pour la consommation hors domicile que celle au domicile. En revanche on ne dispose d'aucune étude permettant de comparer les élasticités d'un même aliment entre ses lieux possibles de consommation (domicile/extérieur).

Cependant le recours croissant à la consommation hors du foyer a des conséquences importantes sur la consommation de F&L. Aux Etats-Unis, cette évolution constitue un frein : $\frac{1}{3}$ des calories journalières sont préparées à l'extérieur, et les F&L en représentent une part très réduite ($<\frac{1}{2}$ portion de fruits et $\frac{1}{4}$ portion de légumes). Le rôle de la concurrence entre aliments est avéré. Une étude française sur la consommation de garçons de 7-16 ans en restauration scolaire souligne que les fruits pâtissent de la concurrence avec les pâtisseries, et les jus de fruits avec les sodas. A l'école, l'introduction de la restauration à la carte et la présence de distributeurs de snacks a un impact négatif sur la consommation de F&L.

. Le prix des fruits et légumes limite le niveau de leur consommation

L'évolution des indices de prix montre qu'en France le prix des F&L frais a augmenté davantage que la moyenne des prix alimentaires tout au long des 40 dernières années. Cette augmentation est particulièrement marquée pour les légumes (voir la Figure 1 du chapitre introductif).

Les consommateurs sont très sensibles aux prix des F&L. En France, les élasticités obtenues sur des systèmes de demande complets font apparaître que les ménages réagissent davantage aux prix des légumes qu'à celui des autres postes alimentaires, et notamment qu'au prix des fruits. Aux Etats-Unis, on constate des élasticité-prix plus élevées pour les F&L que pour la plupart des autres postes mais elles restent assez faibles (<1). En Grande-Bretagne, on relève des élasticité-prix moins fortes que pour plusieurs autres postes alimentaires.

Les relations de substitution-complémentarité interviennent essentiellement avec les produits carnés (qui sont les postes de plus forte valeur dans le budget alimentaire). En France, une variation du prix des légumes induit un report de la demande sur les produits transformés à base de viande, les produits céréaliers et le fromage. Une variation du prix des fruits provoque un report sur les légumes, contrairement aux résultats nord-américains. L'existence de cette relation de substitution est retrouvée entre fruits frais et légumes (frais, transformés) pour les populations aisées.

3.2.2. Les priorités des populations défavorisées

Les études s'accordent pour différencier les ménages pauvres de l'ensemble de la population, mais le sens des effets ne va pas de soi, en raison notamment des différences d'appréhension de la population "pauvre" ou "défavorisée" (revenu ou autre critère, mode de calcul du seuil de pauvreté...). On manque encore de données et d'études comparables en ce domaine et l'essentiel de la littérature scientifique se compose de travaux américains. On relève, en France comme aux Etats-Unis, la sous-représentation des fruits dans le budget alimentaire des ménages en dessous du seuil de pauvreté.

. Les réponses des populations défavorisées à un accroissement du budget alimentaire ne sont pas toujours favorables aux F&L

Lorsqu'on en reste au niveau agrégé, on observe chez les ménages pauvres le maintien d'une priorité forte pour les F&L : en France, cette priorité est plus marquée pour les fruits que pour les légumes, aux Etats-Unis elle concerne ces deux catégories. Cette constatation doit être nuancée dès que l'on se situe à un niveau plus fin des produits ou à une plus grande désagrégation des niveaux de revenus. Ainsi, les études qui distinguent les F&L selon leur degré de transformation montrent que la demande la plus élastique au revenu pour les ménages pauvres (quartile inférieur de revenu) concerne les produits transformés (fruits ainsi que légumes) et non pas les produits frais.

Au niveau des inégalités sociales, il est utile de distinguer encore entre population pauvre et très pauvre (peut-être caractérisée par de l'insécurité alimentaire). Des travaux identifient une catégorie défavorisée de population (en termes de revenu et de niveau d'éducation, soit 7,5% de la population), en montrant que ses achats de F&L sont globalement insensibles au revenu. Cette absence de priorité se retrouve dans des travaux américains, constatant que les populations proches du seuil de pauvreté répondent peu à une augmentation du revenu. Chez les bénéficiaires de programmes de bons alimentaires, ces travaux relèvent une élasticité dépense des F&L inférieure à celle des produits carnés, des graisses ou de produits sucrés. En France, on ne dispose pas d'étude économétrique sur la consommation des bénéficiaires d'aide alimentaire.

. L'effet des prix sur la consommation des fruits et légumes montre un problème réel d'accessibilité financière pour les ménages défavorisés

Sur le plan normatif, des travaux américains établissent que même les foyers à bas revenu ont un budget suffisant pour leur alimentation et pour un régime "sain", incluant les quantités recommandées de F&L. Le niveau

de dépense alimentaire serait suffisant pour se procurer le "panier alimentaire à coût minimum" calculé aux moyennes nationales des prix pour la consommation au domicile. Cependant l'estimation de ce panier ne tient pas compte de la consommation hors domicile, plus chère et moins adéquate sur le plan nutritionnel. Cette question rejoint le débat sur l'opportunité de conseils sur les pratiques d'achat (choix des variétés et qualités les moins chères, choix du circuit d'approvisionnement), et sur l'éducation à la consommation, qui comporte parfois des aspects moralisateurs.

Or plusieurs études françaises et anglo-saxonnes montrent que le coût des régimes alimentaires est corrélé positivement à leur conformité aux recommandations nutritionnelles, et que le poste F&L est celui qui contribue le plus à cet accroissement du coût. La vérification, à partir d'un modèle de programmation linéaire, qu'un durcissement de la contrainte budgétaire conduit à diminuer très fortement le poids des F&L dans la ration alimentaire, renforce cette hypothèse.

Dans les faits, une étude américaine vérifie aux Etats-Unis une association inverse entre la présence de 27 sortes de fruits ou légumes au foyer et leur prix. En France, pour les ménages du 1^{er} quartile de revenu, on constate que les élasticités-prix sont supérieures pour les produits transformés, moins chers en moyenne que les produits frais. Au sein de la catégorie des F&L, les effets de substitution sont faibles, à la différence de l'ensemble de la population. Sur des échantillons nord-américains, l'effet des prix sur la consommation de F&L est plus marqué chez les ménages pauvres. Au niveau des effets-prix croisés, on observe des effets de complémentarité entre demande de F&L et produits carnés chers tels que le bœuf. Comme pour le revenu, des segments de population très défavorisée peuvent se révéler insensibles au prix des F&L.

3.2.3. Influence de l'environnement (spatial ou commercial)

On sait que la consommation alimentaire en France montre de fortes disparités régionales : les achats de F&L sont plus importants dans le Sud-Est et plus faibles dans le Nord-Est. Les personnes habitant dans de grandes agglomérations, Paris excepté, ont une dépense supérieure en F&L frais, alors que la dépense de produits en conserve ou surgelés est la plus forte dans la région parisienne.

Dans un contexte général de disponibilité accrue d'une grande variété de F&L frais toute l'année (grâce au commerce international) et de produits à forte valeur ajoutée (innovation industrielle et segmentation des marchés), les ménages accèdent cependant de façon hétérogène à l'offre de produits.

Des études anglo-saxonnes établissent un lien entre la difficulté d'accès à des supermarchés ou à des magasins de détail à prix compétitifs et la consommation de F&L. Cette hypothèse du *désert alimentaire* (*Food desert*) est validée en Finlande, dans certains cas au Royaume-Uni, contestée aux Pays-Bas. A ce jour, elle n'a pas été testée en France. Aux Etats-Unis un effet limitant de la consommation de F&L a été mis en évidence. Une étude a pointé les insuffisances des rayons fruits et légumes dans certains supermarchés américains : sur 50 magasins visités dans le Tennessee, seulement 62% proposaient des fruits ou légumes frais, et les tomates, par exemple, n'étaient présentes que dans 30% des points de vente.

L'accessibilité sur les lieux de consommation se révèle un facteur limitant, au foyer comme à l'école dans le cas des enfants. La disponibilité d'un jardin (potager, verger) exerce un effet positif sur la consommation de F&L.

3.3. Perceptions et représentations associées aux fruits et légumes

Les facteurs économiques ne sont pas le seul obstacle au développement de la consommation des F&L. Les perceptions et les attitudes des consommateurs influent fortement sur leurs préférences et sur leurs choix. Les déterminants sensoriels ont été davantage étudiés que les représentations associées aux fruits et légumes. Par ailleurs, les différents facteurs qui agissent sur la consommation des F&L ont le plus souvent été analysés indépendamment les uns des autres, et sur des espèces particulières, ce qui rend difficile la généralisation des résultats et la hiérarchisation de l'ensemble des déterminants de la consommation.

3.3.1. Facteurs sensoriels de l'acceptabilité des fruits et légumes

Des sensations jugées déplaisantes sont souvent citées, parmi d'autres facteurs (coût, disponibilité, temps de préparation), comme un frein à la consommation de légumes ou de fruits. Ces sensations sont déclenchées par des facteurs comme l'aspect, la saveur, l'odeur, la texture ou la fraîcheur des produits. Ces caractéristiques sensorielles susceptibles de provoquer un rejet sont cependant ressenties avec une intensité variable d'un consommateur à l'autre, ce qui peut contribuer à expliquer des acceptabilités différentes.

. Les caractéristiques sensorielles susceptibles d'influencer l'acceptabilité

Un goût (amertume, astringence, acidité excessive), un parfum spécifique ou une odeur lors de la cuisson jugés désagréables sont souvent le critère prépondérant de rejet d'un fruit ou d'un légume. L'amertume est ainsi souvent invoquée pour expliquer une non-consommation d'endive ou de certains cultivars de choux (riches en

glucosinolates). Ce rejet de composés amers contenus dans les F&L présenterait un caractère adaptatif, puisque ces substances sont souvent toxiques. La sensibilité à l'amertume ou à certaines odeurs apparaît cependant très variable d'un sujet à l'autre. Dans le cas des choux, cette variabilité interindividuelle a pu être reliée à la possession d'un gène particulier, qui détermine la sensibilité à une molécule amère (le PROP, chimiquement proche des glucosinolates) ; le lien entre sensibilité génétique au PROP et rejet des légumes amers n'est toutefois pas systématique.

Le craquant et le croquant des F&L frais sont des propriétés souvent appréciées car elles sont généralement signe de fraîcheur. Néanmoins, les F&L peuvent présenter d'autres caractéristiques texturales moins appréciées, comme les caractères dur ou fibreux, et la présence de peau et de graines.

L'aspect des F&L (couleur, taches...) est un critère de choix important "sur l'étalage" d'une pièce par rapport à une autre ; il ne pourrait toutefois constituer un frein à la consommation qu'en cas d'insuffisance globale de l'offre. Enfin, la taille du fruit peut aussi influencer le choix : les consommateurs préfèrent généralement un calibre plus important, mais des fruits semblant trop gros à consommer en une fois, notamment pour les enfants, pourraient freiner leur consommation.

Encadré 14. Les enfants et les F&L

La faible consommation concerne davantage les légumes, et existe même dans des pays traditionnellement très consommateurs, comme l'Italie ou l'Espagne. Les freins potentiels à l'acceptation des légumes par les enfants sont multiples. Il est probable que les saveurs jouent un rôle plus grand dans l'appréciation chez les enfants que chez les adultes : une caractéristique "désagréable", comme l'amertume, serait plus perçue et/ou moins acceptée par les enfants, qui par ailleurs ne la mettent pas en balance avec d'autres facteurs (des connaissances nutritionnelles par exemple). Le rejet des légumes pourrait aussi venir de leur faible densité énergétique : très tôt, les enfants apprennent à apprécier davantage les saveurs des aliments qui leur procurent le plus d'énergie, par un mécanisme inconscient probablement important au regard de l'évolution. L'acidité peut constituer un frein à la consommation de fruits chez les enfants, mais elle peut aussi être appréciée. Enfin, la texture des F&L peut être un obstacle à leur consommation, notamment par les enfants les plus jeunes, dont les capacités masticatoires sont encore limitées.

L'objectif de mieux faire accepter les légumes aux jeunes enfants a conduit à étudier divers facteurs, dont l'effet des expériences répétées. Ces études montrent que des expositions répétées à un légume initialement rejeté conduisent à une augmentation forte de son appréciation, et que l'exposition à une grande variété de légumes différents accroît l'appréciation de légumes jamais goûtés. Sucrer des légumes augmente leur appréciation par des enfants, mais cette solution n'est probablement pas la plus intéressante d'un point de vue nutritionnel.

Différents travaux montrent que les habitudes et les préférences alimentaires se forment dès la petite enfance, notamment en ce qui concerne les F&L. Des études longitudinales mettent en évidence une stabilité des consommations par groupe d'aliments : les individus qui consomment le plus de légumes dans l'enfance sont aussi ceux qui en consommeront le plus à l'adolescence et à l'âge adulte.

. Les facteurs d'acceptabilité des F&L liés à l'âge du consommateur

Dans la variabilité interindividuelle des perceptions sensorielles et dans le poids des caractéristiques sensorielles dans les choix de consommation, l'âge apparaît comme l'un des facteurs déterminants.

De nombreuses enquêtes montrent que les enfants sont faiblement consommateurs de F&L, dès le moment de la transition vers l'alimentation adulte, autour de 18 mois. Les facteurs sensoriels apparaissent prépondérants dans les choix, mais "l'habitude d'en manger" est déterminante pour la consommation ultérieure (Encadré 14).

La consommation de F&L reste faible chez les adolescents, qui citent fréquemment (notamment en France), les légumes, en particulier les légumes verts (épinard, endive, chou, céleri...), comme les aliments qu'ils aiment le moins, mais déclarent apprécier les fruits. Les préférences pour les F&L et leur consommation croissent cependant, mais modestement, autour de l'adolescence. Cette augmentation pourrait être liée à l'effet de déterminants d'ordre cognitif (attitudes plus positives, importance de l'image du corps, impact des connaissances nutritionnelles) ; elle est plus forte chez les filles, qui ont un intérêt plus marqué pour la santé et le poids, et sont plus nombreuses à développer une image négative de la viande.

Chez les personnes âgées, la perte de sensibilité olfactive et/ou gustative pourrait bénéficier à la consommation d'aliments amers comme certains légumes, et l'attraction pour le sucré à celle de fruits. Cependant, la détérioration progressive des capacités masticatoires semble clairement freiner la consommation de F&L durs, croquants, fibreux ou contenant des graines.

. Facteurs sensoriels et segmentation des consommateurs

Même si, comme cela a été rappelé plus haut, on ne dispose pas d'étude hiérarchisant l'ensemble des facteurs agissant sur la consommation des fruits et légumes, il apparaît que les facteurs sensoriels jouent souvent un rôle plus important que les croyances relatives à la santé par exemple. Les facteurs sensoriels (aspect, texture, odeur, amertume, acidité...) sont en particulier un motif prépondérant de rejet d'un produit, quelles que soient par ailleurs ses autres caractéristiques. L'analyse de la bibliographie confirme que les facteurs sensoriels peuvent réellement

constituer un frein à la consommation des F&L, notamment pour certaines espèces très marquées sur le plan sensoriel (légumes amers, par exemple), et pour certaines catégories de consommateurs.

Diverses enquêtes, qui ont étudié la segmentation des consommateurs pour des espèces et des contextes particuliers, illustrent la diversité des situations. Dans le cas du soja par exemple, pour lequel les non-consommateurs sont nombreux (68%), les consommateurs sont motivés soit par le goût (9%), soit par ses bénéfices pour la santé (23%). Pour les mandarines, les consommateurs se répartissent en trois segments, respectivement plus sensibles à l'absence de pépins (41%), à l'absence de taches (37%) et à la couleur de la peau, ou au prix (23%). Pour la pomme, 29% des consommateurs sont sensibles avant tout au prix, 55% à la qualité organoleptique et 16% à la qualité sanitaire (résidus de pesticides).

La connaissance de la qualité "biologique" d'un produit peut entraîner une augmentation de son appréciation par les consommateurs, alors même que les tests ne mettent pas en évidence de différences sensorielles marquées et systématiques entre produits biologiques et conventionnels. Il est donc probable que l'attraction des consommateurs vers les F&L issus de l'agriculture biologique repose sur une motivation plus cognitive que sensorielle.

Il est évidemment important pour les acteurs des filières de pouvoir caractériser et segmenter les consommateurs et les marchés. Pour l'instant, les études dans ce domaine restent insuffisantes et les méthodes utilisées, uniquement déclaratives, ne permettent pas toujours de révéler les comportements effectifs. Par ailleurs, les représentations associées aux fruits et légumes ne sont pas toujours bien prises en compte, elles sont pourtant indispensables à la compréhension globale des préférences des consommateurs.

3.3.2. Préférences, perceptions et attitudes des consommateurs

Dans les économies de marché où l'offre alimentaire est pléthorique et les caractéristiques des produits très nombreuses, les critères de sélection pris en compte par les consommateurs ne sont pas toujours liés à leurs besoins physiologiques. Les perceptions et attitudes ont souvent une influence déterminante sur les préférences et sur les choix.

. Les limites de l'approche cognitive et fonctionnelle du processus de décision

La plupart des publications sur le sujet se situent dans une perspective cognitive et fonctionnelle. Cette approche est celle du choix rationnel effectué à partir des processus cognitifs d'évaluation des attributs des produits qui déterminent une intention, puis une action de consommation. Le comportement (d'achat ou de consommation) dépend de l'intention, qui à son tour dépend de l'attitude envers l'objet de consommation⁴.

De nombreuses études empiriques ont donc été menées pour mesurer l'attitude des consommateurs envers les F&L en évaluant les caractéristiques qui leur sont attribuées par le consommateur (les attributs). Dans ce cadre général d'explication du comportement de consommation, les antécédents de l'attitude repérés dans la littérature sont les aspects sensoriels (dont le rôle a déjà été souligné plus haut), les motivations (à vivre une vie saine par exemple) et les croyances relatives à la santé et, enfin, l'importance de l'environnement social et de ses valeurs. Pour tenir compte de la complexité des modes de décision, les différents auteurs sont en effet amenés à intégrer de nombreuses variables, de différents niveaux (sensoriel, affectif, cognitif).

Selon ce cadre théorique, le comportement est sous le contrôle de la volonté. Or les processus de décision reposent sur des éléments cognitifs contrôlés mais sont aussi influencés par des réactions affectives en partie automatiques. Une étude expérimentale réalisée aux Etats-Unis l'illustre. Placés dans des situations expérimentales permettant de faire varier leurs ressources cognitives disponibles par l'imposition d'une autre tâche concomitante, les sujets choisiront plutôt un gâteau au chocolat (associé à un affect plus positif mais à des croyances cognitives moins favorables) ou une salade de fruits (associée à un affect moins favorable mais à des croyances cognitives plus positives).

L'évaluation rationnelle des attributs ne peut donc rendre pleinement compte des attitudes, préférences et choix alimentaires. Des approches alternatives à la théorie du choix rationnel, faisant une large place aux éléments expérimentiels de la consommation, ont été développées en sociologie de la consommation et appliquées à l'étude du comportement du consommateur en marketing. Si, à notre connaissance, elles n'ont pas encore été appliquées à la consommation de F&L, elles offrent un cadre conceptuel intéressant. C'est le cas notamment de la notion de "valeur de consommation" ("*consumer value*"), qui paraît capable d'intégrer les antécédents de l'attitude dans leur globalité.

. Une meilleure compréhension de la consommation des F&L par la "valeur de consommation"

Un courant de la sociologie de la consommation traite l'activité de consommation en général comme le moyen qui permet au consommateur de produire son statut social et son identité propre, en distinguant d'une part les motivations extrinsèques et intrinsèques de la consommation, et d'autre part l'orientation de la consommation vers soi ou vers les autres. L'expérience de la consommation peut alors être décomposée en 4 valeurs, en croisant ces différentes motivations.

⁴ L'attitude est définie comme une variable psychologique non observable, relativement stable. C'est le sentiment favorable ou défavorable d'un individu envers un objet.

La **valeur hédonique** (orientée vers soi et intrinsèque) correspond à la capacité de la consommation du produit à stimuler les sens de la personne, à provoquer une sensation de bien-être, une gratification sensorielle, à créer un sentiment ou une émotion qui dérivent directement de l'expérience de consommation. De nombreux travaux ont mis en valeur le caractère primordial de la recherche de gratification sensorielle dans la consommation alimentaire et diverses enquêtes le confirment dans le cas des F&L. Cependant, peu d'études (Encadré 15) ont vraiment examiné les motivations de la valeur hédonique recherchée dans des produits particuliers, ou les différences dans la valeur recherchée par la consommation de fruits et celle de légumes.

La **valeur instrumentale** (orientée vers soi et extrinsèque) correspond à l'utilité, à la fonction attendue du produit. La valeur fonctionnelle des F&L est généralement associée aux bénéfices en matière de santé, et d'environnement dans le cas des produits biologiques. Cette valeur instrumentale semble bien à l'œuvre dans les choix de consommation de F&L, notamment à travers la reconnaissance généralisée de leur influence positive sur la santé mise en évidence par les enquêtes. La valeur attribuée aux fruits en particulier peut provenir de leur performance à concilier une consommation gourmande (sucrée) et non culpabilisante, car porteuses de bénéfices pour la santé. Les F&L peuvent aussi présenter des caractéristiques diminuant leur valeur instrumentale pour certains consommateurs, par exemple, ceux qui sont susceptibles aux allergènes ou ceux qui recherchent une source d'énergie au moindre coût.

La **valeur d'expression de soi** (orientée vers les autres et extrinsèque) traduit la capacité d'un produit à exprimer l'identité ou le statut du consommateur, c'est-à-dire l'image de lui-même que la consommation du produit lui permet de donner aux autres. Cette dimension a été peu étudiée dans le domaine des fruits et légumes. Toutefois, des recherches sociologiques sur les facteurs liés au genre dans la consommation alimentaire ont révélé que dans la plupart des pays occidentaux ainsi qu'au Japon, les F&L apparaissent comme des "marqueurs" féminins - alors que la viande est un marqueur masculin, associé à des qualités comme la force, le pouvoir, la virilité. Une étude réalisée en Chine a montré que la consommation de fruits importés renvoyait soit à des valeurs hédoniques et d'expression de soi (matérialisme occidental) soit à des éléments symboliques liés aux notions de richesse, de statut social, de réussite.

Enfin, la **valeur de partage** (orientée vers les autres et intrinsèque) correspond à l'aptitude du produit à être consommé dans des situations de socialisation, de commensalité dans le cas des produits alimentaires. L'expérience de consommation des fruits et des légumes (consommation solitaire ou conviviale, domestique ou hors foyer) est rarement prise en compte dans les recherches. La difficulté à augmenter la consommation de F&L pourrait être associée à une faible valeur de partage de cette consommation. Cette dimension mériterait davantage d'attention, en particulier du fait de l'importance du rôle de l'entourage proche dans la consommation de F&L, et notamment dans l'apprentissage social et la formation des attitudes vis-à-vis des F&L.

Encadré 15. Les "valeurs de consommation" associées aux fruits et légumes

En dehors du traitement cognitif et fonctionnel, la littérature scientifique est pratiquement inexistante sur les antécédents des attitudes envers les F&L. D'où le recours à des études, notamment celles réalisées en France par le CTIFL, sur les fraises et les raisins en 2001 et sur une comparaison des consommations des fruits et des légumes en 2002. Ces études apportent des éléments sur les dimensions hédoniques et symboliques des valeurs associées par les consommateurs français à la consommation des fruits et légumes, sources de motivations à mobiliser pour faire évoluer les attitudes et partant les comportements.

L'étude sur la fraise et le raisin met en avant le caractère hédonique de leur consommation : les caractéristiques sensorielles de la fraise peuvent permettre de ressentir des émotions liées à sa couleur rouge (principe de vie, passion, incitation à l'action) ou à sa forme (sa rondeur est symbole de cosmos, et attire la sympathie) ; dégustée hors saison, elle permet "d'oublier l'hiver", offrant un plaisir plus psychologique que gustatif, ce qui représente d'ailleurs l'un des rares éléments relatifs à la dimension de stimulation expérientielle. L'étude mentionne aussi certains aspects symboliques : le raisin est un fruit considéré comme noble, "que l'on peut offrir à des invités". L'étude de 2002 pointe la diversité des situations de consommation : la pomme est associée au grignotage individuel alors que la fraise représente un archétype de dessert pour un repas de saison.

L'étude de 2002 distingue les items expérientiels associés aux fruits (plaisir des sens, rafraîchissant, odorant) de ceux associés aux légumes (goûts vrais, nourriture saine, fraîcheur, saveur). Elle insiste sur l'atout pour le fruit de représenter fortement la nature éternelle et nourricière, alors que le légume, associé au terroir et à la nature, souffre plus du manque de modernisation des usages.

Les légumes sont associés à une préparation longue, surtout pour les jeunes générations. Les fruits sont plus facilement acceptés lorsque leur consommation a un caractère instantané, mais un fruit qu'il faut peler, qui coule, qui s'écrase ou dont la peau colle au palais limite l'envie de la consommation. En outre, l'affaiblissement du savoir-faire lié à la cuisson des légumes entraîne un plus grand attrait pour le cru que pour le cuit, ce qui diminue l'éventail du choix des légumes.

. La valeur "coûts-sacrifices" de la consommation des fruits et légumes

La valeur "coûts-sacrifices" est une évaluation globale qui couvre l'ensemble des coûts et des sacrifices de toute nature entraînés par la consommation du produit, et pas seulement les coûts financiers. Les nombreuses études qui ont cherché à comprendre comment elle joue en défaveur de la consommation des F&L retiennent les facteurs suivants :

- Le prix d'achat, qui apparaît souvent comme l'une des principales barrières à un accroissement de la consommation des F&L ou comme l'une des causes du faible niveau de consommation, notamment pour des populations défavorisées (Cf. supra). L'effet du prix est toutefois en partie situationnel, la sensibilité au prix pouvant être atténuée par des facteurs hédoniques et sociaux.

- La commodité, qui apparaît comme le facteur le plus influent pour la consommation des F&L chez les jeunes adultes, avant même le prix. Si les légumes surtout sont associés à une préparation longue, l'épluchage de certains fruits est déjà un frein à leur consommation.

- Le coût en temps, qui s'exprime à deux niveaux : celui nécessaire à la préparation des produits, notamment pour les légumes cuits, et la durée de conservation du produit, la périssabilité rendant le stockage problématique lorsque les achats sont plutôt hebdomadaires.

- L'accessibilité, souvent difficile lorsque la personne n'est pas chez elle (en voyage, au travail, en visite), et pour des consommateurs qui ne peuvent pas trouver dans l'environnement proche de leur foyer des F&L variés.

Des études montrent que ces coûts multiples peuvent être initialement sous-estimés, les participantes à des interventions pouvant par exemple noter les difficultés d'achat et de préparation plus négativement en fin qu'en début de programme. En résumé, beaucoup de consommateurs considèrent que les F&L sont chers, peu pratiques, difficiles à conserver, coûteux en temps pour l'achat et la préparation, demandeurs de savoir-faire, peu disponibles à proximité. Tous ces facteurs, que les valeurs hédoniques ou instrumentales ne compensent pas forcément, pèsent lourdement sur le ratio "coûts/bénéfices" de la consommation de F&L.

Les programmes nutritionnels ont jusqu'à présent mis l'accent sur les bénéfices à long terme liés à la valeur instrumentale de la consommation des fruits et légumes (meilleure santé). Même si la connaissance de ces bénéfices semble lacunaire, et variable selon les populations, elle permet néanmoins une appréciation plutôt positive des fruits (un peu moins des légumes). Si la consommation n'augmente pas pour autant, c'est que les autres dimensions de la valorisation des fruits et légumes n'ont pas suffisamment été prises en compte. La valeur hédonique peut être augmentée par un effort de qualité et par de nouvelles propositions de consommation ; la valeur d'expression de soi peut être explorée ; la valeur de partage peut avoir un potentiel inexploité dans le contexte français où l'alimentation reste largement associée à la commensalité. Enfin, la compréhension approfondie de la valeur "coûts-sacrifices" est nécessaire si on veut se donner les moyens de lever certains freins à la consommation.

3.4. Conclusions

L'absence de travaux de synthèse permettant de hiérarchiser l'importance des différents déterminants de la consommation (socio-démographiques, économiques, sensoriels et liés aux attitudes), n'empêche pas de dégager des éléments convergents permettant d'identifier les principaux facteurs limitant la consommation de F&L.

. Les tendances récentes ne jouent pas toutes en faveur de la consommation de F&L

La diversification de l'offre de F&L (produits, taille des portions, modes de présentation et plus grande facilité de préparation...) ainsi que la communication de messages de santé œuvrent pour faire augmenter la consommation. Mais le développement de la consommation de fruits et légumes se heurte à plusieurs obstacles :

- Un effet de génération : la consommation des produits frais est plus faible chez les adultes des générations les plus jeunes, et avec le temps leur consommation, lorsqu'elle augmente, n'atteint pas le niveau de consommation des générations précédentes ; cet effet est accentué chez les ménages modestes des jeunes générations.

- Un niveau de prix relatif élevé par rapport à des aliments plus nutritifs tels que les sucres et les graisses, qui explique en partie la faible consommation des populations défavorisées.

- Une évolution des prix relatifs favorable aux fruits et légumes transformés, mais défavorable aux produits frais qui constituent encore l'essentiel de la consommation.

- Des caractéristiques sensorielles et d'usage défavorisant les produits frais, et une valorisation insuffisante des caractéristiques d'image et de sociabilité associées à ces produits.

Par ailleurs, la croissance de la restauration hors domicile, en particulier commerciale, pourrait être, comme aux Etats-Unis, moins favorable aux F&L que la consommation au domicile. C'est en tout cas un point qui mériterait d'être vérifié en France.

. Il existe de fortes disparités dans la consommation de F&L

Les déterminants d'ordre individuel, tel que sexe, âge, revenu, niveau d'éducation, région sont largement identifiés, de même que leur impact sur les inégalités de consommation. Les réactions des consommateurs face aux facteurs de l'offre (prix, accessibilité) sont plus délicates à appréhender. Le frein que pourrait constituer une accessibilité insuffisante des F&L, sur le plan spatial et de la structure commerciale, n'a pas été vérifié ; l'hypothèse du "désert alimentaire" pourrait être testée au niveau des quartiers.

Les déterminants sensoriels jouent un rôle majeur dans la formation des préférences, en particulier chez les enfants. Les préférences sensorielles jouent souvent un rôle plus important que les croyances relatives à la santé par exemple. Elles sont un motif prépondérant de rejet d'un produit. Elles sont également un des facteurs de la segmentation des marchés, dont toutes les potentialités ne sont pas encore exploitées.

La prise en compte de l'ensemble des dimensions des choix, à travers le concept de "valeur pour le consommateur", confirme la prépondérance de la valeur "hédonique" (le plaisir) de la consommation sur sa valeur "instrumentale" (ses effets utilitaires, par exemple sur la santé). La valeur santé des fruits et légumes est reconnue, mais limitée et contrebalancée par des effets négatifs (faible valeur calorique, allergénicité...). Au-delà des aspects utilitaires, la valeur symbolique et la valeur sociale de la consommation des fruits et légumes sont très peu étudiées, de même que les situations de consommation, alors qu'il s'agit de dimensions essentielles pour comprendre les comportements des consommateurs. L'expression de soi (l'image donnée à travers la consommation), le partage et la conformité aux normes sociales sont, en effet, des facteurs très puissants d'acceptabilité ou de rejet des produits alimentaires.

Compte tenu de la multiplicité des obstacles à la consommation (prix, commodité, investissement en temps et en savoir-faire), très fortement ressentie par les jeunes générations, on mesure l'importance d'une meilleure compréhension des mécanismes qui permettraient de valoriser l'ensemble des dimensions de la consommation des fruits et légumes. Dans tous les cas, il est clair que des interventions sont nécessaires pour lever les freins à la consommation en particulier chez les consommateurs des jeunes générations et chez ceux qui disposent de ressources limitées.

4. Les interventions et leur évaluation

Pour amener les consommateurs à se rapprocher des recommandations nutritionnelles internationales, un certain nombre d'interventions ont été et sont mises en place en France comme dans d'autres pays, avec plus ou moins de succès. Ces interventions se répartissent en deux types : celles qui visent l'individu, ses préférences et motivations (éducation nutritionnelle, marketing informationnel et campagnes "5 par jour") et celles qui touchent l'environnement du consommateur (actions favorisant l'accès aux produits ou portant sur les prix).

L'intérêt et les limites de ces différents types d'interventions sont récapitulés dans le Tableau 4.

De nombreux travaux ont étudié ces différents types d'interventions et leur impact ; la littérature scientifique ayant pour objectif principal ou secondaire l'étude d'interventions ciblées sur les F&L est toutefois moins abondante. Cette littérature est essentiellement anglo-saxonne : elle concerne les Etats-Unis, l'Angleterre, l'Australie, et un peu l'Europe du nord. Les articles français sont peu nombreux – ou du moins peu présents sur les principaux sites de référencement internationaux. Les interventions étant fréquemment intégrées à des plans locaux, régionaux ou nationaux de santé publique, leurs évaluations passent souvent par les services d'études et de recherche des organismes d'intervention. Les résultats sont rarement publiés dans des revues à comité de lecture, mais diffusés sous forme de rapports ou sur des sites Internet (rapports de l'USDA par exemple), dont nous avons tenu compte.

4.1. Les interventions portant sur l'individu, ses préférences, ses motivations

Trois types d'interventions peuvent être distingués : l'éducation nutritionnelle qui par une communication interpersonnelle, vise une modification volontaire des pratiques qui ont une incidence sur l'état nutritionnel d'une population ; le Marketing informationnel qui diffuse des messages informatifs non publicitaires. La recommandation "5 par jour" relève plus d'une simple injonction ; elle peut être accompagnée d'éducation nutritionnelle ou/et d'informations.

4.1.1. L'éducation nutritionnelle

L'éducation nutritionnelle est une forme d'intervention très largement utilisée par les professionnels de santé publique, et pour laquelle on dispose d'évaluations. Elle consiste en travaux de groupes en milieu scolaire ou dans des quartiers ou encore dans des communautés spécifiques, au cours desquels on fournit de l'information et on renforce les facteurs favorables préexistants de manière à amener un changement des comportements. Son impact peut être évalué par rapport au niveau de connaissances, aux attitudes et aux comportements.

La performance de l'éducation nutritionnelle sur l'amélioration du niveau de connaissances est avérée : elle a été vérifiée dans divers pays, aussi bien sur les adultes que les enfants. Ces meilleures connaissances s'accompagnent généralement d'attitudes plus positives envers les F&L, du moins lorsque le message est adapté aux populations cibles. En revanche, toutes les évaluations soulignent l'absence d'impact en termes de comportements.

Diverses modalités, susceptibles d'améliorer l'efficacité de l'intervention, ont été testées :

- Le recours à des messages santé "positifs" ("gain" escompté) plutôt que négatifs ou moralisateurs n'améliore pas l'efficacité. L'impact des arguments santé est très limité même si les répondants sont personnellement concernés par l'élément nutritionnel mis en exergue, reconnaissent l'importance du sujet et la crédibilité de l'information fournie. Le risque santé est fréquemment perçu comme lointain.
- L'allongement de la durée de l'intervention n'est pas non plus une garantie de réussite ; l'évolution des comportements qui a pu être obtenue n'est pas stable, et régresse souvent vers le stade initial. En agissant à répétition sur du plus long terme, les progrès de consommation de FL sont alors significatifs.
- Les formes d'éducation ont en revanche montré leur importance. Des formes directes comme les séminaires, qui requièrent une implication des individus, se révèlent plus efficaces à la fois sur les croyances, les attitudes envers la nutrition et la santé et les changements de pratiques alimentaires, que des formes indirectes comme les affiches et plaquettes.

Les programmes d'éducation nutritionnelle destinés aux adultes n'ont pas d'effets significatifs sur la consommation de F&L ; la contrainte peut détourner de l'aliment alors que l'interdit peut augmenter le niveau de désir. Auprès des personnes âgées, les rares succès obtenus sont liés à la conjonction de plusieurs conditions : une motivation déterminante de la personne (atteinte d'une pathologie, par exemple) ; des messages limités à 1 ou 2, simples, pratiques et ciblés ; l'existence d'une interaction avec les professionnels de santé.

L'éducation nutritionnelle part du principe que la rationalité est en faveur des aliments dont on sait les bienfaits sur la santé. Cet argument paraît surfait surtout pour les enfants, qui ont une rationalité différente de celle de l'adulte, et pensent souvent que santé et goût sont exclusifs. Pour avoir des chances d'être efficace, l'éducation

nutritionnelle doit faire appel aux facteurs cognitifs et affectifs, être complétée par des stratégies multiples qui renforcent un message central, jouer sur l'environnement scolaire et familial de l'enfant. A cette condition, le succès est possible chez les jeunes enfants (avant le collège) et rejaillit même sur les familles.

Il est à déplorer que les messages nutritionnels soient souvent en concurrence avec d'autres informations reçues par l'enfant, via les livres de loisirs par exemple, mais surtout la télévision. Aux Etats-Unis, l'examen des livres de recettes destinés aux enfants montre la prépondérance des desserts à haute densité calorique et le nombre très limité de recettes de légumes. Les aliments considérés comme ludiques sont riches en graisses et sucres. La télévision est aussi un vecteur d'informations important pour l'enfant. Une étude américaine sur des enfants de 11-12 ans a montré une corrélation inverse entre la consommation de F&L et le nombre d'heures passées à regarder la télévision (22 h par semaine en moyenne), où les autres aliments sont fortement promus. En France, l'enfant est aussi très exposé : il passe en moyenne 13 h par semaine devant le téléviseur ; 70% des publicités concernent l'alimentation et 70% d'entre elles portent sur des produits gras ou sucrés. La télévision n'est peut-être pas l'élément causal direct, car les enfants qui la regardent peu sont aussi ceux qui ont des comportements généraux plus favorables à la santé.

4.1.2. La recommandation "5 par jour"

Cette campagne très largement utilisée et pour laquelle on dispose d'un certain recul (Encadré 1), a été évaluée dans de nombreux pays : Etats-Unis, Angleterre, Irlande, Danemark, Norvège, Nouvelle-Zélande... Presque toutes les études convergent vers le constat d'une augmentation de la consommation de F&L (de 0,2 à 1 portion en moyenne), légèrement plus élevée chez les femmes. Toutefois, comme dans l'éducation nutritionnelle, les résultats sont inférieurs aux espérances car si la connaissance du programme augmente fortement, la prise de conscience du contenu du message progresse mais moins fortement, et la consommation effective reste inférieure aux 5 portions.

Cette dose de 5 portions par jour est rarement atteinte car elle constitue un objectif difficile à atteindre, souvent jugé irréaliste et elle est mal comprise. Les études mettent en évidence des freins nombreux et récurrents : la non-adhésion des proches (enfants, conjoint, amis), le coût des denrées, la difficulté d'approvisionnement, la contrainte temps et le manque de savoir-faire culinaire, le manque de qualité et de goût des produits.

La pertinence du message "5 a day" est toutefois confortée par le lien entre fréquences de consommation et quantités consommées. Si la taille de la portion varie fortement selon le produit (147 g pour les haricots verts et 26 g pour la laitue, par exemple), elle est stable pour chaque produit. On constate par ailleurs que les forts consommateurs sont à 5 portions et plus, les faibles consommateurs à 3 portions et moins. Pour augmenter la consommation de F&L, il est donc important d'augmenter la fréquence des prises plutôt que la taille des portions.

Les approches négociées ont davantage de succès que les prescriptions ; une adaptation de l'objectif permet d'éviter son abandon. Une augmentation de la consommation peut être obtenue sur la base de stratégies individuelles fortes comme : un jus de fruit le matin, le fruit comme snack, des légumes avec chaque plat principal, un fruit comme dessert.

Le résultat est aussi plus probant et plus stable lorsque l'opération s'accompagne d'une action prolongée sur l'environnement du consommateur. Par exemple, une opération "6 a day" dans 5 cantines danoises, incluant une formation du personnel et des préparations soignées, a permis une hausse de la consommation de F&L de l'ordre de 70g/personne en 4 mois, et même de 95g/personne sur une année. Sans effort particulier sur l'environnement du convive, le résultat semble beaucoup moins stable. Le même programme mené dans 500 écoles anglaises a induit une augmentation de la consommation de fruits de 0,37 portion/jour au bout de 3 mois, mais 7 mois plus tard, la consommation baissait à nouveau.

La campagne "5 a day" est d'autant plus efficace qu'elle diversifie les angles d'attaque : multiplication des points de vente des F&L, tests de goût, diffusion d'informations, pique-niques, discussions de groupes. Le changement de consommation de F&L est corrélé à la participation à un grand nombre d'activités. Il existerait donc un effet dose-réponse entre le nombre de moyens d'interventions et l'impact sur la consommation.

4.1.3. Le marketing informationnel

Divers instruments d'information nutritionnelle ont été testés : des labels nutritionnels, des étiquetages sur les teneurs en nutriments, la pyramide alimentaire (utilisée surtout aux Etats-Unis, mais aussi en Australie, en Suisse, en Amérique Latine).

Ce marketing informationnel se heurte à une sous-évaluation des besoins en F&L (mais aussi en produits céréaliers et lait) par les populations, alors que les besoins en protéines sont surestimés. Un certain flou dans les informations diffusées (5 F&L ou 10 par jour ?) nécessitant des capacités d'expert (connaissances des nutriments et de leurs effets) découragent le consommateur. Une étude américaine conclut que les messages doivent être clairs, stables dans leur contenu et positifs pour éviter leur rejet ; 70% des personnes enquêtées expriment une lassitude, ¼ pensent que suivre les recommandations, c'est enlever le plaisir de manger. La lassitude envers la normalisation de l'alimentation et le diktat des choix alimentaires est manifeste. Ceux qui s'expriment le plus

fortement sont les plus faibles consommateurs de F&L (les jeunes, les hommes, les démunis) alors que les femmes adultes sont plus réceptives à ce type d'informations.

L'étiquetage nutritionnel en restauration a été testé, notamment en Angleterre : ses effets sur la consommation sont généralement nuls, parfois positifs pour les fruits. Il peut avoir un impact négatif, car les clients peuvent mal interpréter le message ou le percevoir comme un signal négatif sur le goût de l'aliment. Cet effet contre-productif d'un label santé a été montré chez les enfants. Les éducateurs (parents ou autres) doivent donc éviter d'invoquer des arguments santé lorsque l'enfant refuse un aliment, car cela renforce l'association entre santé et dégoût.

Le Marketing informationnel se heurte aussi très fortement à la perception de la faisabilité des recommandations, perception qui conditionne la prise en compte des messages. C'est ainsi que l'information doit s'adapter aux différents ensembles culturels pour y intégrer les aliments habituellement consommés par ces populations. Pour être jugés réalistes, les messages peuvent nécessiter une action conjointe sur la disponibilité des produits ; cela est particulièrement vrai aux USA où il est estimé que l'offre de fruits par exemple devrait croître de 2/3 environ pour que les recommandations soient plausibles. Des campagnes distinguant les légumes des fruits seraient les bienvenues. Des interventions ciblées sur les légumes semblent prioritaires compte tenu des larges déficits par rapport aux recommandations selon une étude européenne. En France, les marges de progrès concernent surtout les fruits.

Pour conclure, les interventions portant sur l'individu améliorent significativement les connaissances et les attitudes des consommateurs. Si l'efficacité directe sur la consommation de F&L est relativement modeste, les effets indirects sont fréquemment soulignés en termes comportementaux. En Irlande par exemple, des leçons culinaires avec implication des parents, n'ont pas changé significativement la consommation de F&L des enfants, mais ont modifié leur disposition à essayer de nouveaux aliments. Un impact sur la baisse de la pratique du grignotage mérite aussi d'être souligné. A contrario, apporter de l'information nutritionnelle sur les autres produits (teneurs en graisses et calories) peut avoir des répercussions indirectes positives sur la consommation de F&L.

4.2. Les interventions portant sur l'environnement du consommateur

Cet environnement peut être d'ordre social : la famille (normes, règles familiales, encouragements), le groupe proche (normes subjectives, comportements), la communauté (expositions aux médias). Il est aussi d'ordre physique : disponibilités de produits à la maison, à l'école, dans les cantines, les commerces de proximité... Une revue systématique des publications révèle l'insuffisance d'études reconduites sur des variables similaires pour pouvoir conclure, ainsi que le manque de méthodes d'évaluation de ces "environnements de la diète". Toutefois, il semblerait que les interventions sur l'environnement soient plus efficaces que celles sur les individus. Aux Etats-Unis, l'analyse de divers programmes (CATCH, TEENS, TACOS) montre que l'environnement est plus important que les données individuelles pour expliquer les choix alimentaires en faveur des F&L.

4.2.1. Les interventions favorisant l'accès aux produits

La difficulté d'accès aux produits est souvent invoquée comme un frein à la consommation de F&L. Un certain nombre d'interventions ont donc cherché à tester les effets d'une levée de cette contrainte.

Compte tenu du nombre élevé de repas que la plupart des adultes prennent hors foyer, il paraît judicieux de favoriser l'accès aux F&L dans la restauration commerciale et collective. De nombreuses initiatives dans ce sens ont été prises, mais le manque d'évaluation ne permet pas de porter un jugement sur leur efficacité.

L'importance de l'apprentissage précoce de la consommation de F&L fait du milieu scolaire un terrain d'expériences privilégié, avec notamment des essais de distribution de F&L ou la mise en place d'activités de jardinage (Encadré 16). Ce type d'action est convaincant, surtout quand l'intervention est relayée par le milieu familial.

Plusieurs études américaines ont montré un lien très fort entre les attitudes et consommations de F&L dans l'environnement familial et le niveau de consommation des enfants à l'école et des adolescents hors foyer. Cela signifie que les interventions visant la hausse de la consommation de F&L chez les jeunes doivent cibler aussi les parents. Une large étude européenne ("Pro Children Study", portant sur 13 300 enfants de 11-12 ans dans 9 pays), confirme combien la disponibilité de F&L à la maison est déterminante des choix des enfants. Elle confirme également l'existence d'un net gradient nord-sud dans les attitudes et les niveaux de consommation, mais uniquement pour les fruits, et montre de fortes disparités entre pays concernant l'accès à des F&L hors foyer (beaucoup plus important en Autriche qu'en Allemagne, par exemple).

4.2.2. Les interventions sur les prix

Si la sensibilité du consommateur aux prix des F&L est connue, l'évaluation d'interventions spécifiques sur les prix a rarement été faite en raison des difficultés méthodologiques de telles actions. Les quelques interventions expérimentales sur les prix réalisées en milieu contrôlé, c'est-à-dire où les substituts sont limités (restaurants scolaires ou d'entreprise) montrent une réaction positive immédiate des convives, mais qui reste conjoncturelle.

L'effet peut être moins important lorsque la baisse de prix s'accompagne d'un message nutritionnel, qui peut être interprété comme un signal négatif sur le goût du produit.

Les aides directes à la consommation ont en revanche été testées depuis 1961 (après une tentative entre 1939 et 1943) aux Etats-Unis, où des coupons d'achats alimentaires (*food stamps*) sont distribués aux populations démunies. Ces coupons négociables tels des bons d'achat dans les magasins d'alimentation, complètent le pouvoir d'achat des ménages à faibles revenus. Ils ne sont pas aussi efficaces qu'escompté car les F&L ne rentrent pas dans le répertoire alimentaire habituel de ces catégories de population. Information, éducation en compléments et accès physique aux produits sont alors déterminants de la progression de la consommation de F&L, comme démontré à Philadelphie (Encadré 17).

Encadré 16. Les interventions en milieu scolaire : une voie privilégiée

Diverses expériences, aux Etats-Unis, au Danemark et en Norvège, ont testé l'impact d'une distribution de F&L à l'école. Proposer aux élèves un fruit ou un légume, lors des pauses par exemple, permet effectivement d'accroître la consommation de fruits (+ 0,3-0,4 pièce / jour), mais pas celle de légumes. L'effet dépend de l'âge des élèves, dont les goûts évoluent. Le récent Programme pilote Fruits et Légumes de l'USDA (107 écoles primaires et secondaires sur l'année scolaire 2002-03), a rencontré un vif succès ; il était basé sur une dotation de 94 \$ par enfant et une large coopération entre directeurs, enseignants et gestionnaires des cafeterias.

D'autres projets ont visé l'amélioration de la qualité des F&L disponibles dans les écoles via des contrats d'approvisionnement avec des producteurs locaux (programme "Farm to school" dans le Michigan...), qui alliaient donc accès à des produits frais de bonne qualité et soutien à l'économie locale. Ces opérations présentent des difficultés : coûts plus élevés, régularité des approvisionnements, confiance dans les produits, respect des règles sanitaires. Ces obstacles paraissent d'autant plus insurmontables que l'introduction de F&L de qualité dans la restauration scolaire n'est pas une priorité pour les gestionnaires des établissements et dans les choix politiques.

Plus généralement, les enquêtes auprès de ces gestionnaires révèlent le fossé existant entre les appréciations et les pratiques. Si une large majorité de ces responsables se déclarent à titre personnel favorables à une politique nutritionnelle, les pratiques sont tout autres : achats pour les cantines dictés par le prix des denrées (Angleterre), importance des snacks et boissons sucrées dans les distributeurs et les cafeterias et contrats avec des entreprises de boissons (Etats-Unis). La situation est très différente en Italie : approvisionner les écoles et lycées en produits de qualité est considéré comme un droit, et les F&L rentrent très tôt dans la culture alimentaire.

En France, des tentatives d'implantation de distributeurs de F&L ont été faites, avec un certain succès (achats de pommes, poires, fraises et clémentines). Ce système semblait prometteur, mais ne peut plus être activé étant donnée l'interdiction des distributeurs dans les collèges et lycées français.

Enfin, les activités de jardinage améliorent sensiblement le niveau de connaissances et les attitudes des jeunes, mais les effets sur les comportements apparaissent variables (positifs ou nuls, différents pour les fruits et les légumes...) sans que l'on puisse actuellement identifier les facteurs déterminants (durée de l'intervention, possibilité de récolter les produits, programmes de nutrition associés...).

Encadré 17. Les interventions ciblant les populations démunies

Pour les populations démunies, les simples recommandations par la voie de l'information ou de l'éducation sont jugées difficilement applicables compte tenu de leurs habitudes alimentaires, des contraintes de leur environnement et de leur niveau de revenus.

Une revue des interventions visant à promouvoir l'alimentation santé chez les plus démunis en Angleterre et aux Etats-Unis a révélé combien les variables structurelles des choix alimentaires et la dimension émotionnelle de ces populations constituaient des barrières à l'évolution de leur consommation. Elles ont en effet des perceptions erronées de leurs comportements de consommation (la majorité juge manger sainement). Si les mérites nutritionnels des F&L ont effectivement augmenté la consommation, l'information sur l'absence de produits chimiques a eu un impact tout aussi important.

Les populations à faibles revenus ont plus de difficultés que les autres à atteindre l'objectif de 5 F&L/jour en raison de contraintes financières et d'accès aux produits. Aux Etats-Unis, la moitié des achats alimentaires sont consommés hors foyer et les F&L sont chers et peu disponibles dans les restaurants bon marché et les petits marchés de quartier. La question de l'accès physique est cruciale pour les populations démunies. Toujours aux Etats-Unis, la facilité d'accès au supermarché - principal lieu d'approvisionnement en F&L - a permis un supplément d'achat de 84 g/personne/jour pour les fruits, soit 1 portion, et de 48 g pour les légumes.

L'accès économique aux F&L peut être favorisé au moyen de coupons d'achat négociables en F&L. C'est l'objectif du Farmers' Market Nutrition Program aux Etats-Unis, réservé aux populations démunies. Les coupons n'ont pas eu tout l'effet escompté car les bénéficiaires préfèrent augmenter la consommation d'aliments familiers. L'utilisation des coupons F&L est plus forte lorsqu'ils sont accompagnés simultanément d'informations, d'éducation nutritionnelle et que l'accès aux produits est facilité. C'est ce qui a pu être observé à Philadelphie avec la mise en place de 25 marchés de quartier avec animations et possibilités de négocier les coupons alimentaires ; une plus forte implication des consommateurs apparaissait alors et la consommation de F&L augmentait de 2 à 3 portions pour 50% des acheteurs et de 4 portions pour 25% d'entre eux.

Cela étant, avec les précautions soulignées ci-dessus, les actions de distribution de bons d'achat spécifiques pour les fruits et légumes frais dans le cadre du programme WIC, obtiennent des résultats globaux intéressants.

4.3. Les interventions combinées

Les différentes interventions conduites isolément ayant montré leurs limites, des interventions combinant plusieurs angles d'attaque ont été envisagées. Ces interventions combinées ont été expérimentées uniquement en restauration hors foyer, soit dans le cadre scolaire, soit dans le cadre du travail.

Des opérations en milieu scolaire ont été menées, avec des résultats inégaux mais généralement positifs, en Belgique, en Irlande (+50 g de fruits / enfant / jour), mais surtout aux Etats-Unis. Elles associent éducation nutritionnelle adaptée aux élèves, accès à des F&L sous diverses formes (jus de fruits, soupes, produits pré-tranchés ou dans des emballages individuels...), sensibilisation des enseignants voire des parents... Pour les lieux de travail, les programmes combinés s'avèrent efficaces lorsqu'ils incluent la participation des convives à leur élaboration (plus forte implication), s'ils sont élargis au milieu social environnant (familles, voisins...) et tiennent compte des spécificités socio-économiques et culturelles des populations visées.

Des débats subsistent concernant l'effet des politiques sur l'obésité infantile. Les recherches sur le sujet sont jugées trop peu nombreuses. Certains auteurs sont convaincus que les actions combinées sont les plus pertinentes, et notamment qu'il faut agir sur le marché et l'environnement de l'enfant : information nutritionnelle accessible et adaptée, baisse des prix des F&L, aide à la décision des enfants, protection contre les *junk food*, suppression des distributeurs dans les écoles... D'autres estiment que la relation entre l'obésité des enfants et le changement de leur environnement en tant que consommateurs, n'est pas clairement établie.

Face au développement de l'obésité notamment, plusieurs collectivités territoriales - des communes en général - ont pris des initiatives et mis en œuvre des actions combinées sur leur territoire. Ces interventions ne sont pas spécifiquement ciblées sur les F&L, mais les prennent largement en considération dans les conseils prodigués.

On peut citer les expériences déjà anciennes comme celles de "Philadelphie" aux Etats-Unis (actions surtout ciblées sur les populations vulnérables, cf. Encadré 17) et de "Fleurbaix-Laventie" en France (Encadré 18). Le bilan très positif de cette dernière opération a incité l'OHAP (Observatoire des habitudes alimentaires et du poids) et l'APOP (Association pour la prévention et la prise en charge de l'obésité pédiatrique) à développer cette démarche avec un programme à destination des villes, "Ensemble prévenons l'obésité des enfants" (EPODE).

Encadré 18. Les expériences des collectivités territoriales

L'expérience Fleurbaix et Laventie, deux petites villes du Nord-Pas-de-Calais, a vu le jour suite à la volonté d'évaluer l'influence de l'éducation nutritionnelle dispensée dans les écoles, sur le comportement alimentaire des familles. Une dynamique s'est créée autour de l'association "Fleurbaix-Laventie ville santé" qui réunit les élus locaux, les enseignants, des chercheurs, des médecins spécialistes et généralistes des deux communes. En 1992, une grande opération de prévention impliquant toute la population a été mise en place, fondée sur de l'éducation nutritionnelle ludique et de l'éducation physique. Depuis 2002, l'opération est complétée par un "coaching santé" : 3 000 personnes bénéficient d'un bilan de santé et de mode de vie et de recommandations hygiéno-diététiques adaptées. Concernant les F&L, des réunions, des affiches, des communiqués via les médias, leur introduction dans les enseignements, ont permis l'amélioration des connaissances ; des ateliers de goût ont modifié les attitudes.

Cette opération a montré la possibilité d'infléchir les comportements alimentaires et d'hygiène de vie. Si la consommation de fruits n'a pas bougé, celle de légumes a bien progressé en substitution aux frites ou pizzas. L'évaluation avant-après programme (1992-2007) montre que l'obésité infantile n'a progressé que de 4% chez les filles et 1% chez les garçons à Fleurbaix et Laventie, alors qu'elle progressait de respectivement 95% et 195% dans le Nord-Pas-de-Calais.

Le programme EPODE est un programme de santé publique et de prévention conçu pour limiter la progression de l'obésité infantile par un plan d'intervention sur cinq ans. Lancée par l'Observatoire des Habitudes Alimentaires et du Poids en janvier 2004 au sein de dix villes pilotes en France (Royan, Vitry, Evreux, Roubaix, Beauvais, Asnières-sur-Seine, Meyzieu, Thiers, Béziers et Saint-Jean), cette démarche fait aujourd'hui école (123 villes ont adhéré en 2007) et confirme, le rôle clé de la ville comme acteur d'une prévention santé de proximité.

Le concept EPODE consiste à s'appuyer sur l'ensemble des relais locaux à l'échelle de la ville, dont ce n'est pas spécifiquement a priori la vocation, pour promouvoir auprès des enfants et de leurs familles des habitudes de vie en matière d'alimentation et d'activité physique, en conformité avec les recommandations de PNNS. Le programme repose sur un multi partenariat impliquant la ville, des partenaires institutionnels, des partenaires privés nationaux et locaux, les institutions locales de santé... Il consiste notamment à familiariser les enfants aux F&L dès la maternelle en favorisant la découverte culinaire et gustative. Il est assorti de campagnes d'affichage dans les villes.

4.4. La question de l'évaluation des politiques

Si les initiatives en faveur des F&L au sein de programmes de prévention plus larges sont nombreuses, les évaluations sérieuses permettant de juger de leur pertinence et de leur efficacité font largement défaut. Une synthèse de l'intérêt et des limites de chacune d'elles est donnée tableau 4. Ainsi, si 21 des 87 projets régionaux intégrés au PNNS 1 affichent l'augmentation de la consommation de F&L parmi leurs objectifs, une évaluation n'est disponible que pour 7 d'entre eux. L'Office Parlementaire d'Evaluation des Politiques de Santé du Sénat

Tableau 4. Grille d'évaluation des actions génériques

Type d'action	Intérêt	Limites	Difficultés de suivi, Evaluation
Education nutritionnelle	Améliore connaissances et attitudes Outils disponibles Facile à intégrer dans les programmes éducatifs des jeunes Impact positif sur les très jeunes	Résultats très limités sur les adultes et personnes âgées La nature du message (positif ou négatif) aurait peu d'impact L'implication des populations cibles est nécessaire pour un meilleur résultat Renforcer le message central par un travail sur l'environnement de la cible Pour les enfants, 50 heures minimum nécessaires, à réitérer	Le suivi doit être collectif Evaluation aisée
Labels ou Marketing informationnel	Peut être largement diffusé Information simplifiée Evite le ciblage de populations	L'information diffusée doit être crédible : clarté, stabilité du contenu, facilité d'application pratique Peut être contreproductif car "santé" s'oppose souvent à "goût" Doit être couplé à un meilleur accès aux produits Pas d'impact sur les populations démunies qui ne voient pas leurs conditions matérielles se modifier Ne doit pas susciter de la confusion (messages PNNS sous les publicités alimentaires)	Opérations coûteuses car doivent s'inscrire dans la durée et passer par les médias Evaluation difficile car intervention diffuse
5 a day	Message simple à concevoir et à diffuser Impact modeste sur la consommation pouvant aller jusqu'à 1 portion supplémentaire/personne/jour Stabilité voire croissance de l'effort sous condition d'un environnement satisfaisant	Défaut de compréhension des quantités : 5 F&L ou 5 portions ? Défaut de compréhension du contenu : produits frais et/ou industriels ? Jus de fruits inclus ou pas ? Agir sur la praticité des produits Pas d'impact sur les populations à faibles revenus Agit mieux si accompagné de stratégies adaptées à une population cible	Opérations coûteuses car doivent s'inscrire dans la durée et passer par les médias Doit être relayé par le corps médical, les responsables scolaires, les familles Evaluation relativement aisée si action localisée ou effectuée dans un milieu fermé (école, cafétéria...) ; difficile au niveau national car action diffuse
Favoriser l'accès aux produits	Suscite l'achat et des attitudes positives Impact positif dans les écoles (distributeurs ou cafeterias) pour les fruits ; pas d'impact pour les légumes plus soumis au savoir-faire culinaire Jardins scolaires ou familiaux peuvent avoir un bon impact L'environnement familial de l'enfant décuple les effets positifs	La qualité des produits est un frein récurrent ainsi que leur praticité Dans le cas de distribution de produits, opération coûteuse Nécessite l'engagement de professionnels : versions industrielles de produits frais, emballages-portions, produits attractifs en grande distribution... Repenser les approvisionnements pour offrir des produits mûrs et goûteux Favoriser l'accès dès le plus jeune âge, notamment au sein des familles	Evaluation relativement aisée en milieu contrôlé
Coupons d'achat	Permet de cibler les populations Aide directe aux plus démunis Système relativement aisé à mettre en place (tickets restaurants ou distribution par les Comités d'actions sociales communales ou par l'intermédiaire des épiceries sociales) Favorise une collaboration intersectorielle	Doit être assorti de campagnes de sensibilisation des populations démunies pour lesquels les F&L ne sont pas la priorité alimentaire. Doit être complété par des mesures en faveur de l'accès physique Ciblage pouvant être coûteux	Nécessite un comité de suivi local et une évaluation régulière Evaluation relativement aisée
Prix / subventions	Action non ciblée dont l'effet peut être immédiat Favorise une collaboration intersectorielle Peut favoriser les produits locaux si approche discriminante	Ne favorise pas la baisse de l'inégalité entre populations car mesure politique générale Si les subventions sont issues de taxes des produits "jugés négatifs", risque d'aggravation de la situation économique des démunis très portés sur ces produits Doit s'inscrire dans la durée	Evaluation difficile en raison de nombreux autres facteurs confondants
Actions combinées	Agit sur les différentes variables déterminantes du choix du consommateur Augmente les chances de succès Favorise la cohérence des actions multiples menées au niveau des collectivités territoriales Favorise le lien entre professionnels de la santé, du système alimentaire et les usagers, ainsi que la recherche	Disposer d'un comité de suivi sérieux pour éviter la dispersion Nécessite de la rigueur dans les choix prioritaires, de la volonté dans les actions et un animateur charismatique et indépendant	Comité de suivi plurisectoriel Multiples enquêtes nécessaires pour l'évaluation Evaluation de chaque action nécessaire ainsi que l'évaluation globale.

(Rapport d'information n°8 (2005-2006) de Gérard Dériot : "La prévention et la prise en charge de l'obésité") souligne d'ailleurs cette absence d'évaluation ou les limites de ce qui en tient lieu.

En effet, les "évaluations" disponibles ne proposent souvent qu'un bilan quantitatif des actions menées (nombre de personnes touchées, ayant suivi telle formation, nombre d'heures d'éducation, de repas incluant des F&L biologiques par exemple...) ou la description de processus (dispositifs, obstacles rencontrés, surmontés...). Quelques unes estiment l'évolution des connaissances des personnes ou la satisfaction des publics. Mais encore trop peu d'opérations s'engagent dans l'évaluation des modifications de comportement ou l'utilisation d'indicateurs médicaux (évolution de l'IMC par exemple, marqueurs biologiques) pour mesurer les résultats. Enfin, des effets tels que l'impact sur l'agriculture locale ou la réduction des inégalités ne sont jamais pris en compte.

Une réelle réflexion sur des méthodes harmonisées serait à engager pour permettre des évaluations comparées entre différents instruments. Face au constat de relative inefficacité des programmes d'éducation nutritionnelle par exemple, l'USDA a remis en cause les outils d'analyse d'impact, et notamment la méthode du "rappel des 24 h" avant et après l'intervention. Cette méthode conduit à une sous-évaluation des quantités consommées, en particulier par les personnes en surpoids, plus fréquentes dans les populations à bas revenus. Le Food Frequency Questionnaire (FFQ) s'est aussi révélé trop complexe car il indique les fréquences et les tailles de portions pour 100 aliments. Ce constat a conduit l'USDA à mettre au point en 1997 la Food Behaviour Checklist (FBC), qui a été validée : 11 des 41 questions portent sur les F&L et elle reflète bien un impact établi sur la base d'indicateurs biologiques (vitamine A, folates). Cet outil validé aux Etats-Unis devrait l'être aussi dans le contexte français et être généralisé.

L'évaluation des politiques est une dimension largement absente des programmes publics. Et lorsqu'elle est prévue, il s'agit bien souvent d'une auto-évaluation sur la base de critères révélant l'évolution du processus plutôt que la pertinence de l'action. Cette situation devrait évoluer avec la LOLF, qui impose pour toute action publique de se fixer des objectifs et se donner des moyens d'évaluer les conséquences. Encore faut-il se doter d'outils comparables et crédibles. Cela suppose d'associer des scientifiques dès le début de l'opération, démarche qui n'est pas toujours comprise comme nécessaire. Aux Etats-Unis, l'USDA inclut systématiquement dans l'enveloppe budgétaire des programmes, pour leur évaluation, le fonctionnement d'un panel d'experts indépendants, en liaison avec le Committee on National Statistics. En France, le PNNS s'est récemment doté d'outils d'évaluation de chaque action qu'il soutient, ce qui permettra de disposer, pour le PNNS 2, d'éléments plus objectifs de décisions politiques et d'amélioration des interventions. Il conviendrait toutefois d'harmoniser les méthodes d'évaluation entre les différents niveaux d'interventions (local, régional, national) avec des scientifiques indépendants des responsables de l'élaboration des programmes.

4.5. Conclusions

Les interventions visant uniquement les préférences des consommateurs (éducation nutritionnelle, marketing informationnel) améliorent les connaissances et les attitudes, mais ont un faible impact sur les comportements, sauf lorsqu'elles sont très ciblées (enfants), relayées par plusieurs acteurs, et qu'elles font l'objet de mesures d'accompagnement. L'amélioration des connaissances et des attitudes, qui est un préalable nécessaire, n'induit pas forcément le passage à l'acte, compte tenu des contraintes de l'environnement du consommateur ou du fait que les F&L ne font pas partie du répertoire alimentaire des populations ciblées.

Les recommandations en termes de fréquence de consommation sont plus efficaces que celles ne portant que sur l'accroissement des quantités. La recommandation "5 par jour" est pertinente car les variations inter-individuelles de consommation sont plus liées à la fréquence des prises qu'à la taille des portions. Cette recommandation n'est cependant pas toujours bien comprise par le consommateur.

Peu de travaux permettent d'évaluer rigoureusement les interventions sur l'environnement du consommateur. Elles apparaissent néanmoins plus efficaces que les actions dirigées vers les préférences des individus. Les interventions en milieu scolaire sont encourageantes, surtout lorsqu'elles sont complétées par des actions sur la famille. Les interventions sur les prix sont efficaces à court terme en milieu contrôlé, c'est-à-dire lorsque les possibilités de substitutions sont limitées (restaurant, cantine).

Bien que sensibles à l'information nutritionnelle, les populations défavorisées sont souvent dans l'incapacité pratique de mettre en œuvre les recommandations ; celles-ci doivent s'accompagner d'actions sur leur environnement (offre, prix) pour avoir quelque effet. La distribution de bons alimentaires à des populations défavorisées (programme des *food stamps* aux Etats-Unis) n'est efficace sur la consommation de F&L que quand elle est complétée par de l'éducation nutritionnelle et des conseils d'usage, visant des populations culturellement homogènes.

Assez logiquement, il semble bien que les interventions efficaces sont celles qui prennent en compte l'ensemble des dimensions et des contraintes de la consommation, agissent à la fois sur les préférences des individus et sur leur environnement, prévoient une implication active des personnes ciblées et sont élargies au milieu social environnant. Les interventions combinées les plus efficaces sont celles menées à l'échelle locale, d'une ville par exemple.

Toutefois, beaucoup reste à faire, en particulier au niveau méthodologique, pour évaluer rigoureusement l'impact global de ces interventions.

Une réflexion sur les approches évaluatives, les méthodes d'évaluation et la mise au point de référentiels pour des interventions locales, semble incontournable si l'on veut convaincre les financeurs et améliorer les initiatives. Cette réflexion doit intégrer le fait que évaluer ce n'est pas seulement mesurer, c'est aussi comprendre les mécanismes et les conditions de réussite d'un programme. Concevoir une politique, c'est émettre des hypothèses sur les conséquences d'une action, évaluer c'est soumettre les hypothèses à l'épreuve des faits.

5. Les filières de F&L entre enjeux économiques et de santé publique

L'économie du secteur des F&L est conditionnée par des éléments souvent mentionnés dans les débats publics :

- Les cultures de F&L frais sont consommatrices de main d'œuvre et, particulièrement pour les productions maraîchères sous serres, d'énergie. Ainsi, en moyenne, le travail salarié représente près de 30% des coûts totaux de production des F&L alors qu'il n'est que de 9% en moyenne pour l'agriculture. Les dépenses d'énergie pour la production horticole et maraîchère représentent 17% des consommations intermédiaires contre 6% en moyenne en agriculture.
- La logistique du verger au magasin est complexe et pour les F&L les plus périssables, elle conditionne fortement la qualité des produits mis en marché.
- Les aléas climatiques, mais aussi les attaques d'agents pathogènes, induisent une forte variabilité des quantités produites selon les années et les zones de production. Il en découle une variabilité dans les ajustements entre l'offre et la demande qui débouche sur de fortes variations des prix de marché au cours du temps.

Au-delà de ces éléments bien connus, si l'on veut établir les mécanismes qui influencent, sur le long terme, le fonctionnement du marché des F&L, il faut considérer quatre éléments importants : (1) les gains de productivité et la transmission des prix dans les filières, (2) les déterminants de la qualité des produits et de la segmentation du marché, (3) les normes publiques et privées pour la sécurité sanitaire des produits et, enfin, (4) les mécanismes qui affectent le commerce international des F&L. Ces 4 points seront examinés successivement, avant de discuter, pour conclure, les pistes d'action pour une croissance de la consommation de F&L.

5.1. Gains de productivité, transmission des prix et pouvoir de marché

Si l'on cherche à comprendre les mécanismes de formation des prix de détail, il est important (1) de cerner, tout d'abord, l'origine et les niveaux des gains de productivité à chaque maillon des filières (agrofourmiture, production, mise en marché, logistique, distribution), (2) de comprendre, ensuite, les modalités de transmission de ces gains *via* des baisses de prix jusqu'aux consommateurs. La littérature disponible donne quelques éclairages sur les gains de productivité réalisés par l'amont agricole. Elle reste, par contre, très limitée concernant les gains de productivité dégagés plus en aval et dans la distribution.

5.1.1. Origine et répartition des gains de productivité de la production

Le secteur des F&L frais a réalisé des efforts importants d'adaptation au cours des 15 dernières années. Les gains de productivité⁵ ont ainsi été supérieurs à ceux de bon nombre d'autres secteurs agricoles, dans un contexte où les exigences sanitaires et qualitatives se sont notablement renforcées. Ainsi, au cours de la période 1991-2004, les gains de productivité dans les secteurs horticulture/maraîchage et fruits ont dépassé 2% par an et ont été deux fois plus élevés que dans le secteur des cultures industrielles et dans l'ensemble de l'agriculture (Tableau 5). A l'instar de l'ensemble de l'agriculture, il faut noter une chute des gains de productivité dans les années récentes pour l'horticulture/maraîchage ainsi que pour les cultures industrielles. Les gains de productivité sont restés, par contre, à un niveau assez élevé dans le secteur des fruits après 1998.

Tableau 5. Taux annuel de croissance de la productivité totale de quelques productions agricoles en France (en%). Source : Butault (2006)

	Ensemble agriculture	Cultures Industrielles	Horticulture / maraîchage	Fruits
1991-2003	1,09	1,13	2,25	2,08
1991-1998	1,75	2,04	3,85	2,52
1998-2003	0,16	-0,14	0,06	1,46

Quels sont les facteurs qui expliquent le plus les gains de productivité dans les F&L ? Les gains de la productivité partielle du travail sont inférieurs pour ces trois secteurs à celui de l'ensemble de l'agriculture. Néanmoins compte tenu de l'importance du facteur travail dans les secteurs de production F&L, la contribution de l'amélioration de la productivité partielle du travail à l'augmentation de la productivité totale est importante et représente environ la moitié des gains totaux de productivité. Inversement, les gains de la productivité partielle du capital et des con-

5. La productivité se mesure comme le rapport entre le volume de la production et le volume des facteurs de production (consommations intermédiaires, travail, capital, terre). L'analyse des gains de productivité consiste donc à quantifier l'évolution des indices en volume de la production et des facteurs.

sommes intermédiaires sont supérieures à ceux de l'ensemble de l'agriculture pour les productions de produits maraîchers et horticoles et pour les fruits, mais contribuent moins à la formation du surplus de productivité.

La méthode dite des "comptes de surplus" vise à décrire comment se répartissent les gains de productivité. Comparativement à l'ensemble de l'agriculture, les surplus de productivité ont été répartis très différemment dans les secteurs des F&L :

- L'origine des surplus dans le secteur des F&L est composée à près de 100% par les gains de productivité. Ce n'est pas le cas pour les cultures industrielles et pour l'ensemble de l'agriculture pour lesquels, sur la période considérée, les surplus ont trouvé leur origine dans les gains de productivité (60% environ) et dans la variation des transferts de l'Etat (40%).
- Les surplus de productivité dans les secteurs des F&L ont surtout bénéficié à la rémunération du travail familial (entre 65 et 70% des gains ont été utilisés) et beaucoup moins à un transfert vers l'aval sous forme de baisse des prix (35 et 20% respectivement)
- Ceci contraste fortement avec l'ensemble de l'agriculture pour lesquels les gains de productivité (et le soutien de l'Etat) ont été essentiellement transférés vers l'aval et beaucoup moins à la rémunération des producteurs (respectivement 80% et 20%)
- Le transfert vers l'aval des gains de productivité et des apports de l'Etat a été pratiquement total dans le secteur des cultures industrielles.

Ainsi, bien que les gains de productivité aient été significativement plus importants dans les secteurs 'Horticulture-Maraîchage' et 'Fruits', la baisse des prix des produits a été plus faible que dans l'ensemble de l'agriculture. Ceci est bien mis en évidence sur la Figure 6 qui fournit l'évolution des prix des produits agricoles sur la période considérée. On constate également que les écarts dans les évolutions de prix sont considérablement réduits si l'on recalcule un prix incluant les subventions (*i.e.* l'équivalent prix perçu par le producteur).

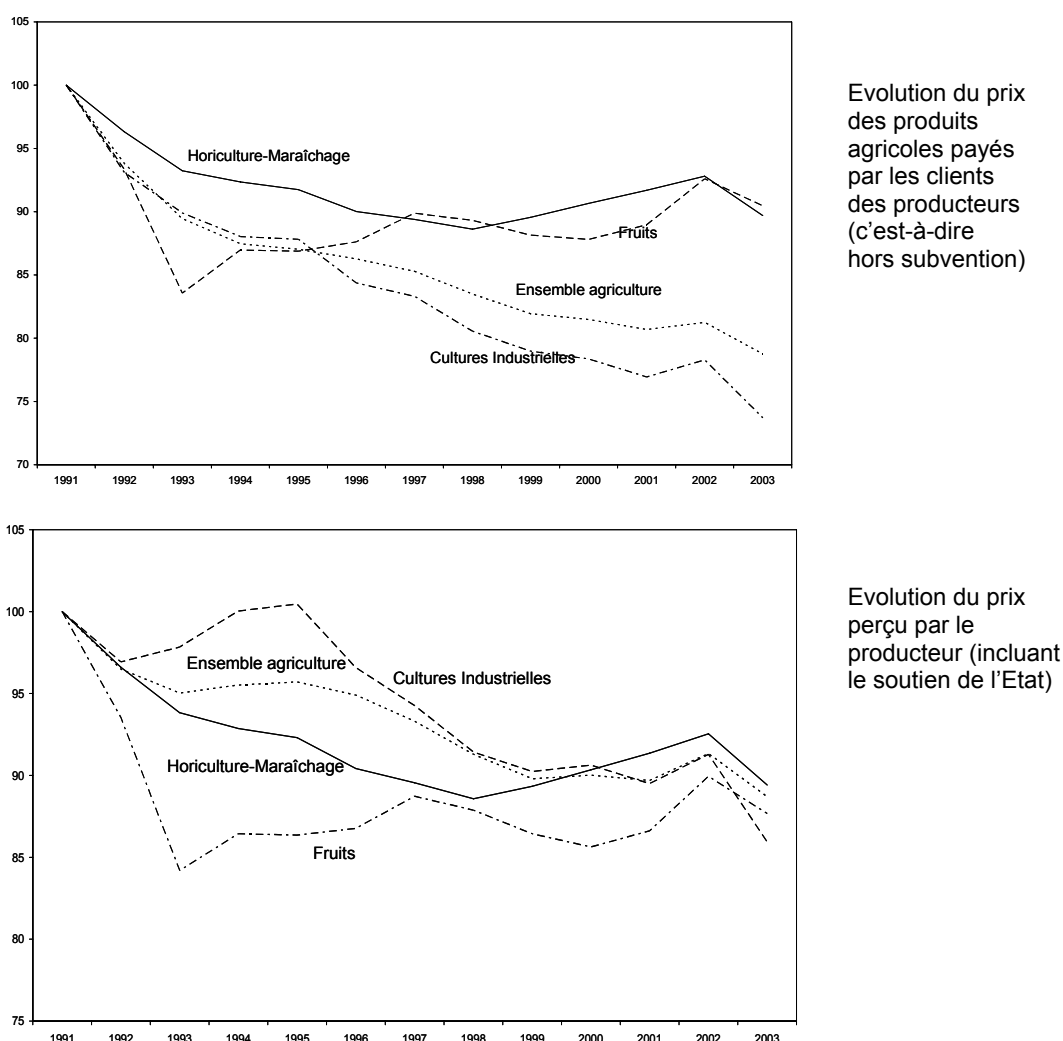


Figure 6. Evolution des prix de quelques produits agricoles en France, sur la période 1990-2004 (Indice 100 = moyenne 1990-1992). D'après Butault (2006)

La priorité donnée à la croissance des revenus dans le secteur des F&L peut s'expliquer par leur faible niveau au regard de la moyenne de l'agriculture, au moins entre 1992 et 2000. On aurait donc un certain effet de rattrapage après la chute très forte des revenus au cours des années 1991-1993. Le maintien à l'amont d'une part significative des gains de productivité n'a cependant pas empêché une très forte disparité de revenus entre les exploitations productrices de F&L. Cette hétérogénéité des résultats économiques, observée pour l'ensemble de l'agriculture, est très marquée dans le cas des F&L (Figure 7).

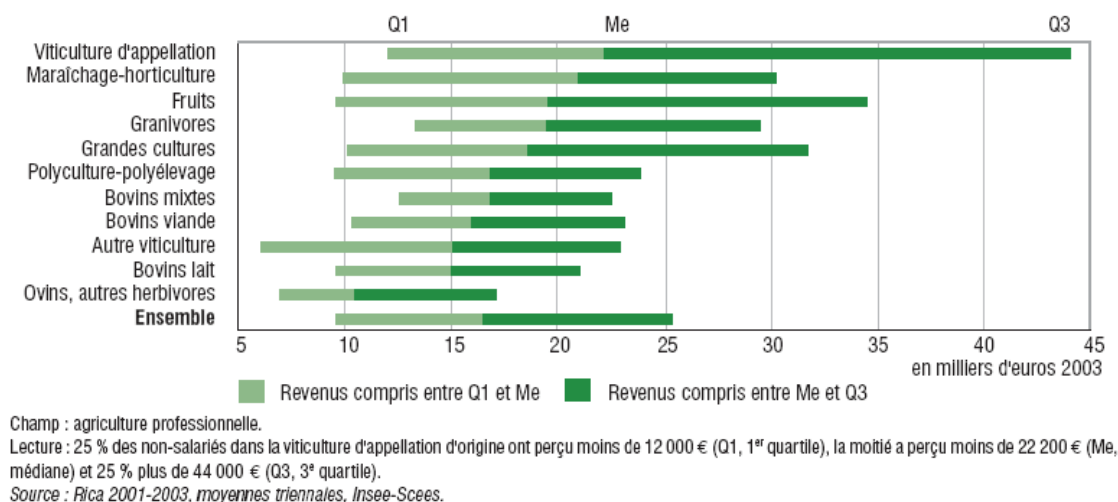


Figure 7. Répartition des revenus d'exploitation selon les secteurs agricole en France
(Source INSEE-SCEES, moyennes triennales 2001-2003)

5.1.2. Transmission des prix

L'analyse statistique de la transmission des prix au sein d'une filière vise à établir les liens de causalité entre les variations de prix aux différents stades (généralement prix d'expédition et prix de détail), à étudier la formation des marges de la distribution, à étudier la vitesse de transmission des variations de prix et à déterminer s'il y a ou non asymétrie dans la transmission des variations de prix (les hausses de prix sont-elles plus facilement et plus rapidement répercutées au consommateur final ?).

Des travaux conduits au niveau européen concluent, dans le cas des F&L, à une transmission symétrique des prix dans la plupart des cas. En outre, les auteurs notent également une légère tendance à la diminution dans le temps du ratio entre prix à la production et prix au consommateur. Une étude réalisée en France, sur la période 1997-2000, montre des résultats variés selon les produits. Les marges de long terme des distributeurs obéissent principalement au principe des marges constantes dans certains cas (tomate ronde), et dans d'autres cas les marges intègrent un élément de proportionnalité du prix d'expédition (cas de la tomate grappe et de l'endive). Les prix au détail ne déterminent pas à long terme les prix à l'expédition, ce qui est parfois interprété comme indiquant le fait que les distributeurs possèdent un pouvoir de négociation tel qu'ils peuvent contraindre les producteurs à fixer leur prix sur la base de l'évolution de leurs coûts et non sur la base de l'évolution de la demande. La transmission symétrique des variations des prix à l'expédition est aussi fréquente que la transmission asymétrique. Lorsqu'il y a transmission asymétrique (cas de la tomate) les diminutions du prix à l'expédition sont transmises plus rapidement au consommateur que les hausses de prix. Dans d'autres cas (l'endive), on observe moins fréquemment d'asymétrie et ce sont les hausses qui sont répercutées plus rapidement que les baisses.

Ces résultats illustrent la variabilité des effets selon les produits, ce qui explique la difficulté à dégager des conclusions définitives sur les mécanismes en jeu pour l'ensemble du secteur des F&L.

5.1.3. Pouvoir de marché de la distribution vis-à-vis de l'amont agricole

Les travaux précédents permettent de décrire comment les variations de prix se transmettent entre amont et aval mais ils ne permettent pas de conclure quant à l'exercice d'un pouvoir de marché d'un des acteurs au sein des filières F&L. Il est important sur ce plan de bien distinguer deux questions : celle du pouvoir de marché à l'égard des fournisseurs et celle du pouvoir de marché à l'égard des consommateurs.

On considère qu'il y a pouvoir de marché à l'égard des fournisseurs si les prix payés à ces fournisseurs sont inférieurs à ceux qui s'établiraient dans un marché (amont) parfaitement concurrentiel. Pour démontrer l'existence de ce pouvoir de marché, il faut donc estimer l'écart entre les prix réels et les prix qui seraient payés dans un fonctionnement de marché supposé concurrentiel. On considère, par ailleurs, qu'il existe un pouvoir de marché en direction des consommateurs si les prix de détail réellement observés sont supérieurs à ceux qui s'établiraient

dans un marché (aval) parfaitement concurrentiel. Dans ce cas, il en résulte des quantités écoulées moins élevées du fait de ce pouvoir d'oligopole. Pouvoirs de marché en direction des fournisseurs et des consommateurs peuvent, ou non, coexister selon les cas. Les recherches conduites sur ces questions distinguent généralement le cas des produits périssables et semi périssables.

Dans le cas des produits périssables, les modèles d'analyse reposent sur les idées suivantes :

- L'offre de court terme est exogène, elle est donnée en fait par les surfaces plantées et les conditions météorologiques. Elle dépend donc d'actions passées. Dans ce cas, dès que le prix au producteur est supérieur au coût de récolte et de mise en marché, les producteurs vont offrir leur produit (l'alternative de ne pas récolter conduit au fait que le producteur perd la récolte).
- La négociation du prix entre les producteurs et les distributeurs sera d'autant plus à l'avantage des distributeurs que la production sera importante.

Ce modèle implique que le prix plancher au producteur est le coût marginal de récolte (coût nettement inférieur au coût moyen de production), que ce prix devrait s'observer en période de forte production ; qu'en dehors de ces périodes, le prix est supérieur à ce prix plancher et que la marge unitaire pour le producteur est d'autant plus grande que la production (du moment) est faible. Ce modèle d'analyse conduit à mettre en évidence l'aspect quelque peu inéluctable des "crises" dans le cas des produits frais périssables. En outre, la réflexion doit intégrer les effets à long terme de cette relation entre producteurs et distributeurs. En effet, la rentabilité de la production agricole doit se déterminer sur l'ensemble de la période de production et non uniquement sur les périodes de pointe de production. Même si les situations de "crise" sont pénalisantes, le profit des producteurs doit s'analyser sur une saison et les producteurs resteront présents sur le marché à la condition que le prix moyen sur l'année (pondérée par les quantités) soit supérieur au coût moyen de production.

Ce modèle a été appliqué à différents marchés de F&L aux Etats-Unis, mais il n'existe pas de travaux empiriques de ce type en France ou en Europe. Dans le cas américain, les travaux montrent que le surplus moyen des producteurs (capté lorsque le prix de vente est supérieur au prix plancher) leur permet de couvrir l'ensemble de leurs coûts. D'après cette analyse, on se trouverait donc dans un régime où globalement le secteur amont rémunère les facteurs de production (y compris le travail familial) à un prix équivalent au prix de marché de ces facteurs. Cela étant, les différents producteurs ne sont pas exposés au même risque en fonction de la période de production où ils sont présents sur le marché. Ceux dont la majeure partie de la production se situe dans les périodes de crise souffrent particulièrement.

Dans le cas des produits semi périssables, les modèles développés se basent sur l'idée que les prix de détail sont généralement moins volatils que les prix d'offre des produits agricoles. Cette rigidité des prix de détail peut s'interpréter de différentes façons (par exemple en raison du coût de changement des prix, de l'impact sur les consommateurs d'un changement fréquent des prix...). Une raison possible réside dans le fait que la fixité des prix est un mécanisme par lequel les firmes de distribution exercent une collusion tacite et pratiquent donc des prix non concurrentiels. Maintenir une rigidité des prix évite une mauvaise interprétation par les concurrents en cas de changement de prix. Ce modèle prévoit des périodes où les prix sont à un niveau non concurrentiel et des périodes où les prix sont à des niveaux concurrentiels.

Des travaux ont estimé un tel modèle dans le cas de différents fruits aux Etats-Unis. Ce modèle permet de distinguer différents régimes de prix sur le marché. Les résultats obtenus sont cohérents avec le modèle défini et montrent qu'une collusion tacite entre les distributeurs est parfois à l'œuvre, d'où il résulte des prix plus faibles pour les producteurs amont et des prix plus élevés pour les consommateurs. L'ampleur de ce phénomène varie fortement d'un produit à un autre, ce qui rend difficilement généralisable à d'autres produits ou d'autres pays les résultats obtenus. Ainsi, dans le cas des pommes, les auteurs concluent à l'existence d'un pouvoir de marché de la distribution (aussi bien un pouvoir de marché sur l'amont que sur l'aval). Dans le cas du raisin de Californie, les auteurs mettent en évidence un pouvoir de marché beaucoup plus faible que pour la pomme. Dans le cas des oranges fraîches de Californie, les auteurs concluent à la présence de pouvoir de marché à la vente, mais un pouvoir de marché beaucoup plus faible (voire inexistant) dans la fixation du prix amont. Un résultat qu'ils rapprochent de l'existence de groupes structurés à l'amont pouvant exercer un contre-pouvoir. Les travaux montrent également que, dans le cas des produits semi périssables, le pouvoir de marché diminue avec le volume des ventes, la possibilité de collusion entre les distributeurs étant plus forte lorsque le volume des produits est plus faible.

Encore une fois, aucun travail empirique évaluant le pouvoir de marché de la distribution dans le secteur des fruits et légumes frais en France ou en Europe n'a été trouvé. Les études disponibles sur le plan international montrent en tous cas une très forte variabilité des situations, tant au cours du temps que selon les régions ou les produits. Cela illustre la difficulté des analyses économiques sur la transmission des prix et les pouvoirs de marché dans ce secteur des F&L, marqué par une très forte hétérogénéité.

Si l'analyse n'est pas faite spécifiquement pour les F&L, plusieurs études générales se sont intéressées à l'intensité de la concurrence entre distributeurs en France et à ses effets potentiels sur les prix de détail. Ces travaux dont les conclusions ont été reprises par la Commission Canivet (2005), ont souligné un niveau insuffisant de concurrence entre distributeurs, du fait des réglementations destinées à réguler le secteur du commerce. Cet effet a pu affecter les prix de détail dans les rayons des F&L frais, qui ont une place centrale dans l'offre des distributeurs. Mais la démonstration n'est pas faite et on ne peut ici que renvoyer à ces analyses plus générales.

5.1.4. Le cas des F&L transformés

L'organisation des filières de production des F&L transformés est très proche de celle que l'on rencontre en général dans les filières agro-alimentaires (tout au moins pour ce qui est des légumes transformés cultivés en plein champ). Ces filières se caractérisent par des relations contractuelles régissant l'amont agricole et l'industrie de transformation et un face à face entre industrie de transformation et distribution qui sont deux secteurs assez concentrés et où notamment le rôle des marques (qu'il s'agisse des marques de producteurs ou des marques de distributeurs) est prépondérant.

Nous n'avons pratiquement pas trouvé de travaux spécifiques concernant ces filières de production dans la littérature scientifique. On a vu précédemment que l'amont agricole avait transféré vers l'aval l'essentiel des gains de productivité effectués à l'instar de ce qui s'était produit pour les grandes cultures⁶. Dans le cas de la production de légumes destinés à la transformation, les accords contractuels liant agriculteurs et transformateurs ont évolué pour passer d'un système de négociation interprofessionnelle (y compris la négociation du prix) à un système de négociation décentralisé entre chaque transformateur et ses groupements de producteurs.

Les relations marchandes entre industrie de transformation et distribution sont du même type que celles observées pour l'ensemble de l'agroalimentaire. La problématique des marques est centrale dans le rapport de forces entre industrie et distribution et donc dans le partage des marges au sein de la filière. Il faut noter que le secteur des légumes transformés (conserves, mais aussi surgelés) est l'un de ceux où les marques de distributeurs sont le plus développées (63% en valeur pour les légumes surgelés et 44% en valeur pour les légumes appertisés à comparer à un taux de 25% environ en moyenne pour les produits de l'agro-alimentaire). Le développement des marques de distributeurs répond à deux objectifs de la part des distributeurs : d'une part, un objectif de différenciation entre distributeurs, d'autre part, un objectif de négociation avec l'amont. En proposant des produits concurrençant les marques de producteurs, les distributeurs cherchent à obtenir des concessions tarifaires de la part de l'amont. La transmission de ces baisses de prix est encore dépendante du degré de concurrence entre distributeurs.

5.2. Qualité, segmentation du marché et organisation des filières

Alors que le secteur des F&L transformés a connu une évolution similaire à celle de l'ensemble de l'agroalimentaire (marques industrielles et de distributeurs, innovations, renouvellement des produits...), le marché des F&L frais a longtemps été un marché de produits peu différenciés, sur lequel les marques ont connu une croissance lente. Or, comme le montrent d'autres exemples étrangers (les USA, par exemple), la consommation semble bénéficier de la croissance de la variété des produits et de l'action des marques.

Au cours des 10 dernières années, cependant, des changements importants ont eu lieu en France pour accroître la qualité et la diversité des produits, l'offre de nouvelles variétés de fruits et de légumes (portée par des entreprises et des groupements de producteurs) se combinant aux stratégies de différenciation portées par la grande distribution. La littérature disponible, tant en France que sur le plan international, ne donne que des indications partielles sur les impacts de ces changements sur les niveaux de qualité/prix des produits mis en marché ou sur les gains et leur répartition au sein des filières de F&L. On peut néanmoins souligner les points suivants.

5.2.1. Qualité et coordination verticale

La maîtrise de la qualité implique des niveaux importants de coordination entre les acteurs de la filière, ce qui soulève des questions complexes en matière de logistique, de gestion des commandes et de transmission des informations entre l'amont et l'aval. La maîtrise des durées des opérations tout au long de la chaîne d'approvisionnement constitue ainsi un enjeu majeur : les temps de chargement/déchargement des produits, de tri, de conditionnement, d'étiquetage, de stockage affectent fortement la qualité des produits les plus périssables.

Sur ce plan de la gestion opérationnelle des flux de produits, des évolutions importantes ont cependant été opérées au cours des 15 dernières années. La logistique a connu de grandes évolutions technologiques, notamment en matière de gestion de l'information. Par ailleurs, plusieurs études ont porté sur la mise en place de la traçabilité des F&L frais et les dispositifs d'assurance-qualité. La traçabilité des F&L frais semble désormais assez répandue et les dispositifs du type HACCP et ISO 9000 ont été assez largement adoptés par le secteur en France. Pour certains auteurs, il existe encore des marges de manœuvre pour améliorer les performances des chaînes d'approvisionnement en matière de traçabilité et de gestion de la qualité, mais elles supposent une intensification des échanges d'informations entre amont et aval.

En termes très généraux, la relation entre les fournisseurs de F&L et leurs clients en aval peut relever de deux logiques différentes :

6. Il peut y avoir des biais dans cette analyse car l'OTEX 14 couvre les cultures industrielles et pas uniquement les cultures de F&L destinées à la transformation.

- la première repose sur le fonctionnement de marchés "spots" sur lesquels les demandes et les offres se confrontent à chaque instant⁷ ;
- la seconde repose sur des relations contractuelles spécifiant des engagements mutuels en matière de prix, de quantité ou de qualité des produits échangés.

L'engagement dans des relations contractualisées est déjà ancien dans le secteur des F&L transformés, entre industrie et producteurs. Le recours à des relations plus stabilisées entre producteurs/expéditeurs (ou importateurs) et distributeurs, au moins pour l'approvisionnement de certains segments de marché, s'est développé plus récemment dans le secteur des F&L frais. Dans de nombreux pays, le développement de la distribution moderne a contribué à remettre en cause les formes traditionnelles d'approvisionnement, les distributeurs ayant en effet intégré une bonne partie des activités de grossistes (*via* les centrales d'achats). De ce fait, la part des quantités échangées directement entre groupements de producteurs/expéditeurs et distributeurs a considérablement crû. Ce mouvement général a été accompagné d'une spécialisation et d'un accroissement de la taille des entreprises d'amont et, pour une fraction du marché, de la recherche d'une complémentarité entre marchés spots et relations contractuelles. Les types de contrats privilégiés par les opérateurs dépendent des secteurs concernés. Dans le cas américain où divers travaux ont porté sur les relations contractuelles dans le secteur des F&L, il apparaît que des contrats de long terme sont généralement privilégiés pour les produits à forte valeur ajoutée (et donc qui impliquent des investissements et/ou des coûts de production plus élevés) ou de commodité (bananes, citrons, oranges...). Dans le cas de produits soumis à de fortes incertitudes (fruits saisonniers, à forte périssabilité...), les contrats sont de plus court terme et n'ont généralement pas de valeur juridique.

Ce développement des démarches contractuelles est fréquemment associé à l'application de cahiers des charges qui imposent des exigences renforcées sur le plan de la sécurité ou de la qualité des produits. Les études montrent que plus la part de contrats est importante sur un marché, plus les fluctuations des cours sur la fraction de l'offre non contractualisée sont fortes. Plus l'offre non contractualisée est soumise à de fortes fluctuations des cours, plus les contrats sont difficiles à tenir. Surgissent alors des problèmes d'engagement qui peuvent rendre difficile la mise en oeuvre de stratégies d'amélioration qualitative de l'offre de F&L.

Si l'on admet que la mise en place de démarches qualitatives est coûteuse, la partie (le fournisseur) qui doit investir ou payer *a priori* les surcoûts, peut réclamer des engagements en quantité ou en prix avant de réaliser ces investissements et payer les surcoûts associés à la production d'un produit de qualité plus élevée. Si, d'un autre côté, la partie qui achète le produit est elle-même soumise à de fortes incertitudes quant à l'écoulement possible du produit sur le marché final, elle peut être réticente à des engagements trop importants *a priori*. Ainsi, pour chaque acteur, une plus grande coordination présente des aspects négatifs et positifs entre lesquels il doit arbitrer. D'un côté, plus de coordination permet une meilleure maîtrise des flux (préservation des caractéristiques du produit, diminution des pertes...) et rend possibles des efforts qualitatifs. D'un autre côté, cette coordination, qui suppose des coûts de mise en place, réduit la flexibilité et la possibilité de changer rapidement de fournisseur ou de client. La résolution de cette tension passe par une plus forte intégration verticale associée à la création de marques.

5.2.2. Segmentation du marché et marques

Il existe un certain nombre de marques mises en place par des entreprises de l'amont (et qui reposent généralement sur des innovations variétales) mais, de façon générale, ces marques sont encore peu nombreuses. Les coûts commerciaux pour la création de marques sont en effet très élevés et difficilement accessibles à des entreprises tant qu'elles restent atomisées. De la même façon, l'utilisation de Signes Officiels de Qualité reste peu répandue. En revanche, on a assisté dans de nombreux pays, y compris en France, à une influence grandissante des standards et des cahiers des charges imposés par les distributeurs et au développement rapide de marques de distributeurs. En l'absence de signes de qualité portés par les producteurs et dans un contexte de faible différenciation des produits, les distributeurs se sont mis en position de leader dans la réorganisation du marché. Les stratégies de différenciation ont été largement associées à la création de Marques de Distributeurs (MDD) utilisées comme l'un des supports de la segmentation croissante du marché.

Il faut noter que ces MDD ont un statut assez différent de celui qu'elles ont dans les secteurs où les marques industrielles et de producteurs ont un poids important. Ici, les MDD n'ont pas pour objectif prioritaire de faire pression sur les fournisseurs (qui sont de toutes façons plutôt atomisés) mais elles visent à renforcer la fidélité des consommateurs à l'enseigne et constituent un élément majeur de la concurrence que se livrent les distributeurs entre eux. Dans ce contexte, producteurs et distributeurs peuvent, sous certaines conditions, avoir intérêt à coopérer pour la mise en place de ces MDD. Cette coopération est d'autant plus incontournable que les segments de marché à approvisionner induisent des surcoûts et/ou des investissements élevés.

La segmentation du marché permet de mieux tenir compte de la variété des préférences et des dispositions à payer des consommateurs. De ce point de vue, les consommateurs peuvent y trouver un bénéfice. Cette segmentation du marché n'a, cependant, pas nécessairement pour objectif la croissance de la consommation mais vise à mieux tirer partie des dispositions à payer des consommateurs les plus demandeurs de qualité. En théorie, elle permet d'accroître la valeur dégagée et captée par les entreprises en rendant possible une

7. La pratique du "prix après vente" dans le secteur du frais entre les grossistes et les metteurs en marché est répandue en France. Aucune analyse n'a été trouvée sur ce point dans les publications examinées.

augmentation du prix moyen sans diminution des quantités vendues. Elle permet, ainsi, ce que l'on nomme une "discrimination" des consommateurs. Aucune recherche économétrique n'a été conduite, à notre connaissance, pour évaluer ces éléments sur des données réelles. On peut, néanmoins, remarquer que la segmentation de certains marchés, comme celui de la pomme, n'a apparemment pas conduit à un accroissement sensible des niveaux de consommation. Elle a cependant été accompagnée, en moyenne sur plusieurs années, d'une relative hausse des prix (avec un maximum en 2004, suivi d'une baisse ensuite). Il est possible, mais ce serait à vérifier sur la base de travaux plus étayés, que la segmentation ait alors accru les niveaux de demande de façon telle que la consommation reste stable malgré une augmentation des prix.

5.3. Interventions publiques et privées pour la sécurité sanitaire des F&L

La question de la sécurité sanitaire est importante à considérer dans la perspective d'une croissance de la consommation de F&L pour deux raisons : d'une part, elle fait partie des préoccupations fréquemment mises en avant par les consommateurs ; d'autre part, les exigences renforcées en matière sanitaire peuvent avoir des effets économiques importants, tant sur l'organisation des filières que sur les prix de détail.

On observe depuis une dizaine d'années un durcissement de la réglementation (nationale et européenne) et un accroissement des exigences commerciales en matière de qualité sanitaire dans les filières alimentaires. Ces évolutions se sont traduites par une implication croissante des acteurs privés dans la gestion de la qualité sanitaire, pour se conformer à la norme publique mais aussi mettre en œuvre des normes privées plus contraignantes. S'est ainsi mis en place, dans de nombreux pays, un système de "co-régulation" public/privé des questions sanitaires. Les dispositifs diffèrent selon les pays, y compris au sein de l'Union Européenne, où le principe de souveraineté nationale subsiste pour de nombreuses règles sanitaires, notamment celles du volet "contrôle et sanction".

5.3.1. Modalités et déterminants de la régulation

Jusqu'au début des années 90, le régulateur public intervenait seul dans les 4 domaines que sont la définition des normes d'objectifs à atteindre et de moyens/procédures à utiliser pour atteindre ces objectifs, le suivi et le contrôle de ces normes. Avec le resserrement des budgets publics et les nouvelles obligations réglementaires, le développement des crises et la plus grande sensibilité des consommateurs et des citoyens, d'autres acteurs sont intervenus progressivement dans la régulation, aux côtés de l'Etat. Ces acteurs privés ont plus particulièrement investi les domaines du suivi et du contrôle des normes, mais ils interviennent également dans la définition de normes ou de standards de qualité sanitaire.

Encadré 19. La diversité des dispositifs de régulation de la qualité sanitaire

L'enjeu sanitaire a conduit à l'émergence d'un grand nombre de démarches visant à conformer les entreprises à la norme publique, voire à mettre en œuvre des normes privées plus contraignantes que la réglementation publique. Dans ce dernier cas, il s'agit de démarches qualifiées de "volontaires" dans la mesure où elles ne sont pas imposées par les pouvoirs publics. Elles peuvent relever d'initiatives individuelles ou collectives.

Plusieurs types de démarches collectives visant à maîtriser la qualité sanitaire des F&L ont ainsi vu le jour : des démarches purement volontaires, sans intervention de l'Etat (analyses de résidus mises en place par certaines filières, par exemple) ; des démarches négociées avec l'Etat (conventions d'importateurs de Perpignan et de Rungis) ; des démarches non obligatoires, définies par l'Etat et pouvant être adoptées par les opérateurs des filières (cas de l'Agriculture raisonnée).

Parmi ces stratégies, certaines sont visibles au consommateur et prennent la forme de labels (marques privées, signes officiels de qualité) ; d'autres ne sont visibles que pour les acteurs de la filière (elles se traduisent le plus souvent par des marques commerciales mais qui ne sont pas visibles au consommateur). Les systèmes de management de la qualité sanitaire sont mis en œuvre au niveau de la production ("Farm Assurance Schemes", référentiels de Bonnes pratiques agricoles ou de Production intégrée), dans les stations de conditionnement ou dans la filière (traçabilité, systèmes d'information, systèmes de contrôle des résidus).

Le support de ces stratégies est généralement un cahier des charges ou un référentiel dont l'initiateur (ou le propriétaire) peut être un collectif de producteurs (Charte Nationale Tomate ou Pomme), un distributeur (cahier des charges FQC) ou un collectif de distributeurs (Eurep GAP), un ou des fournisseur(s) d'intrants (référentiel ECPA), un certificateur, un organisme international (ISO) ou l'Etat (démarche HACCP, Agriculture Raisonnée). Le contrôle de l'application de tels référentiels peut être un auto-contrôle, un contrôle du groupe professionnel ou, de plus en plus, un contrôle par un certificateur indépendant, ce qui constitue souvent une meilleure garantie pour le consommateur. Dans quelques cas émergents, le contrôle est effectué par des organisations de consommateurs ou de citoyens.

La démarche HACCP (fondée sur une analyse de risques qui permet ensuite de focaliser les moyens de contrôle sur les points essentiels à leur maîtrise), a fait ses preuves dans le domaine de la contamination microbienne et a été rendue obligatoire par les pouvoirs publics dans les secteurs des produits d'origine animale (exposés à des risques microbiens élevés). Elle reste volontaire dans le secteur de la production des F&L. Les distributeurs d'Europe du Nord (référentiel BRC...) l'ont rendue quasi-obligatoire dans les stations de conditionnement. Elle n'a en revanche pas été retenue au niveau de la production où son coût est jugé trop élevé par rapport aux risques en jeu.

Les dispositifs de contrôle sanitaire impliquant les acteurs privés sont très divers (Encadré 19) : démarches obligatoires (imposées par la réglementation) ou volontaires, individuelles ou collectives, visibles au consommateur (marques privées, signes officiels de qualité) ou non, initiées par l'Etat, des producteurs ou des distributeurs, voire des consommateurs... Elles peuvent porter sur une partie (la production, les stations de conditionnement des produits) ou l'ensemble de la filière, comporter ou non la définition de normes privées plus contraignantes que celles imposées par la réglementation...

Les raisons d'une implication croissante du privé dans le contrôle sanitaire sont notamment l'obligation réglementaire d'autocontrôle et de traçabilité, le changement de régime de responsabilité, l'insuffisance des contrôles publics. Les déterminants des modalités ou du degré d'implication du privé apparaissent lorsque l'on compare les systèmes de contrôle entre pays ou entre secteurs. Au Royaume Uni où la responsabilité pénale est celle du dernier metteur en marché, les acteurs les plus impliqués sont les distributeurs. En France, où la responsabilité est celle du premier metteur en marché, l'implication est plus forte du côté des producteurs et des importateurs. La comparaison entre les secteurs de la viande et des F&L montre que l'implication des acteurs privés est d'autant plus forte que le contrôle public se fait moins présent ou, ce qui est souvent corrélé, que les impacts sur la santé humaine sont objectivement ou politiquement moins sensibles. D'autres déterminants de ces démarches se situent au niveau des politiques publiques agricoles (développement des mesures incitatives, renforcement de la réglementation en matière d'utilisation de pesticides) et du marché (préférences des consommateurs, exigences accrues des distributeurs, positionnement stratégique sur les marchés, expansion des parts de marché...).

Les quelques travaux consacrés à la régulation privée montrent la place importante des démarches de qualité sanitaire de la grande distribution. Son implication dans les dispositifs de contrôle date de la mise en place au Royaume Uni, en 1992, du *Food Safety Act* qui accroît la responsabilité pénale du distributeur et l'incite fortement à organiser sa filière d'approvisionnement pour contrôler la qualité sanitaire. Grâce à leur position de force dans la filière, les distributeurs organisés (EurepGAP, BRC, IFS...) sont capables de faire respecter à moindre coût une certaine discipline en matière de qualité sanitaire. Les normes privées qu'ils définissent peuvent acquérir un statut de quasi obligation lorsque l'application de la norme est une condition d'accès à certains marchés (cas de la norme EurepGAP imposée par une moitié des distributeurs européens).

Les travaux disponibles soulignent également le rôle d'aiguillon que joue la responsabilité commerciale des distributeurs. Cette responsabilité commerciale est collective, compte tenu du caractère générique des F&L, de l'absence de marques fortes visibles au consommateur et des biens de réputation collectifs mis en jeu par la qualité sanitaire des F&L. Elle est au moins aussi déterminante que la responsabilité pénale que supportent les distributeurs dans les pays tels que le Royaume-Uni. Dans les pays où les consommateurs sont organisés pour exiger et contrôler la qualité sanitaire, la menace commerciale peut peser individuellement sur les distributeurs, en fonction des résultats des analyses produits par les associations de consommateurs.

Ces différences d'environnement institutionnel conjuguées aux différences d'appréciation du risque commercial contribuent à expliquer les différences de stratégies (individuelles *versus* collectives comme EurepGAP) et d'exigences sanitaires vis-à-vis de leurs fournisseurs, des distributeurs européens.

5.3.2. Efficacité et impacts des dispositifs de régulation

L'efficacité des différents types de régulation est peu évaluée. Les quelques études disponibles montrent que les systèmes verticalement intégrés obtiennent de meilleurs effets au niveau de la qualité sanitaire (taux plus faibles de résidus), et qu'ils peuvent rester compétitifs malgré des prix de revient plus élevés. L'adoption de systèmes d'assurance de la qualité sanitaire et la mise en place d'un système performant de gestion des données permettent de diminuer les coûts de transaction.

Les dispositifs de régulation de la qualité sanitaire peuvent avoir des impacts sur la filière (concentration des structures, efficience des transactions, répartition de la valeur entre acteurs de la filière...) et sur le marché (prix au consommateur, volumes consommés, degré de couverture du marché national par les produits importés...).

Les impacts des régulations publiques ou privées sur la structuration de la filière ont été peu étudiés. En règle générale, les stratégies de signalisation et de contrôle de la qualité sanitaire conduisent à une segmentation du marché, entre produits génériques et produits de labels, qui influence le niveau des prix ainsi que le partage de la rente entre producteurs et distributeurs. Les démarches de normalisation collective ne contribuent pas forcément au relèvement du niveau de qualité sanitaire : un standard élevé de distributeurs peut ne susciter l'adhésion que de producteurs initialement bien équipés pour le respecter, les autres ayant intérêt à rester sur le marché du produit générique.

L'impact des mesures sanitaires sur les prix et les volumes de F&L consommés n'a pas été, à notre connaissance, quantifié. Les impacts sur les échanges internationaux de F&L ont en revanche été étudiés. La plupart des travaux estiment que les normes et mécanismes d'assurance mis en place sur les marchés domestiques de l'hémisphère Nord ont un effet "barrière à l'entrée" important vis-à-vis des importations en provenance des pays du Sud. Ces barrières sanitaires peuvent également jouer entre pays riches (impact sur les exportations américaines de pommes vers le Japon, par exemple). L'objectif de qualité sanitaire joue un rôle dans le choix du système d'approvisionnement de la grande distribution pour les produits importés.

5.3.3. L'évaluation des politiques publiques

Il n'existe pas de références économiques sur le choix du niveau minimum de sécurité/qualité sanitaire imposé par les pouvoirs publics. Cette lacune est sans doute liée à la difficulté d'évaluer l'impact des contaminations chimiques sur la santé humaine et par conséquent d'utiliser des critères économiques. Elle reflète aussi la réalité des procédures de décision publique, jusqu'ici essentiellement fondées sur des arguments scientifiques et des considérations politiques. Les évaluations des politiques sanitaires sur la base d'analyses coûts/bénéfices sont en effet récentes.

Rendue obligatoire aux Etats-Unis en 1993 (*Government Performance and Results Act*), l'évaluation des politiques publiques est progressivement engagée par d'autres pays et par des organisations internationales (Commission Européenne, FAO/OMS...). Dans le domaine sanitaire, elle consiste à mesurer et comparer les coûts des interventions publiques et les bénéfices pour la santé humaine (nombre de vies épargnées, réduction des dépenses de santé...), mais aussi de plus en plus, les coûts et bénéfices pour les secteurs économiques concernés par ces mesures (externalités sur la filière et le marché), les impacts sur le consommateur (perceptions de la qualité sanitaire qui conditionnent son intention d'achat et son consentement à payer) et au niveau politique (popularité des mesures, écho médiatique).

Pour l'instant, ces analyses coûts-bénéfices restent peu satisfaisantes : elles se heurtent à de nombreuses difficultés de mesure et d'accès aux données, de méthode et d'opérationnalité du cadre d'analyse. Une réflexion générique est en cours en Amérique du Nord pour proposer un cadre d'analyse et des méthodes permettant d'évaluer et de hiérarchiser les risques sanitaires de diverses productions végétales. Elle peut intéresser les pouvoirs publics mais aussi les acteurs privés organisés qui proposent des standards de qualité sanitaire d'envergure internationale (EurepGAP, BRC...).

L'efficacité de la co-régulation provient de sa nature "hybride", qui allie rigueur de la régulation publique et flexibilité de la régulation privée. La co-régulation qui se développe surtout dans le domaine du suivi et du contrôle des normes publiques, suppose que soient remplies un certain nombre de conditions : un niveau de risque pour la santé humaine pas trop élevé (les résidus de pesticides sont plutôt dans ce cas, comparés aux problèmes de contamination microbienne), la mise au point d'indicateurs pour détecter et mesurer les problèmes sanitaires, une bonne réactivité des acteurs privés impliqués, un système d'incitations adéquat et surtout, une confiance et une compréhension mutuelles. La co-régulation doit veiller par ailleurs à ne pas léser les autres acteurs privés impliqués dans la mise en œuvre du dispositif (les producteurs par exemple) et être acceptée par les acteurs de la société civile (associations de consommateurs et de citoyens) qui craignent que le retrait partiel de l'Etat conduise à un certain relâchement des efforts en matière de qualité sanitaire.

5.4. Echanges internationaux des F&L et protection du marché européen

Le secteur des fruits et légumes frais, en Europe, bénéficie peu de mesures de soutien direct de la politique agricole commune. Il n'existe plus, depuis 1997, de prix institutionnels dans ce secteur et la gestion du marché, en cas de baisse très forte des prix de marché, est faite pour certains produits par des retraits réalisés par les organisations de producteurs. Toutefois, ces retraits sont depuis 1996 limités en quantité et les indemnités versées ont fortement diminué. La protection aux frontières représente ainsi l'instrument majeur de régulation des marchés européens de F&L.

5.4.1. Les marchés communautaire et français des F&L

Le commerce de fruits et légumes de l'Union Européenne (UE) est avant tout marqué par une prépondérance des échanges intra-communautaires. Ainsi, non seulement les pays européens sont les principaux fournisseurs du marché de l'UE (près de 70% des importations de la zone), mais ce marché représente le principal débouché des exportations de ces pays (87,5%). Les Pays méditerranéens (non UE) sont derrière les Etats-Unis les principaux fournisseurs extra-communautaires de fruits et légumes de l'UE. Enfin, les produits de contre-saison représentent une caractéristique importante des importations de F&L. Ainsi, les pays de l'hémisphère sud (Chili, Afrique du Sud notamment) fournissent près de 18% des importations européennes extra-communautaires.

En France, les importations représentent une part non négligeable : en 2004, 61% de la demande française des fruits frais et 39% de la demande de légumes frais étaient couverts par des importations. La part des importations de F&L provenant de l'UE15 (58%) est cependant moins importante en France que dans les autres pays européens. Parmi les pays tiers, les pays méditerranéens sont les principaux fournisseurs. La structure d'approvisionnement est très différente selon qu'il s'agit de légumes ou de fruits. Pour les légumes, 68% des importations proviennent d'un autre pays européen (Espagne principalement) et les pays méditerranéens sont de loin les principaux fournisseurs non européens (60%). Pour les fruits, la part des fournisseurs européens est beaucoup plus faible (51%) et les pays de l'hémisphère sud vendent à la fois des produits exotiques (bananes, ananas...) et des fruits de contre saison (pommes, poires).

5.4.2. La protection du marché communautaire : impacts sur les volumes et les prix des importations

A la suite des accords OMC de Marrakech signés en 1994, pour la majorité des fruits et légumes (comme pour les autres produits agricoles), les prélèvements variables aux frontières ont été supprimés et remplacés par une taxe *ad-valorem* (droit en % du prix d'importation) à laquelle s'ajoutent, pour certains produits, des montants spécifiques (en €/100kg). Toutefois la protection du marché européen est définie de façon plus complexe pour une quinzaine de produits (tomate, concombre, artichaut, courgette, pomme, poire, pêche, abricot, prune, cerise, raisin de table et agrumes), qui représentent près de 70% de la production en valeur des pays de l'UE15 et près de la moitié de la consommation européenne totale de F&L. Pour ces produits, la protection est variable et dépend du prix d'entrée du produit sur le marché européen - c'est le système dit du prix d'entrée. Plus le prix est faible, plus la protection appliquée est élevée. En outre, pour ces 15 produits mais aussi d'autres F&L, la protection peut varier au cours de l'année – elle est forte dans les périodes de forte production européenne (été-automne) et moins importante en hiver.

Parallèlement aux accords multilatéraux signés à l'OMC qui définissent les outils de base de la protection, l'UE a signé de nombreux accords préférentiels avec ses principaux partenaires commerciaux, notamment des pays en développement (PMA ou ACP) et ceux du pourtour méditerranéen. La multitude et l'enchevêtrement de ces accords sont souvent comparés à une "boule de spaghettis". Dans le secteur des F&L, les accords bilatéraux euro-méditerranéens offrent des préférences (exemption ou réduction de droit de douane) pour certains produits, à certaines périodes de l'année et à l'intérieur de contingents. La préférence peut en outre, comme dans les cas du Maroc (pour la tomate et l'orange) et d'Israël et de l'Egypte (pour l'orange), consister en une baisse du prix d'entrée, qui autorise les produits à entrer sur le marché européen à des prix très compétitifs.

Une analyse théorique récente montre que le Système du prix d'entrée (SPE) a un impact fort sur les importations dès lors que le prix d'importation se situe en dessous de 92% du prix de déclenchement. Le SPE permet donc une protection renforcée du marché européen vis-à-vis des importations à bas prix, tout en laissant entrer les produits de qualité dont les prix sont plus élevés. Il doit théoriquement entraîner une certaine segmentation du marché européen en terme de qualité, les produits de basse qualité étant totalement isolés de la concurrence internationale, alors que les produits de prix élevés se retrouvent en compétition avec les produits importés. Plusieurs travaux empiriques au niveau européen concluent dans le même sens.

Les débats sur l'efficacité et la pertinence d'un tel système sont cependant nombreux et font l'objet d'importantes controverses. La difficulté d'analyse provient du fait qu'au-delà du principe, les modalités d'application du système sont complexes. En outre, les données officielles et publiques concernant les prix d'importation, et qui sont utilisées dans les analyses économiques empiriques, font l'objet de contestations au sein des Etats-membres et dans les milieux professionnels. Ceux-ci soulèvent la question de la bonne appréciation du prix réel auquel le produit d'importation pénètre dans l'UE. La possibilité laissée aux opérateurs de dédouaner leurs marchandises se traduirait par une méthode de dédouanement peu fiable, qui ne permet pas une réelle application du système de prix d'entrée. La contestation de la validité des données officielles sur les prix d'importation des produits sur le marché communautaire se traduit par une controverse, non encore résolue, quant aux impacts du SPE sur l'importation de F&L à bas prix.

5.4.3. Les préférences commerciales sont-elles effectivement exploitées par les pays bénéficiaires ?

Les importations européennes extra-communautaires s'effectuent pour moitié dans le cadre d'accords préférentiels et pour un tiers sans droit de douane. Si les produits faisant l'objet de préférences de la part de l'UE sont effectivement plus exportés que les autres produits par la plupart des pays fournisseurs, les préférences commerciales ne sont pas toutes exploitées. Par exemple, les contingents tarifaires alloués dans le cadre des accords euro-méditerranéens sont loin d'être remplis, et les exportations des Pays les Moins Avancés, qui ont un accès à droit nul pour la quasi totalité de leurs produits, restent faibles.

La capacité des pays méditerranéens bénéficiaires de ces préférences à gagner des parts de marché s'est même détériorée. Cette situation s'explique en partie par le renforcement des normes sanitaires et phytosanitaires (des limites maximales de résidus de pesticides) dans le souci des consommateurs européens, qui peut constituer une barrière à l'entrée du marché européen. D'autres éléments interviennent, comme des contraintes de logistique et surtout les coûts de transport, qui augmentent de manière significative le coût des échanges (surtout pour les produits périssables) et favorisent les échanges intra-nationaux. Cet approvisionnement préférentiel des pays sur leurs marchés locaux est d'ailleurs confirmé par le fait que 10% seulement de la production mondiale de F&L était exportée en 2003.

5.4.4. Quels impacts peut-on attendre d'une libéralisation des échanges ?

Concernant les négociations commerciales à l'OMC, peu de travaux portent directement sur le secteur des F&L. Des simulations des réductions tarifaires dans le cadre de l'Uruguay Round ont conclu à des impacts assez faibles dans le secteur des F&L, même si on peut s'attendre à une augmentation des exportations des pays

d'Amérique centrale et latine, ainsi que des pays méditerranéens. Pour ces derniers mais aussi pour les pays africains, l'enjeu principal est celui de l'érosion des préférences qui leur étaient initialement accordées, dont les avantages sont, de fait réduits, par une ouverture plus grande des marchés. Des simulations économiques permettent de comparer l'impact pour les importations européennes d'une libéralisation totale des échanges avec les pays méditerranéens, avec une réduction des tarifs douaniers dans le cadre des négociations multilatérales à l'OMC. Dans le cas d'une libéralisation totale des échanges avec les Pays méditerranéens, les importations européennes et notamment de tomates augmenteraient fortement en provenance du Maroc et de la Turquie. Par contre, une libéralisation partielle des échanges entre l'UE et les Pays méditerranéens associée à une ouverture multilatérale du marché européen dans le cadre de l'OMC réduirait de fait les préférences accordées aux pays méditerranéens et profiteraient à d'autres pays exportateurs comme la Chine et les pays balkaniques. Au-delà de ce seul travail de simulation, les quelques études réalisées sur des produits spécifiques montrent que les tarifs ne sont pas les seuls déterminants de l'accès au marché européen. D'autres résistances aux échanges existent : les normes sanitaires et phytosanitaires, les coûts de transport et de logistique notamment. En outre, des contraintes structurelles, comme celles liées à l'eau, limitent le potentiel de croissance de la production dans certains pays.

Pour conclure quant à l'efficacité de ce système de prix d'entrée, et la compétitivité réelle des pays exportateurs qui vendent leurs produits sur le marché européen, il conviendrait d'analyser les prix de production ou d'exportation ; or les données sont en fait inexistantes. Parallèlement à la baisse des droits de douane, l'importance croissante des normes sanitaires et phytosanitaires devient un élément moteur de la régulation de l'accès au marché européen. Ces normes privées ou publiques peuvent devenir barrière à l'échange et limiter les conditions d'accès des pays tiers (notamment les moins développés) sur le marché européen. Il existe encore peu de travaux qui mesurent les effets sur l'accès au marché européen, mais cette question devient un véritable champ de recherche pour comprendre les effets réels de la libéralisation des échanges.

5.5. Quelles pistes d'action pour une croissance de la consommation de fruits et légumes ?

Si l'on s'appuie sur les données estimant les niveaux de consommation actuels de F&L et le déficit à combler pour atteindre une consommation correspondant aux quantités recommandées (cf. chapitres introductif et 1), on peut considérer que l'objectif à viser correspond à un passage de la consommation moyenne de 350 g aujourd'hui à 400 g/j pour l'ensemble de la population. Cela correspond, sur un horizon de 10 ans, à un taux de croissance annuel de la consommation de F&L de 1,5 à 2% par an. *A priori*, une telle croissance de la consommation de F&L peut être cherchée à travers deux grandes modalités :

- Une première modalité repose sur un changement des préférences et des comportements des consommateurs. Dans ce cas, l'accroissement de la consommation résulte fondamentalement de la croissance de la demande.
- Une seconde modalité repose, à comportements des consommateurs non modifiés (et donc à fonction de demande constante), sur une modification des caractéristiques de l'offre de F&L. Dans ce cas, les consommateurs ne sont pas supposés valoriser plus qu'aujourd'hui les bienfaits des F&L, mais leur niveau de consommation est influencé par les prix et la qualité des produits qui leur sont proposés. La baisse des prix et/ou l'augmentation de la qualité favorise ici un accroissement des volumes consommés.

Les recherches pour évaluer les leviers d'action en vue d'une croissance de la consommation de F&L et cerner leurs impacts sur l'offre et les filières restent très préliminaires. Pour cette raison, cette section a un statut quelque peu différent des précédentes. *Elle ne s'appuie pas directement sur des travaux publiés (les publications sont quasi-inexistantes) mais sur des éléments d'analyse proposés par les auteurs*. L'objectif est d'apporter quelques éléments pour nourrir les débats sur les politiques visant une croissance de la consommation de F&L.

5.5.1. Une croissance de la consommation par l'augmentation de la demande ?

Partons de l'hypothèse que, pour répondre aux objectifs de santé publique, il faudrait atteindre un taux de croissance de la consommation de F&L de 1,5 à 2% par an sur 10 ans. Viser une croissance à ce niveau de la consommation suppose une augmentation de la demande encore plus forte. Une augmentation de la demande induit en effet une augmentation des prix qui freine la croissance des niveaux de consommation effective. Autrement dit, si l'on vise une croissance de la consommation de 1,5 à 2% par an, il faut pouvoir mettre en place des mesures qui augmentent de façon plus importante la demande des consommateurs. En même temps, si la demande augmente, les prix s'accroissent, ce qui attire de nouveaux producteurs. L'offre augmente alors, ce qui ralentit la hausse des prix. En prenant en compte ces divers éléments, quelle croissance de la demande est nécessaire pour atteindre les niveaux de consommation visée ? Il ressort de cette approche, qui devrait être approfondie, que sur 10 ans, la croissance de la demande devrait être de 2 à 4% par an (Encadré 20). Celle-ci soulève deux questions importantes.

Tout d'abord, quels peuvent être les moteurs d'une telle croissance de la demande ? Un premier levier d'action repose sur les campagnes de communication et d'éducation conduites pour faire évoluer les comportements des consommateurs. Les travaux sur les impacts de ces campagnes montrent des effets nuancés sur les niveaux de consommation (cf. chapitre 4). Il reste à évaluer de façon précise les impacts, sur les diverses catégories de la

population, des campagnes comme celles conduites dans le cadre du PNNS ou encore des actions de promotion de la consommation par les filières F&L. Elles semblent à ce stade toucher de façon plus forte les catégories les moins éloignées des niveaux de consommation recommandés.

Une seconde question importante a trait à l'hétérogénéité des niveaux de consommation selon les types de consommateurs. Comme le montrent les travaux présentés dans le chapitre 3, la consommation de F&L est sensiblement plus faible dans les ménages à plus faibles revenus. Dans ces groupes de la population, l'élasticité-prix est plus faible que dans les catégories sociales moins défavorisées, mais la réponse de la demande aux politiques d'information semble l'être également. Il faut alors prendre garde aux effets différenciés des interventions visant à accroître la demande de F&L. Il est en effet possible que les politiques générales d'information agissant sur la demande induisent, simultanément, une croissance de la consommation totale de F&L, mais du fait de la hausse des prix liée à la croissance de la demande, une diminution de la consommation de F&L pour les catégories aux revenus les plus faibles (et les plus déficitaires en F&L). En voulant accroître la consommation totale de F&L, on aurait alors augmenté les disparités dans les niveaux de consommation selon les catégories sociales ou les niveaux d'éducation.

Encadré 20. Conditions de la croissance de la consommation

Impacts attendus d'une action sur la demande

Une augmentation de la demande (par exemple, via une campagne de publicité) se traduit par un 'déplacement vers le haut' de la fonction de demande. Cette augmentation de la demande entraîne une augmentation de la consommation du bien mais aussi une hausse du prix. Cette hausse de prix vient donc limiter l'augmentation de la consommation effective. La hausse du prix consécutive à l'augmentation de la demande sera d'autant moins forte que l'élasticité de l'offre est grande. De plus une hausse donnée du prix aura un effet négatif sur la consommation d'autant plus fort que la demande est élastique. On distingue ainsi l'augmentation effective de la consommation (qui intègre les ajustements prix) de l'augmentation de la demande (que l'on mesure à prix constant).

Concernant les F&L frais, les études présentées dans le chapitre 3 conduisent à retenir des niveaux d'élasticités prix de la demande compris entre -0,8 et -1,2. Si l'on retient une valeur de -1, une augmentation de la consommation effective de F&L de 15% suppose une croissance de la demande de 23 à 32%. En rythme annuel sur 10 ans, cela correspond à des taux de croissance de la demande variant de 2,1 à 2,8% par an. Pour atteindre une croissance de la consommation de 20% au bout de 10 ans, le rythme annuel de croissance doit atteindre 2,8% à 3,7%.

	Croissance de la consommation	
	15%	20%
Elasticité de l'offre		
Elasticité = 1	2,8%	3,7%
Elasticité = 1,5	2,4%	3,1%
Elasticité = 2	2,1%	2,8%

Taux annuel de croissance de la demande pour atteindre une croissance effective de la consommation de 15 ou 20% en 10 ans (calcul des auteurs)

Impacts attendus d'une action sur les prix

Une action sur l'offre peut viser une baisse des coûts de production ou de distribution se traduisant par un 'déplacement vers le bas' de la fonction d'offre. A fonction de demande inchangée, cette baisse des coûts, et donc des prix (on suppose ici des profits constants pour les agents), entraîne une augmentation de la consommation. Cette dernière sera d'autant plus forte que l'élasticité de la demande sera importante. L'augmentation attendue de la consommation passe donc ici uniquement par la baisse des prix. Si l'on retient une valeur de -1 pour l'élasticité prix de la demande, une augmentation de la consommation effective de F&L de 15% suppose une baisse de coûts (mesurée à production constante) comprise entre 19 et 25% selon l'élasticité de l'offre. La baisse des coûts nécessaire pour atteindre une augmentation de la consommation de 20% est comprise entre 24 et 30%. En rythme annuel sur 10 ans, cela correspond à des gains de productivité compris entre 2,1 et 2,8% par an pour atteindre une croissance de la consommation de 15%, et des gains de productivité compris entre 2,7% à 3,6% par an pour atteindre une croissance de la consommation de 20%.

	Croissance de la consommation	
	15%	20%
Elasticité de l'offre		
Elasticité = 1	2,8%	3,6%
Elasticité = 1,5	2,3%	3,0%
Elasticité = 2	2,1%	2,7%

Taux annuel des gains de productivité pour atteindre une croissance effective de la consommation de 15 ou 20% en 10 ans (calcul des auteurs)

5.5.2. Une croissance de la consommation par une modification de l'offre de F&L ?

Si l'on raisonne maintenant à fonction de demande inchangée (les consommateurs continuent à apprécier comme aujourd'hui la valeur attachée à la consommation de F&L), est-il possible de faire évoluer les consommations en jouant sur les critères qui conditionnent les décisions d'achat ?

. L'action par les prix

Si l'on admet que les prix des F&L sont un des éléments qui conditionnent, au moins partiellement, les niveaux de consommation, la question à examiner est celle de l'ampleur des ajustements à opérer si la croissance de la consommation devait passer par une baisse des prix des F&L. Une première approche fait apparaître comme nécessaires des baisses de prix correspondant à des gains de productivité de 2 à 3,6% par an (Encadré 20). Ces gains ne sont pas hors de portée de la filière si on en juge d'après les gains obtenus entre 1991 et 2004. Mais rappelons que ces gains ont nettement fléchi au cours de la période récente et, surtout, qu'ils n'ont été que partiellement transmis vers l'aval des filières pour contribuer au maintien des revenus familiaux, dans un secteur secoué par des crises importantes depuis le début des années 90 et bénéficiant peu de soutiens directs de la PAC. Notons également que cela supposerait que (1) les gains de productivité soient de même niveau en aval des filières, (2) les acteurs en aval les transmettent également par des baisses de prix au niveau des consommateurs.

. L'action par la qualité et l'innovation-produit

La croissance de la consommation peut aussi passer par une amélioration de la qualité/sécurité des produits et l'innovation. Le cas américain montre bien la place de ces démarches dans la croissance de la consommation de F&L. Si l'on examine les supports de la croissance de la consommation aux USA, il ressort qu'elle y a été plus forte dans le secteur du frais que du transformé et plus forte dans le secteur des légumes que des fruits ; le développement du frais repose sur celui du "fresh-cut" (produits frais conditionnés, lavés, parés et/ou pré-découpés), facilitant la préparation et l'usage des produits ; cette évolution s'est traduite par une forte croissance du nombre des références-produits dans les rayons de F&L des distributeurs (en moyenne, une croissance de 133 à 350 références dans les rayons F&L des supermarchés entre 1981 et 2001).

L'action par la qualité ou le développement de nouveaux produits, si elle peut aider à une croissance de la consommation, soulève néanmoins plusieurs questions. L'augmentation des niveaux de qualité/sécurité peut augmenter les coûts de production et de distribution ce qui peut conduire à une élévation des prix finaux. Si elle s'applique à l'ensemble de l'offre sans pour autant que les gains de productivité soient transmis jusqu'au marché final pour en amoindrir les effets sur les prix de détail, une fraction des consommateurs peut être attirée par des produits de qualité plus élevée, mais de l'autre, l'augmentation des prix peut réduire les achats d'autres consommateurs. Si l'amélioration de la qualité s'applique à seulement une partie de l'offre, elle participe alors aux démarches de segmentation déjà en cours de mise en place.

Pour ce qui concerne les "nouveaux" produits, il faut noter qu'ils se positionnent généralement, au moins dans un premier temps, sur des niveaux de prix plus élevés. Ils peuvent alors apparaître plus comme des outils de différenciation et de segmentation des marchés que comme des vecteurs d'une modification profonde des niveaux de consommation. En outre, dès lors qu'ils sont fortement créateurs de valeur, ces produits ont de fortes chances de basculer dans une logique plus "industrielle" : portés généralement à l'origine par des PME, ils pourraient alors entrer dans les portefeuilles de produits de groupes industriels de l'appertisé ou du surgelé. Dans un contexte marqué par une forte concentration et une forte intensité concurrentielle, on pourrait s'attendre alors :

- au développement de stratégies de marques très poussées et une entrée en force des MDD,
- à une organisation de l'approvisionnement fondée sur des relations contractuelles pour garantir les volumes et la qualité,
- à un risque de recours croissant à des importations (comme c'est de plus en plus le cas pour bon nombre de produits F&L transformés), sauf si les caractéristiques spécifiques de la matière première imposent des délais courts entre récolte et transformation (pour les produits qui restent assez proches du frais).

5.5.3. Quelles politiques publiques et privées pour un accroissement de la consommation de F&L ?

Comment finalement favoriser la croissance des quantités totales de F&L consommées (dans un contexte dans lequel la valeur nutritionnelle des F&L n'a été que partiellement "internalisée" par les consommateurs) ? Au vu des travaux disponibles, qui, rappelons-le, restent très incomplets, aucun de ces leviers d'action ne semble pouvoir permettre, à lui seul, l'atteinte des objectifs (1) de consommation accrue pour l'ensemble de la population et (2) de maintien des revenus des producteurs et des filières.

Dans cette perspective, les réflexions à venir pourraient porter sur :

. *L'intégration de l'objectif de croissance des quantités consommées dans les politiques de soutien des filières de F&L.* L'enjeu majeur est ici de proposer des mesures favorisant un plus grand transfert des gains de productivité

vers les consommateurs (ce qui a été rendu possible par les politiques de soutien appliquées aux autres secteurs de l'agriculture).

. *Une analyse des possibilités d'évolution de la segmentation du marché*, en poursuivant simultanément deux objectifs :

- Une baisse des prix sur les segments de produits génériques, *via* une adaptation des standards publics ou privés qui définissent les caractéristiques requises (calibres, homogénéité des lots...) pour accéder au marché (sans bien sûr diminuer les niveaux des exigences sur le plan sanitaire), ou *via* une plus grande ouverture des échanges commerciaux internationaux si les effets d'une telle ouverture étaient confirmés.
- Une meilleure maîtrise de la dimension qualitative sur les segments de produits différenciés, ce qui implique un renforcement des modalités de coordination entre producteurs et entre opérateurs aval au sein des filières.

. *Un maintien des politiques d'information publiques et privées pour la promotion de la consommation de F&L*, sous réserve de la confirmation, par les évaluations qui doivent être conduites, de leurs effets sur la demande.

5.6. Conclusion

Pour atteindre les objectifs de santé publique, l'offre de fruits et légumes doit être en mesure de permettre une augmentation significative de la consommation. L'ESCO a examiné les implications de cet objectif pour les filières, en insistant particulièrement sur la question des prix et de la segmentation des marchés, et en examinant également la gestion de la sécurité sanitaire et des échanges internationaux. Au final, la littérature scientifique disponible ne permet pas d'établir un bilan économique complet des implications d'une politique de santé publique volontariste sur les filières des fruits et légumes. Elle permet toutefois d'explorer certaines de ses implications et d'identifier les questions qui doivent être traitées pour établir un tel bilan.

Gains de productivité et transmission des prix

Le secteur des F&L frais a réalisé des efforts importants d'adaptation au cours des 15 dernières années. Cependant, la baisse des prix, en aval des producteurs, a été moins forte dans le secteur des F&L frais que pour divers autres produits agricoles. La faiblesse des soutiens publics ne permettant pas, en même temps, la baisse des prix de vente et le maintien des revenus d'une fraction des producteurs, en particulier après la forte chute du début des années 90, les gains de productivité ont été plutôt maintenus en amont. Malgré cette évolution, le secteur reste marqué par une forte hétérogénéité, une fraction significative des exploitations dégageant de faibles revenus.

Peu de travaux ont été conduits sur les relations producteurs-distributeurs dans le secteur des F&L. Les recherches disponibles ne permettent pas de conclure à l'existence d'un pouvoir de marché de la distribution sur les producteurs de F&L. L'existence de crises ne signifie pas en effet nécessairement l'existence d'un pouvoir de marché de l'aval sur l'amont dans un secteur de produits périssables dans lequel il n'y a pas d'ajustement possible de l'offre à court terme en périodes d'excédents.

Les prix des F&L frais sont également influencés par les modalités des échanges commerciaux au niveau international. Le marché européen est en effet protégé par un système complexe de taxes et d'accords préférentiels avec certains pays exportateurs vers l'UE. La question de savoir si ce dispositif a pu freiner la pression sur les prix, particulièrement sur les segments de produits "génériques" d'entrée de gamme, fait encore l'objet de controverses.

Le secteur des F&L transformés s'inscrit dans des logiques économiques différentes de celles du secteur des F&L frais. Des relations contractuelles régissent généralement les relations entre l'amont agricole et l'industrie de transformation, même si un recours croissant à des produits importés peut être noté au cours des dernières années. Comme dans l'ensemble du secteur agroalimentaire, les prix de détail et le partage de la valeur sont influencés par le degré de concentration des entreprises industrielles et de distribution et par les réglementations en vigueur sur la distribution et les relations entre industrie et distribution. Les stratégies de marques et d'innovation tiennent une place majeure. Les marques de distributeurs sont nettement plus développées que pour la moyenne des produits de l'agroalimentaire.

Segmentation du marché, qualité et sécurité des produits

D'une façon générale, la création de valeur dans le secteur des F&L frais a plutôt été recherchée par une croissance de la segmentation du marché final, élargissant la gamme des produits offerts aux consommateurs. Cette segmentation repose sur des critères de calibres, de variétés, de conditionnement ou encore de modes de production. Cette segmentation croissante de l'offre de F&L frais dans les rayons de la Grande Distribution, a entraîné une certaine modification des modalités d'approvisionnement, avec au moins sur certains segments, l'instauration de relations de nature plus contractuelle avec des Organisations de Producteurs. Ces démarches ont visé une "discrimination" plus efficace des consommateurs, en différenciant des segments de marché, de façon à mieux positionner les produits au regard des dispositions à payer des diverses catégories de

consommateurs. Bien que la segmentation croissante du marché constitue un trait majeur de l'évolution de l'offre depuis une dizaine d'années, ses effets sur la demande n'ont cependant pas été analysés de façon détaillée.

Sur le plan sanitaire, la dernière décennie s'est caractérisée par le renforcement de la réglementation publique et le développement de normes privées, portées en particulier par les distributeurs, afin de différencier leur offre en communiquant auprès des consommateurs sur les garanties qui leur sont données. S'est mis en place ainsi, dans de nombreux pays, un système de "co-régulation" public/privé des questions sanitaires. La grande distribution a investi le domaine sanitaire, à travers l'imposition de normes, individuelles ou collectives, qui viennent se rajouter aux obligations réglementaires. La multiplication des standards et normes, ainsi que leurs impacts sur l'accès à certains marchés, sont identifiés comme des facteurs pouvant influencer sur le partage de la valeur au sein des filières. Les bilans économiques des différentes modalités de régulation de la qualité sanitaire sont cependant rares et reposent essentiellement sur des données qualitatives. Seul l'effet des normes sanitaires sur les échanges internationaux a fait l'objet de quelques travaux qui ont mis en évidence leur rôle de barrière à l'entrée et leur fort impact sur les exportations, en particulier celles des pays en développement.

Le bilan global reste à établir

Infléchir les tendances de consommation dans un sens plus en accord avec les objectifs de santé publique suppose la mise en œuvre d'une politique volontariste. Les recherches disponibles ne permettent pas d'établir un bilan rigoureux des implications d'une telle politique, en particulier en termes de coûts et de bénéfices aussi bien pour la collectivité que pour le secteur des fruits et légumes.

Concernant précisément les prix des F&L, les travaux de recherche présentés dans les sections précédentes permettent d'identifier certains des facteurs qui ont pu influencer sur l'évolution des prix de détail : niveaux et répartition des gains de productivité (en relation avec la question des soutiens publics directs au secteur), organisation des relations producteurs-distributeurs et intensité de la concurrence sur les marchés de détail, segmentation du marché et démarches pour la qualité et la sécurité des produits, modalités des échanges sur les marchés internationaux. Les recherches disponibles à ce jour ne permettent pas, cependant, de quantifier les impacts de certains de ces facteurs dans le cas français et surtout, ne permettent pas de préciser leur part relative dans la formation des prix de détail.

Les connaissances disponibles permettent toutefois d'esquisser un cadre pour analyser les enjeux. Elles permettent de souligner les difficultés à atteindre les objectifs de santé par des politiques exclusivement axées sur la stimulation de la demande. La nécessité d'accroître la consommation de F&L tout en assurant le maintien des gains des filières concernées, oriente vers l'utilisation simultanée de l'ensemble des leviers d'action, en complétant les politiques d'information par des politiques d'offre. Une piste de réflexion, suggérée dans cette optique, réside dans un élargissement de la gamme des segments offerts aux consommateurs, en tentant d'associer, d'un côté, une baisse des prix sur les segments de produits génériques et, d'un autre côté, l'amélioration de la qualité sur les segments de produits différenciés.

Conclusions

La consommation de F&L reste inférieure aux recommandations nutritionnelles

Du fait de la multiplicité des produits et des sources d'approvisionnement, la consommation réelle de F&L est difficile à mesurer. En France, les données de référence sont celles de l'enquête INCA, réalisée sur un échantillon représentatif d'individus enregistrant leur consommation personnelle pendant une semaine. Les derniers chiffres disponibles actuellement sont ceux de l'enquête de 1998-99 (INCA 1). Ils indiquent une consommation moyenne de l'ordre de 350 g/personne/jour. Les données de l'enquête INCA 2 seront publiées en décembre 2007. Les résultats de l'enquête CCAF (Comportement et Consommation Alimentaire en France), réalisée en 2002-2003 avec la même méthodologie sur un échantillon légèrement plus petit, concluent à une baisse de la consommation. Les données publiées par l'interprofession montrent une tendance à la diminution des quantités de produits frais achetées par les ménages. Les achats de fruits et légumes transformés augmentent, mais la consommation effective correspondante dépend de la composition des produits, qui n'est pas toujours connue avec précision. Les données sur les disponibilités globales tirées des bilans alimentaires et de la Comptabilité Nationale indiquent, depuis la fin des années 1990, une stabilité de la consommation totale de légumes et une légère hausse de celle des fruits. L'ensemble de ces estimations suggère que la consommation de l'ensemble des fruits et légumes fluctue autour d'une moyenne qui ne varie probablement pas beaucoup.

La consommation moyenne de F&L en France est, en tout cas, inférieure aux 400 g quotidiens recommandés par l'OMS (1990 et 2003). La distribution des quantités consommées indique qu'environ 60% des individus adultes se situent en dessous de ce repère. Exprimée en fréquence de consommation, "au moins 5 fruits et légumes par jour", la recommandation portée par le PNNS n'est de fait suivie que par une très faible fraction de la population (moins de 5% des adultes d'après l'enquête INCA1, de l'ordre de 10% d'après le Baromètre Santé Nutrition). La différence entre ces deux estimations provient de la taille des portions : l'équivalence entre les deux repères (400 g et 5 portions) suppose une portion théorique de 80 g, chiffre qui ne correspond pas à la taille de la portion effective en France (130-170 g pour les adultes d'après l'enquête INCA 1).

Quel que soit le repère considéré, certaines fractions de la population apparaissent sous-consommatrices de F&L : il s'agit principalement des ménages disposant de faibles revenus et des jeunes.

La consommation des fruits et légumes augmente fortement avec l'âge. Elle atteint un maximum entre 55 et 65 ans, et décroît ensuite. Cet effet de l'âge se double d'un effet de génération très significatif pour les consommateurs nés à partir de la fin des années cinquante. Les achats significativement plus faibles, à tous les âges, des ménages appartenant aux générations les plus récentes, sont porteurs à terme d'une baisse durable de la consommation, si rien n'est fait pour infléchir les tendances observées.

Bénéfices pour la santé : pas de preuve formelle, mais des indices convergents pour conforter les recommandations nutritionnelles

Trois arguments sous-tendent les bénéfices des fruits et légumes pour la santé : une contribution aux apports en micronutriments nécessaires au bon fonctionnement de l'organisme, un effet protecteur des F&L contre les grandes pathologies chroniques que sont les maladies cardiovasculaires, neurodégénératives et métaboliques (diabète) et les cancers, et enfin un contenu énergétique faible, point qui devient crucial avec le développement rapide du surpoids et de l'obésité.

L'hypothèse d'un effet protecteur des F&L contre les grandes maladies chroniques est née de l'observation, dans les années 80, d'une corrélation entre une consommation plus élevée de F&L et un risque plus faible d'être atteint par ces pathologies. Ces résultats doivent toutefois être nuancés car ces études comportent des facteurs de confusion liés au fait qu'il est très difficile de séparer les habitudes de consommation de F&L d'autres facteurs du mode de vie. Ainsi, les études épidémiologiques plus récentes n'ont pas permis d'établir clairement un lien de causalité entre l'accroissement de la consommation de F&L et une moindre incidence de ces pathologies. De tels effets restent possibles ou plausibles, mais leur démonstration formelle reste à faire. Toutefois, un effet même faible reste intéressant en termes de santé publique, c'est-à-dire à l'échelle d'une population.

Les taux de couverture des besoins en micronutriments de la population sont difficiles à évaluer, étant données les incertitudes sur les consommations individuelles et la forte variabilité des teneurs en micronutriments des aliments (fonction du cultivar, de la durée de conservation, du mode de préparation...). Les estimations indiquent cependant que la contribution des F&L aux apports est prépondérante pour le β -carotène et la vitamine C, et importante pour les fibres, la vitamine B9 et le potassium. Pour d'autres phytonutriments (glucosinolates...), les effets biologiques et l'intérêt nutritionnel sont encore à l'étude ; ils ne font d'ailleurs pas l'objet d'apports conseillés pour l'instant.

Le dernier argument en faveur d'une consommation élevée de F&L est l'effet de substitution à d'autres aliments, plus riches en calories mais moins denses en micronutriments. Aucun effet spécifique lié à la composition des F&L sur la surcharge pondérale ou l'obésité n'a été mis en évidence. Une consommation accrue de F&L peut en

revanche faciliter l'observance d'un régime hypocalorique – la réduction des apports énergétiques, notamment lipidiques, devant alors être l'objectif affiché de la modification des pratiques alimentaires.

Une exposition aux pesticides sous surveillance

L'ESCo n'avait pas pour objet d'examiner la question de l'impact des pesticides sur la santé, mais seulement celle du niveau d'exposition aux pesticides induit par une forte consommation de F&L, comparé aux valeurs toxicologiques de référence. Les calculs effectués à partir des niveaux de consommations évalués par l'enquête INCA et des contaminations des F&L mesurées dans les plans de surveillance montrent que l'exposition moyenne de la population reste inférieure aux valeurs toxicologiques de référence pour les risques chroniques. Cependant, dans les scénarios les plus pessimistes (échantillons les plus contaminés et consommation élevée), les doses de toxicologie aiguë pourraient être dépassées, avec une probabilité extrêmement faible, chez les enfants, en raison de leur faible poids corporel. A noter que toutes ces valeurs toxicologiques intègrent des marges de sécurité importantes par rapport aux risques évalués chez l'animal, mais ne prennent pas en compte les interactions, et en particulier les éventuelles synergies, entre les produits.

Le lavage et l'épluchage permettent de réduire l'ingestion de nombreuses substances pesticides (hors produits systémiques), mais cette élimination de la peau et des feuilles extérieures élimine aussi une proportion importante des micronutriments, qui sont aussi plus concentrés dans ces parties.

Sur le plan de la qualité sanitaire, des évolutions importantes ont eu lieu du fait d'un durcissement de la réglementation (nationale et européenne) et d'un accroissement des exigences commerciales dans les filières alimentaires. Ces évolutions se sont traduites par une implication croissante des acteurs privés dans la gestion de la qualité sanitaire. S'est ainsi mis en place, dans de nombreux pays, un système de "co-régulation" public/privé pour la maîtrise de la qualité sanitaire des produits. Ces dispositifs de régulation ont eu des effets sur l'organisation des filières F&L et les relations producteurs-distributeurs, mais leur impact final sur le marché, à travers les coûts de production, les prix aux consommateurs et le degré de couverture du marché national par les produits importés, n'a pas été quantifié.

Les voies biotechniques d'amélioration des caractéristiques nutritionnelles des F&L

Le constat des difficultés à augmenter la consommation de F&L peut suggérer de privilégier l'augmentation des teneurs en phytonutriments des F&L, teneurs qui apparaissent très variables selon les espèces, mais aussi au sein de chaque espèce. La variabilité génétique existante, facteur majeur de variation des teneurs en métabolites secondaires des F&L, permet d'envisager une sélection sur des critères nutritionnels ; il s'agit toutefois d'une voie de long terme. L'approche agronomique jouant sur les conditions environnementales de production et les techniques culturales est potentiellement nettement plus rapide à mettre en oeuvre, mais elle met en jeu des variations de moindre ampleur, dont les mécanismes d'action restent mal connus, et des facteurs environnementaux, liés au climat notamment, difficiles à maîtriser.

Il semble difficile de s'engager dans une sélection génétique très ciblée tant que les bénéfices nutritionnels ne peuvent être attribués à des composés spécifiques. Quelques phytonutriments ont un goût jugé désagréable par de nombreux consommateurs ; en augmenter les concentrations pourrait donc être contre-productif. Augmenter la synthèse des micronutriments constitue un objectif plus ou moins important selon que le bénéfice attendu de la consommation de F&L repose sur l'ingestion de composés particuliers ou principalement sur la faible densité énergétique des produits. Dans ce dernier cas, d'autres critères (goût, commodité, prix...) peuvent devenir prédominants dans les choix des consommateurs.

Produits transformés : des caractéristiques favorables à la consommation

La consommation de produits transformés (conserves ou surgelés, hors plats cuisinés) est encore minoritaire, mais croissante. Face à la baisse des achats de produits frais, c'est elle qui, dans le meilleur des cas, assure le maintien de la consommation totale de F&L.

Les produits transformés assurent une bonne préservation des teneurs en micronutriments, dont les niveaux initiaux peuvent aussi être supérieurs en raison d'une récolte plus à maturité. Ils présentent ainsi souvent des teneurs en micronutriments plus élevées que les produits "frais" dès lors que ceux-ci ont subi un stockage de plusieurs jours.

Ces produits transformés présentent de nombreux atouts : praticité d'usage, disponibilité toute l'année, bonne conservation à domicile, prix relatifs décroissants, pertes inférieures entre la production et la consommation. Ils ne remplissent toutefois pas toujours les mêmes usages que les produits frais.

Des disparités de consommation très fortes et difficiles à réduire

Une consommation supérieure de F&L est corrélée, à *âge égal*, avec un statut socio-économique plus élevé (revenu, activité professionnelle, niveau d'éducation). Un statut socioéconomique élevé est lui-même lié à des habitudes de vie plus favorables à la santé. Cette double association contribue probablement à expliquer une

partie des effets bénéfiques de la consommation de FL observés de manière privilégiée sur les populations les plus aisées dans les enquêtes épidémiologiques ou cliniques. Les F&L apparaissent comme un "marqueur social", c'est aujourd'hui un des groupes d'aliments dont le niveau de consommation apparaît le plus lié au statut socio-économique des ménages et aux inégalités de santé.

Les études épidémiologiques d'intervention comme les campagnes de promotion montrent les difficultés à accroître la consommation individuelle de F&L. Les freins à la consommation sont bien connus : prix, caractère périssable des produits frais, temps et savoir-faire nécessaires pour la préparation, faible disponibilité hors du foyer. Ces obstacles sont plus importants pour les légumes que pour les fruits qui concilient valeur santé, plaisir et une relative facilité d'usage.

Les interventions visant à augmenter la demande en modifiant les préférences des consommateurs (éducation ou marketing nutritionnels, campagnes "5 par jour") font bien évoluer les connaissances et les attitudes envers les F&L, mais ont peu d'effet sur les comportements.

Les interventions qui se sont révélées efficaces sont des opérations ciblées (classe d'âge...) et locales (école, commune...). Elles se sont efforcées de modifier l'environnement des individus en agissant sur l'offre (prix et/ou accessibilité des produits) simultanément aux actions d'information et d'éducation visant à stimuler la demande. Un tel ensemble de conditions ne peut être réuni qu'à une échelle locale, sur un objectif large et mobilisateur de santé publique (lutte contre l'obésité des enfants par exemple) dont les effets sont mesurables, mais dans lequel la consommation de F&L n'est que l'un des moyens mobilisés.

Le prix des F&L, surtout frais, limite leur consommation

Les Français accordent à l'achat de F&L une part non négligeable de leur budget alimentaire (12% en moyenne). Cependant, le budget alimentaire n'est pas celui qui augmente le plus en cas d'accroissement des revenus. Lorsqu'elle se produit, une telle augmentation bénéficie en premier lieu à la viande et au poisson, et ensuite aux fruits et légumes.

Les achats de fruits et légumes frais sont, par ailleurs, extrêmement liés au revenu des ménages : en 2005, d'après les données TNS Worldpanel, les quantités achetées par personne variaient pratiquement de un à trois entre le quart le plus pauvre et le quart le plus riche de la population. Les écarts sont bien moindres pour les fruits et légumes transformés dont les prix ont augmenté moins vite que ceux des produits frais.

Le différentiel de prix croissant entre produits frais et transformés, et le fait que le prix des F&L frais augmente régulièrement plus que l'ensemble des prix alimentaires depuis le début des années soixante, est un des obstacles à l'accroissement de la consommation de ces produits.

Les consommateurs sont très sensibles aux prix des F&L. Les travaux économétriques consultés montrent que les variations de prix ont un effet supérieur aux variations de revenu dans plusieurs pays européens dont la France.

En France, les ménages aux faibles revenus apparaissent plus sensibles aux prix des produits transformés que frais, contrairement aux ménages aisés. Par ailleurs, on constate dans plusieurs pays l'existence de catégories très défavorisées dont la demande de F&L se révèle globalement insensible au prix et au revenu.

L'évolution des prix, des facteurs explicatifs variés

Les niveaux des prix des F&L frais sont conditionnés par plusieurs facteurs. Tout d'abord, la production de F&L est un secteur agricole caractérisé par le poids important de la main d'œuvre dans les coûts de production, et un faible niveau des soutiens publics directs aux producteurs. Dans ce contexte, les efforts d'adaptation du secteur ont permis de réaliser des gains de productivité significatifs, supérieurs à ceux d'autres secteurs agricoles. Mais ces gains ont été peu répercutés vers l'aval et ont plutôt été utilisés pour le maintien des revenus des exploitations agricoles, après de fortes baisses au début des années 90. En outre, le secteur reste très hétérogène et atomisé, malgré les efforts réalisés pour renforcer les Organisations de Producteurs en amont.

Peu de travaux ont été conduits sur les relations producteurs-distributeurs dans le secteur des F&L. L'existence de crises ne signifie pas nécessairement l'existence d'un pouvoir de marché de l'aval sur l'amont dans un secteur de produits périssables dans lequel il n'y a pas d'ajustement possible de l'offre à court terme en périodes d'excédents.

Les Signes Officiels de Qualité (AOC, par exemple) et les marques de producteurs sont assez peu nombreux dans le secteur des F&L. En revanche, on a assisté au cours des dernières années, au développement de Marques de Distributeurs (MDD) utilisées comme supports de la segmentation du marché. De façon générale, la dynamique de segmentation du marché des fruits et légumes frais vise à répondre à la variété des demandes qualitatives des consommateurs. La question, importante, de son impact sur les prix moyens et sur la consommation totale n'a pas été étudiée.

Les prix des F&L frais sont également influencés par les modalités des échanges commerciaux au niveau international. Le marché européen est en effet protégé par un système complexe de taxes et de contingents

d'importation, auquel s'ajoutent des accords préférentiels avec certains pays exportateurs vers l'UE. La question de savoir si ce dispositif a pu freiner la pression sur les prix, particulièrement sur les segments de produits "génériques" d'entrée de gamme fait encore l'objet de controverses.

Pour ce qui concerne les F&L transformés, l'organisation des filières est très proche de celle qui prévaut en général dans les filières agro-alimentaires. Elles se caractérisent par des relations contractuelles régissant l'amont agricole et l'industrie de transformation et un face à face entre industrie de transformation et distribution qui sont deux secteurs assez concentrés. Le rôle des marques est prépondérant. Dans le cas des légumes transformés, les marques de distributeurs sont particulièrement développées.

Des enjeux multiples pour les politiques publiques, mais des connaissances insuffisantes

Au terme du bilan réalisé, l'ESCO confirme l'intérêt de la consommation des fruits et légumes pour le maintien d'une bonne alimentation. La recommandation de consommer "au moins 5 F&L par jour" n'est pas remise en cause. Les travaux récents qui modèrent l'enthousiasme initial sur les effets protecteurs des fruits et légumes, rappellent que l'alimentation doit être envisagée dans sa globalité.

L'ESCO a par ailleurs montré que des actions sont nécessaires si l'on souhaite contrecarrer des tendances à la baisse de la consommation de F&L inscrites dans l'évolution des modes de vie (restauration hors domicile...) et des habitudes de consommation des jeunes générations. Le bilan des actions visant à accroître la consommation montre que l'on ne peut plus se contenter d'agir uniquement par le biais de l'information nutritionnelle. Pour avoir un effet, ces actions doivent comporter un accompagnement de proximité et d'interventions sur l'offre. Les opérations locales mettant en œuvre l'ensemble des moyens d'action disponibles sont clairement les plus efficaces. L'évaluation des coûts et des bénéfices associés reste cependant à conduire.

Plus généralement, le bilan des connaissances montre que peu de résultats sont disponibles sur le fonctionnement du secteur des fruits et légumes. Il n'y a pas de modèle économique global du secteur, et un certain nombre de questions importantes (formation des prix, effet des politiques sanitaires, impact de la segmentation, effet de la réglementation des échanges et des politiques agricoles...) restent pour l'instant sans réponse convaincante. Enfin, l'évolution récente de l'offre montre un réel effort pour proposer des produits alliant des qualités sensorielles accrues à une plus grande facilité d'usage. Il ne faut cependant pas perdre de vue que l'enjeu n'est pas seulement d'accroître la segmentation du marché en captant le consentement à payer des consommateurs déjà sensibles à l'intérêt d'une consommation élevée de fruits et légumes, mais aussi de faciliter le maintien et l'accroissement de la consommation de la majorité de la population qui n'atteint pas les recommandations minimales, en ciblant prioritairement les plus faibles consommateurs.

Encadré 21. Les besoins prioritaires de recherche

L'ESCO a mis en évidence des lacunes dans les connaissances scientifiques actuelles, ainsi que dans les données disponibles pour conduire les recherches.

Les impacts de la consommation de F&L sur la santé

Différents axes de recherche peuvent être envisagés :

. Sur le plan purement clinique, il semble important de préciser les propriétés de la consommation de fruits et légumes vis-à-vis des facteurs de risque ou des marqueurs de risque des principales pathologies, à partir d'essais cliniques rigoureux et conduits selon les règles de l'art.

. Les résultats de ces essais cliniques, conduits dans des conditions strictes, devront ensuite être validés dans des interventions communautaires plus larges.

. Si possible, il serait souhaitable de mettre en place des essais d'intervention susceptibles d'apporter les preuves d'un l'effet protecteur des F&L sur les principales pathologies. Compte tenu des contraintes statistiques et des bénéfices attendus, ces enquêtes nécessitent des cohortes importantes et devraient être envisagées à l'échelle européenne.

. Les mécanismes d'action et les propriétés des constituants des fruits et légumes doivent encore être explorés pour mieux comprendre les voies physiopathologiques impliquées dans la protection.

. Les méthodes d'estimation du risque doivent encore être améliorées. Il s'agit en particulier de développer les algorithmes prédictifs d'exposition et de contamination qui tiennent compte au mieux des particularités d'exposition et de la rareté des événements.

. Enfin, il semble important de déterminer avec précision le degré de contamination par les produits phytosanitaires de la population et de connaître la contribution des différentes voies d'exposition possibles.

Les sources de variabilité des qualités nutritionnelles

. La qualité des fruits et légumes est déterminée à la fois par le potentiel génétique et par les facteurs de l'environnement, dont les effets respectifs sont difficiles à séparer dans les essais au champ. Il est donc important de poursuivre et amplifier les recherches visant à expliciter et modéliser les interactions entre génotypes et environnements pour les divers critères de qualité des produits.

. La régulation des voies de synthèse des métabolites secondaires est très mal connue ; il serait souhaitable d'augmenter l'effort de recherche en écophysiologie, afin de proposer des modèles intégrant le fonctionnement du métabolisme secondaire et plus seulement celui du métabolisme primaire.

. La connaissance des micronutriments dans les produits transformés et surtout de leur variabilité reste trop parcellaire ; la constitution de bases de données intégrant une notion de plage de valeurs possibles est donc un premier point important. Pour connaître vraiment l'impact du stockage et de la transformation sur la teneur des micronutriments des F&L arrivant au consommateur, il est essentiel de passer des études d'étapes individuelles à un suivi intégré de l'ensemble de la chaîne, de la récolte à la préparation finale des produits. Deux voies de recherche semblent à privilégier : soit l'étude des mécanismes en jeu, visant l'élaboration de modèles généralisables, soit des études de cas suivant une même matière première le long de ses circuits potentiels.

. Plus globalement, la qualité organoleptique est un facteur majeur de la consommation de F&L. Il est donc essentiel de poursuivre des travaux sur les déterminants de cette qualité et de son maintien tout au long de la filière.

Les déterminants de la consommation et les actions d'intervention

Les déterminants d'ordre individuel de la consommation de F&L au domicile sont assez bien connus. En revanche, on manque d'éléments sur les points suivants :

. Etude de la consommation hors du domicile : on ne connaît pas la place des F&L au sein de l'alimentation non domestique, ni les différences entre la restauration collective (cantines scolaires, entreprises) et la restauration commerciale (fast-foods, restaurants traditionnels). Or, du fait des possibilités d'y modifier l'offre, la restauration est un lieu privilégié d'interventions, permettant en outre de cibler des populations spécifiques.

. Etude de l'accessibilité physique (répartition spatiale de l'offre, densité commerciale...) : plusieurs études dans les pays anglo-saxons montrent que c'est un facteur limitant la consommation. Pour vérifier cette hypothèse dans le cas français, des études au niveau local sont nécessaires pour étudier les disparités d'implantation commerciale selon les quartiers.

. Les dimensions non directement utilitaires de la consommation des fruits et légumes ont été très peu étudiées (valeur symbolique et sociale, valeur de partage, analyse des situations de consommation...). Ces aspects devraient être analysés pour mieux identifier les moyens de lever les obstacles à l'accroissement de la consommation.

. L'étude de l'ensemble des dimensions de la consommation pourrait déboucher sur l'établissement de typologies en fonction de la manière dont les différentes caractéristiques des fruits et légumes, y compris les caractéristiques sensorielles, sont hiérarchisées dans les choix des consommateurs.

. La multiplication des actions visant à augmenter la consommation des fruits et légumes rend indispensable le développement de méthodes d'évaluation des interventions, et en particulier de méthodes reposant sur des expériences contrôlées.

Les filières fruits et légumes face aux enjeux de santé publique

Différentes questions importantes pour évaluer les implications d'une politique d'accroissement de la consommation pour le secteur des fruits et légumes sont peu ou pas traitées dans la littérature scientifique :

. Contrairement à d'autres grands secteurs de la production agricole (céréales, lait, viande), le secteur des fruits et légumes ne dispose pas de modèles d'équilibre de marché. Des travaux dans cette optique devraient être développés pour permettre l'analyse de mesures de politique économique. Des recherches sur la gestion du risque et l'analyse des décisions de production à court terme et à long terme devraient également être entreprises pour compléter la modélisation du secteur.

. Les questions de la structure des marges dans les filières de F&L, de la transmission des prix, ou encore la question des pouvoirs de marché dans la formation des prix de détail, doivent faire l'objet d'investigations plus approfondies dans le cas européen, et français en particulier. Compte tenu de l'importance croissante de la segmentation de l'offre sur le marché des fruits et légumes, il faudrait étudier les stratégies de différenciation et évaluer leurs conséquences sur l'évolution des prix et de la demande.

. Les effets des modalités des échanges commerciaux sur les prix des produits importés doivent faire l'objet d'approfondissements. Dans cette optique, la question de la nature et de la fiabilité des données disponibles pour évaluer ces effets, tout particulièrement ceux du Système du Prix d'Entrée, doit être précisée. De façon plus générale, les méthodes d'évaluation des coûts et des bénéfices de l'augmentation de la consommation des fruits et légumes et des actions sur l'offre doivent être développées.

Annexe. Documentation et recherche bibliographique

1. Importance de la bibliographie scientifique dans l'ESCO

Par définition de l'exercice, l'ESCO est fondée sur l'analyse critique des publications scientifiques internationales, figurant dans les bases de données mondiales (CAB, Web of science...). Elle se distingue donc des exercices "à dires d'experts", pour lesquels lesdits experts mobilisent des connaissances préalables pour formuler un diagnostic de la situation et, souvent, des avis ou recommandations. Dans l'ESCO, l'origine des connaissances mobilisées doit être explicitée et vérifiable, et une question ne peut être traitée que si des publications sont disponibles sur le sujet.

Si les chercheurs sont réputés bien connaître la bibliographie scientifique dans leur domaine d'activité, l'ESCO leur demande souvent d'élargir quelque peu ce champ, sur le plan thématique, ou vers des questions plus proches de l'application des connaissances à la gestion de problèmes concrets. Les experts doivent donc disposer de références bibliographiques complémentaires de celles dont ils disposent déjà.

Enfin, l'ESCO se doit de tendre vers l'exhaustivité des sources, qui ne peut être attestée que par une recherche systématique dans les bases de données qui font référence.

2. Principales bases bibliographiques utilisées

Au cours de cette expertise, plusieurs bases bibliographiques internationales ont été interrogées afin de proposer aux experts des références scientifiques sur les différents volets de l'exercice.

Web of Science. Produite par Thomson Scientific (ex-ISI), c'est "la" base de référence des milieux scientifiques du monde entier. Les domaines couverts représentent toutes les disciplines en sciences et sciences sociales et permettent de répondre aux recherches traversant plusieurs champs disciplinaires et celles menées aux interfaces entre les disciplines.

CAB Abstracts. Produite par CABI Publishing (Commonwealth Agricultural Bureaux), cette base est spécialisée dans les thématiques "agriculture" au sens large (production végétale et protection des cultures, production animale et sciences vétérinaires, foresterie, santé et alimentation humaine, gestion et conservation des ressources naturelles, économie et sociologie rurale).

Econlit. Produite par l'American Economic Association, cette base est une banque bibliographique spécialisée en économie et management. Elle recense des articles de périodiques (400 titres), des monographies, chapitres de volumes collectifs, comptes rendus de congrès, thèses, travaux de recherche ("working papers").

FSTA (Food Science and Technology Abstracts). Produite par l'IFIS (International Food Information Service), la base FSTA est une base de données en sciences et technologies alimentaires et nutrition humaine.

Medline / Pubmed. Produite par la National Library of Medicine (NLM-USA), Pubmed est une base de données bibliographiques qui couvre tous les domaines biomédicaux : biochimie, biologie, médecine clinique, économie, éthique, odontologie, pharmacologie, psychiatrie, santé publique, toxicologie, médecine vétérinaire.

D'autres sources d'informations scientifiques et techniques ont également été utilisées : Cochrane Library (Base de données d'examen systématiques d'études sur les effets d'interventions dans le domaine des soins de santé), BDSP (Banque de données Santé Publique, depuis 1993), BD ESR (base de données du département SAE2 de l'INRA), Emerald (base spécialisée en "marketing" et "supply chain"), Business Source (EBSCO ; revues spécialisées en marketing), Ialine+ (base de données bibliographiques française spécialisée en agro-alimentaire), Hortifru (base bibliographique française et internationale sur les fruits et légumes recensée depuis 1988 par Ctifl, Interfel et Viniflor).

3. Constitution d'un corpus de références bibliographiques

Le champ retenu pour l'expertise étant vaste, la recherche initiale très générale dans les bases de données internationales conduit dans un premier temps à établir un état des lieux du périmètre et des principales thématiques du sujet. Il faut ensuite circonscrire le sujet, opérer et justifier des choix dans les concepts et les limites (géographique, type de documents, niveau d'analyse...), les traduire à l'aide de mots-clés, afin de cribler les données pertinentes pour traiter les questions posées. L'interrogation des bases de données est réalisée à l'aide d'équations de recherche complexes qui combinent les différents concepts et mots-clés correspondant aux thèmes de l'expertise.

Des itérations sont nécessaires tout au long du travail pour constituer le corpus analysé : interrogations initiales assez générales des bases de données par les documentalistes de l'INRA, analyse critique des résultats avec le(s) expert(s) concerné(s), ajustements des mots-clés et équations de recherche, recherches complémentaires demandées par les experts durant tout l'exercice.

4. Les spécificités du corpus bibliographique constitué pour chaque chapitre du rapport

. Consommation de F&L et santé

L'objectif était de faire un état de l'art sur les fondements scientifiques des recommandations nutritionnelles concernant les F&L, aussi bien en terme de bénéfices que de risques potentiels (pesticides, allergie...). Des équations de recherche ont été réalisées pour les principales pathologies (cancer, maladies cardiovasculaires...), et les interrogations effectuées dans les bases spécialisées en biomédecine (PubMed/Medline et Cochrane Library). La littérature scientifique est très abondante sur le sujet, notamment en provenance des Etats-Unis. Il a donc été choisi de privilégier les articles de synthèse (*review*) et les méta-analyses.

. Variabilité des caractéristiques nutritionnelles des F&L

Pour chacun des trois volets du chapitre, facteurs génétiques, conditions de culture et traitements post-récolte, des équations de recherche ont été réalisées en croisant les différents concepts identifiés avec les marqueurs de la qualité nutritionnelle et les F&L. Les sources de variations différant selon les espèces, les interrogations ont dû être déclinées pour les principales espèces fruitières et légumières. Deux bases bibliographiques spécialisées en agriculture (CAB Abstract) et en agro-alimentaire (FSTA) ont été principalement utilisées.

La littérature scientifique est très abondante, mais les données sont hétérogènes et éparpillées suivant les espèces et les composés, excepté pour les espèces modèles (tomate et pomme). Compte tenu de la multitude des facteurs de variabilité, il existe peu de travaux de synthèse, que ce soit au niveau de la production au champ ou des traitements post-récolte. Concernant les effets des modes de culture sur la qualité nutritionnelle des F&L, les travaux sont également peu nombreux et principalement publiés lors de communications à des colloques.

. Déterminants de la consommation de F&L et politiques d'interventions

Un même groupe d'experts a traité l'ensemble des questions relatives à la consommation : connaissance de la consommation de F&L, analyse de ses déterminants économiques, socioculturels et sensoriels, impacts des interventions ciblées visant à promouvoir cette consommation. La recherche bibliographique dans les bases de données académiques a permis d'identifier plus de 550 publications sur cette thématique "consommation". Les travaux quantitatifs apparaissent peu nombreux. Les recherches privilégient généralement une approche particulière, ce qui ne permet pas d'appréhender le poids relatif des différents déterminants dans les comportements des consommateurs. Les évaluations scientifiques des interventions auprès de diverses populations sont encore peu nombreuses.

Les différents points ont nécessité le recours à des ressources documentaires complémentaires : données statistiques internationales et françaises (FAO, INSEE), enquêtes nationales de consommation alimentaire (INCA, CCAF), rapports institutionnels (Ministères de l'agriculture américain et britannique, Observatoire de la pauvreté et de l'exclusion sociale français...), études réalisées par des organismes techniques (CTIFL), comptes rendus d'actions menées au niveau des collectivités locales...

. Filières de F&L et enjeux économiques

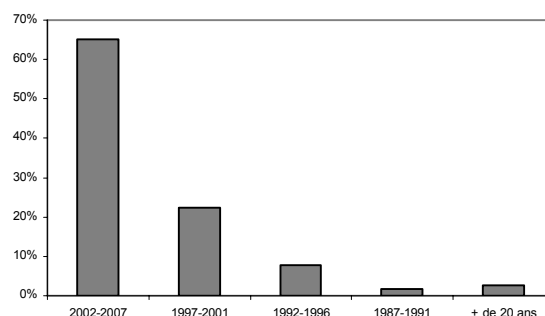
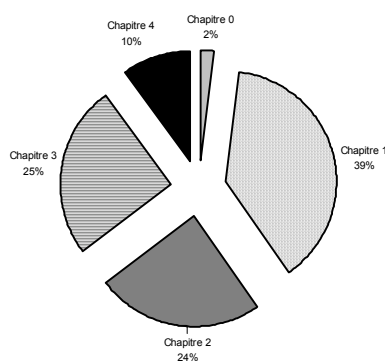
Concernant l'économie des filières et des marchés des F&L, les travaux de recherche économique conduits dans la perspective d'une croissance de la consommation sont peu nombreux. De plus, si près de 500 articles ont été publiés, au cours des 15 dernières années, dans des revues économiques internationales sur des questions concernant le secteur des F&L, ils apparaissent à la lecture très hétérogènes, tant au niveau des thèmes abordés que des méthodologies. Il est donc difficile d'en faire ressortir des éléments de conclusion, d'autant plus que les travaux empiriques portant sur les marchés des F&L en Europe sont peu nombreux.

Concernant la formation des prix, la littérature scientifique fournit quelques éclairages intéressants, en particulier sur la question des gains de productivité ; elle reste cependant lacunaire sur la question de la transmission des prix dans les filières. Les références recensées sur les impacts des politiques de qualité et des interventions visant à accroître la sécurité sanitaire sur les coûts et les prix des produits sont également apparues peu nombreuses.

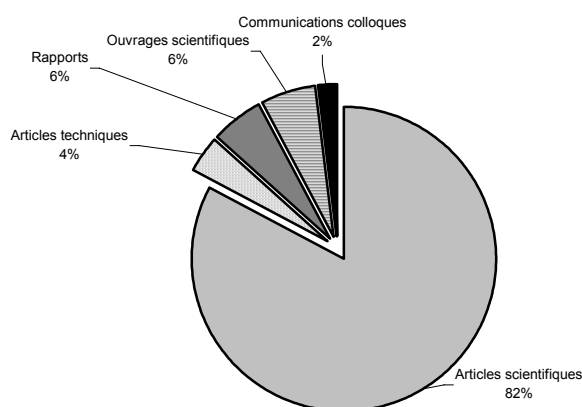
Compte tenu de ces limites, le parti a été pris de ne pas tenter de dresser un tableau exhaustif de la littérature disponible (ce qui aurait conduit à un inventaire par produits ou par pays sans intérêt dans le cadre de cette expertise), mais plutôt de chercher à mobiliser les travaux existants dans le cadre d'un questionnement bâti au regard de l'objectif d'une croissance de la consommation de F&L.

5. Analyse des références citées dans le rapport

Au total, 1330 références ont été citées dans ce rapport. Le schéma ci-dessous indique la répartition des références en fonction des chapitres. L'histogramme confirme que les experts ont utilisé des références bibliographiques très récentes, puisque 65% des références citées ont été publiées depuis moins de 5 ans (2002-2007) ; cette tendance se vérifie quel que soit le chapitre de l'expertise.



Les experts se sont référés principalement à des travaux publiés dans des revues scientifiques internationales (82%), ce qui répond bien à la définition de l'exercice d'expertise scientifique, et à des ouvrages scientifiques (6%). Dans un 2^e temps, les experts ont également fait appel à de la "littérature grise" sous forme de rapports (6%), de communications présentées lors de conférences (2%) et d'articles techniques (4%).



A partir des articles cités dans le rapport, il est possible de repérer les revues majeures dans les différents chapitres. Pour chaque chapitre, un tiers à la moitié des articles cités ont été publiés dans 8 revues, qui apparaissent très spécialisées sur les thématiques de l'expertise F&L.

	Revues	Nombre articles		Revues	Nombre articles
CHAPITRE 1	American Journal of Clinical Nutrition	43	CHAPITRE 2	Journal of agricultural and food chemistry	72
	Jama Journal of the American Medical Association	19		Journal of the Science of Food and Agriculture	25
	American journal of epidemiology	17		Food Chemistry	14
	Archives of ophthalmology	15		European food research and technology	10
	European Journal of Clinical Nutrition	12		Journal of food composition and analysis	9
	New England journal of medicine	12		Journal of food science	9
	Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention	11		Postharvest Biology and Technology	8
	Lancet	11		HortScience	7
	Ces 8 revues représentent 30,5% des articles cités			Ces 8 revues représentent 51,2% des articles cités	
CHAPITRE 3	Appetite	25	CHAPITRE 4	Food Policy	13
	Public Health Nutrition	20		American Journal of Agricultural Economics	6
	Journal of the American Dietetic Association	18		European Review of Agricultural Economics	5
	Food Quality and Preference	16		INRA Sciences Sociales	5
	InfosCtifl	14		Economie Rurale	3
	American journal of clinical nutrition	9		Economies et Sociétés	3
	European Journal of Clinical Nutrition	8		InfosCtifl	3
	American Journal of Public Health	7		Journal of Agricultural & Food Industrial Organization	3
	Ces 8 revues représentent 39,7% des articles cités			Ces 8 revues représentent 45,1% des articles cités	

AUTEURS ET EDITEURS DE L'EXPERTISE

► Experts

Responsable de la coordination scientifique

Pierre COMBRIS, DR*, INRA-SAE2° Ivry-sur-Seine : Economie de la consommation

Contributeurs

Marie-Jo AMIOT-CARLIN**, DR, INRA-AH Marseille : Nutrition, vitamines et microconstituants alimentaires

Pascale BARBERGER-GATEAU, MCU-PH, INSERM Bordeaux : Epidémiologie, maladies neurodégénératives

France CAILLAVET, DR, INRA-SAE2 Ivry-sur-Seine : Micro-économie de la consommation, alimentation et pauvreté

Mathilde CAUSSE, DR, INRA-GAP Avignon : Génétique et amélioration des fruits et légumes

Christian CHERVIN, Pr, ENSA Toulouse : Génomique et biotechnologie des fruits

Emmanuelle CHEVASSUS-LOZZA, DR, INRA-SAE2 Nantes : Economie des échanges agricoles internationaux

Jean-Marie CODRON, DR, INRA-SAE2 Montpellier : Economie institutionnelle, filière, grande distribution, qualité et sécurité des produits

Pierre COMBRIS, DR, INRA-SAE2 Ivry-sur-Seine : Economie de la consommation

Jean DALLONGEVILLE, DR, Institut Pasteur de Lille, INSERM : Epidémiologie, maladies cardiovasculaires

Luc DAUCHET, AH, CHU de Rouen, INSERM : Epidémiologie, maladies cardiovasculaires, cancer

Cécile DELCOURT, CR, INSERM Bordeaux : Epidémiologie, nutrition et maladies oculaires

Christian DEMIGNÉ, DR, INRA-AH Clermont-Ferrand : Alimentation, squelette et métabolismes

Françoise DOSBA, Pr, SupAgro, INRA-GAP Montpellier : Génétique, résistance aux parasites, arboriculture fruitière, filières F&L

Christophe DUPONT, PU-PH, Université Paris Descartes - APHP Paris : Allergies alimentaires

Patricia GURVIEZ, MC, AgroParisTech SESG Massy : Comportement du consommateur, marketing

Paule LATINO-MARTEL, DR, INRA-AH Jouy-en-Josas : Nutrition et cancers : épidémiologie nutritionnelle et mécanismes

Jean-Claude MAUGET, Pr, INH Angers : . Agronomie, écophysiologie, arboriculture fruitière

Sophie NICKLAUS, CR, INRA-AH Dijon : Comportement du consommateur, perceptions sensorielles

Martine PADILLA, DR, CIHEAM/IAM Montpellier : Comportements alimentaires, politiques alimentaires au niveau international

Catherine RENARD, DR, INRA-CEPIA Avignon : Qualité, conservation et transformation des F&L

Vincent REQUILLART, DR, INRA-SAE2 Toulouse : Economie industrielle, politique agricole et analyses de filières

Claudie ROY, IC, INRA-AgroParisTech Paris : Risque alimentaire, pesticides

Louis-Georges SOLER, DR, INRA-SAE2 Ivry-sur-Seine : Economie industrielle, qualité et sécurité des produits

Philippe VERGER, DR, AgroParisTech Paris : Risque alimentaire, pesticides, nitrates

Jean-Luc VOLATIER, AFSSA Maisons-Alfort : Biostatistique, méthodologie des enquêtes de consommation alimentaire

Cette liste n'intègre pas les chercheurs qui ont pu être sollicités (par l'un des experts ci-dessus) pour contribuer ponctuellement à la rédaction d'une section du rapport, mais n'ont pas participé au travail collectif. Ces chercheurs sont cités dans les contributions écrites auxquelles ils ont apporté leur concours.

► Unité Expertise scientifique collective (UESCo) de l'INRA

Claire SABBAGH, IR, INRA Paris : Direction de l'Unité, management de l'ESCo

Isabelle SAVINI, IE, INRA Paris : Rédaction et coordination éditoriale

Dominique FOURNIER, IR, INRA Montpellier : ingénierie documentaire

Armelle CHAMPENOIS, AI, INRA-SAE2, Ivry : documentation

* AH : Assistant des hôpitaux ; AI : Assistant ingénieur ; CR : Chargé de recherche ; DR : Directeur de recherche ; IC : Ingénieur contractuel ; IE : Ingénieur d'étude ; IR : Ingénieur de recherche ; MC : Maître de conférences ; MCU : Maître de conférences des Universités PH : Praticien hospitalier ; Pr : Professeur ; PU : Professeur des Universités.

° Départements de recherche INRA : AH : Alimentation humaine ; CEPIA : Caractérisation et élaboration des produits issus de l'agriculture ; GAP : Génétique et amélioration des plantes ; SAE2 : Sciences sociales, agriculture et alimentation, environnement et espace.

** En gras : experts coordinateurs de parties du rapport



INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

147, rue de l'Université • 75338 Paris cedex 07

Tél : + 33(0)1 42 75 90 00 • Fax : + 33(0)1 47 05 99 66

www.inra.fr