

Le rôle des différents nutriments et de leurs possibles interactions dans les effets santé de la pomme

Christian Demigné^{a*}, Sylvain Guyot^b, Pierre Vaysse^c, Véronique Ripetti-Ballester^d, Jean-Jacques Kelner^d, Olivier Aprikian^a, Claudine Manach^a, Christine Morand^a, Christian Rémésy^a

^a Unité des Maladies Métaboliques et Micronutriments, Inra de Clermont-Ferrand/Theix, 63122 St-Genès-Champanelle, France
demigne@clermont.inra.fr

^b Unité de Recherches Cidricoles & Biotransformation des Fruits et Légumes, Inra Rennes, BP 35327, 35653 Le Rheu Cedex, France

^c CTIFL, Centre de Lanxade, BP 21, 24130 La Force, France

^d UMR Biologie du Développement des Plantes Pérennes, 2 place Viala, 34060 Montpellier, France

Various nutriment parts and their possible interactions in the health effects of apple.

Abstract — Introduction. The effects of fruit and vegetable consumption concerning pathologies have already been underlined by many studies in which, in particular, apple consumption could be correlated with a significant protective effect. This document presents a review of the results which were obtained at the conclusion of these studies. **Apple fractions useful for nutrition.** The contributions of apple to glucids, polyphenols, minerals, organic anions and vitamins were successively analyzed and studied according to the effects of these elements on human health. **Apple potential effects on health.** The apple's protective effects concerning cardiovascular risks were first exposed, and more specific effects were then reviewed: effects on the insulinic statute and the antioxidant statute, antiacidotic effects and impact on digestive fermentations into the colon. **Conclusion.** From a preventive nutrition point of view, apple has very interesting potential. A great number of health effects which are allotted to it would depend on interactions between various nutriments such as, for example, interactions between fibers and certain polyphenols. These interactions are still little known; their study seems promising and could be transposed to many foods of vegetable origin.

France / apples / proximate composition / nutrition physiology / human nutrition / health protection

Le rôle des différents nutriments et de leurs possibles interactions dans les effets santé de la pomme.

Résumé — Introduction. Les effets de la consommation de fruits et légumes vis-à-vis de pathologies ont été déjà mis en évidence par de nombreuses études dans lesquelles, en particulier, la consommation de la pomme a pu être corrélée à un effet protecteur significatif. Le document présente une synthèse des résultats qui ont été obtenus à l'issue de cette série d'études. **Les fractions nutritionnellement actives de la pomme.** Les apports de la pomme en glucides, polyphénols, minéraux, anions organiques et vitamines ont été successivement analysés et commentés en fonction des effets de ces éléments sur la santé humaine. **Les effets santé potentiels de la pomme.** Les effets protecteurs de la pomme vis-à-vis du risque cardiovasculaire ont été tout d'abord exposés ; des effets plus spécifiques ont ensuite été passés en revue : effets sur le statut insulémique et sur le statut antioxydant, effets antiacidotiques et impact sur les fermentations digestives dans le côlon. **Conclusion.** La pomme possède, d'un point de vue nutrition préventive, des potentialités très intéressantes. Un grand nombre d'effets santé qui lui sont attribués dépendrait d'interactions entre divers nutriments comme, par exemple, les interactions entre les fibres et certains polyphénols. Ces interactions sont encore mal connues ; leur étude semble prometteuse et pourrait être transposée à de nombreux aliments d'origine végétale.

* Correspondance et tirés à part

Reçu le 8 janvier 2003
Accepté le 25 avril 2003

Fruits, 2003, vol. 58, p. 297–306
© 2003 Cirad/EDP Sciences
All rights reserved
DOI: 10.1051/fruits:2003017
RESUMEN ESPAÑOL, p. 306

France / pomme / composition globale / physiologie de la nutrition / nutrition humaine / protection de la santé

1. Introduction

La pomme est pratiquement disponible tout au long de l'année, même si certaines variétés restent plus « saisonnières » du fait de leur plus faible aptitude à la conservation (type Reinettes ou Gala, notamment). Cela explique son importance comme fruit de base dans une ration : de fait, la pomme est le fruit le plus consommé dans de nombreux pays, dont la France (15–16 kg·an⁻¹ par personne). Il est d'ailleurs plausible que les consommateurs assidus de pommes soient également ceux qui ont la plus forte consommation moyenne de fruits. La pomme est un fruit largement apprécié : cette caractéristique est sans doute à relier à la diversité variétale des pommes proposées au consommateur et elle contraste avec la situation d'autres fruits. Cette diversité a pu être menacée par l'hégémonie de quelques variétés, mais il existe une évolution notable vers une diversification de l'offre. L'importance de la pomme tient aussi au fait qu'elle est présente dans notre alimentation sous des formes très diverses : outre les fruits à croquer, elle est fréquemment consommée en jus, cidres et compotes diverses, ainsi que sous quelques présentations mineures telles que les chips.

Les effets protecteurs de fruits et légumes vis-à-vis de pathologies majeures telles que maladies cardiovasculaires, diabète et certains cancers ressortent régulièrement d'études épidémiologiques, écologiques voire

d'intervention nutritionnelle [1–5]. Dans la plupart des modes d'alimentation, la consommation de fruits est relativement diversifiée (avec un effet saison perceptible) aussi semble-t-il de prime abord illusoire de relier ces effets protecteurs à un type particulier de fruit. Toutefois il existe quelques exceptions, notamment en ce qui concerne la pomme, dont la consommation a pu être corrélée à un effet protecteur significatif dans plusieurs études [2–4, 6].

2. Les fractions nutritionnellement actives de la pomme

La pomme contient un certain nombre de nutriments indispensables à la santé humaine (*tableau I*).

2.1. Les glucides

Comme de nombreux produits d'origine végétale, la pomme est très pauvre en lipides (0,6 %) et sa valeur calorique est modeste, d'environ 50 kcal·100 g⁻¹ de pulpe : ainsi, la consommation d'une pomme n'apporte environ que 80 kcal. Cet apport calorique est presque exclusivement dû aux sucres simples représentés par le fructose (environ 50 % des sucres), le glucose et le saccharose. Le fructose est absorbé de façon moins

Tableau I.
Teneurs moyennes d'un panel de pommes de table [44].

Composé	Teneur	Teneur
	(g·100 g ⁻¹ de poids frais)	(mg·100 g ⁻¹ de poids frais)
Glucides	7–12,3	–
dont fructose	4,3–6,2	–
Fibres	2–2,4	–
Vitamine C	–	1,3–10
Vitamine E	–	0,2–0,4
Potassium	–	133–146
Calcium	–	3–9
Magnésium	–	5–6
Fer	–	0,25–0,44
Acide malique	–	300–600
Polyphénols (pulpe + épiderme)	–	159–293

efficace que le glucose et cette particularité a certaines conséquences :

- les produits contenant du fructose ont un index glycémique relativement bas, ce qui peut être intéressant dans les cas de tolérance glucidique altérée,
- des problèmes de malabsorption glucidique, bénins dans la plupart des cas, peuvent survenir avec les jus de pomme, en particulier chez les jeunes enfants. En fait, il s'agit probablement d'une synergie entre fructose et sorbitol (un sucre-alcool peu absorbable).

En France, l'apport en glucides simples représente près de 40 % des glucides totaux [selon enquête individuelle et nationale sur les consommations alimentaires (INCA), 1999], essentiellement en raison du saccharose introduit à forte dose dans de très nombreux aliments. La solution à ce problème n'est évidemment pas de restreindre la consommation de fruits, mais de limiter les apports de préparations sucrées (entremets, glaces, sodas, confiseries).

La pomme contient des fibres en quantités notables, de l'ordre de 2 % pour la pulpe à près de 3 % pour le fruit entier. Une pomme de 150 g apportera ainsi (3 à 4) g de fibres et la consommation de deux pommes dans la journée pourrait fournir (25 à 30) % des quantités préconisées en fibres (environ 30 g par j). Notons que si la pectine de pomme est bien connue du grand public pour ses capacités gélifiantes, il n'en reste pas moins que les fibres de pomme comportent une proportion importante de fibres insolubles (cellulose, certaines hémicelluloses). Les fibres de la pomme sont donc essentiellement des glucides pariétaux qui constituent la trame polysaccharidique des parois cellulaires végétales « emballant » le contenu des cellules végétales (protéines, sucres, minéraux). De la sorte, les fibres affectent vraisemblablement la cinétique de digestion des constituants de la pomme en l'étalant dans le temps. Les fibres peuvent aussi affecter la cinétique de digestion des glucides et lipides présents dans d'autres aliments, ou le degré d'absorption du cholestérol et des acides biliaires.

Les fibres de la pomme sont largement dégradées par la microflore du côlon, un

processus qui aboutit à la production d'acides gras à chaîne courte (AGCC) qui peuvent avoir à la fois des effets locaux (rôle énergétique et trophique, rôle anti-inflammatoire) et des effets plus généraux puisqu'ils sont très efficacement absorbés et ensuite métabolisés par le foie [7]. À cet égard, les effets propres de la pectine ont été relativement bien étudiés et il a été fréquemment observé que ce polysaccharide favorisait plutôt des fermentations riches en acide acétique [8]. Les données sur l'impact global des fibres de la pomme sur les fermentations digestives restent rares, mais certains travaux suggèrent que cette fraction favoriserait une production accrue d'acide butyrique, auquel on attribue une action protectrice vis-à-vis des risques de cancer colique [7, 9]. Cette action reste à confirmer lorsque la pomme est ingérée dans une alimentation complexe.

2.2. Les polyphénols

Les polyphénols appartiennent à une famille de composés, très complexe, bien représentée dans la pomme puisqu'on en trouve jusqu'à (8 à 10) $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ dans les variétés à cidre amères. Parmi les pommes de table, il existe aussi des écarts notables : de (0,5 à 1,0) $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ pour des variétés de type Golden à plus de 1,5 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ pour des variétés telles que les Reinettes [10, 11]. La propension au brunissement a été reliée au contenu en molécules phénoliques, notamment en acide chlorogénique, et des actions de sélection ont pu être menées dans le passé sur ce critère, ce qui explique l'existence sur le marché de variétés pauvres en polyphénols. En fait, il existe également des différences entre pommes en ce qui concerne certaines classes de polyphénols tels que les flavonols ou les dérivés de l'acide hydroxycinnamique, ainsi que les dihydrochalcones (composés de la famille de la phloridzine) dont les teneurs varient d'un facteur 2 ou 3 (*figure 1*). Ces dihydrochalcones sont relativement spécifiques de la pomme et leur action mériterait d'être approfondie (interférences avec l'absorption du glucose, de l'acide ascorbique voire d'autres molécules phénoliques) ; de plus, ils pourraient constituer des marqueurs de l'ingestion de

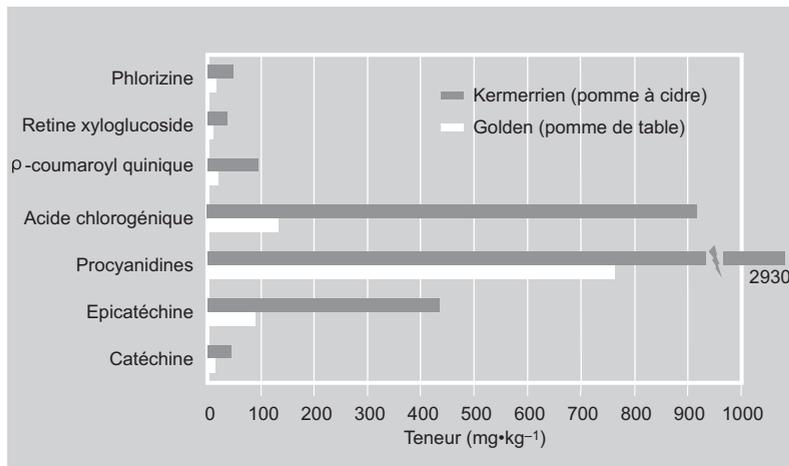


Figure 1. Composition en polyphénols de deux variétés de pomme, une variété cidricole (Kermerrien) et une variété de table (Golden) [45].

pommes. Les polyphénols les plus abondants de la pomme sont l'acide chlorogénique, l'épicatechine et les procyanidines (polymères des catéchines). Les teneurs en acide chlorogénique et en épicatechine sont particulièrement élevées au début du développement du fruit (début de l'été), puis elles diminuent pendant le développement et restent à peu près stables à maturité [12]. La concentration des polyphénols totaux semble relativement stable durant le stockage à froid ([12], résultats AQS2001-N7).

Les jus de pommes sont souvent relativement pauvres en polyphénols, surtout s'ils sont élaborés à partir de pommes de table ; d'autre part les procédés de clarification (polyvinylpyrrolidone, par exemple) entraînent une précipitation des polyphénols. Pour les cidres, ce problème peut également se poser, mais il faut signaler que certaines pratiques cidricoles peuvent aussi enrichir ce produit en polyphénols par rapport aux pommes d'origine [13].

La biodisponibilité des différentes molécules phénoliques de la pomme n'est pas encore parfaitement connue. Il est plausible que la biodisponibilité des procyanidines hautement polymérisées soit faible, mais ces molécules peuvent être dégradées par la microflore du côlon et servir de précurseurs à divers acides phénoliques qui, en revanche, sont absorbables. La biodisponibilité de molécules telles que les dérivés de l'acide cinnamique ou les flavanols (quercétine, par exemple) est plus élevée

que celle des procyanidines. Cette biodisponibilité dépend en partie du mode de conjugaison dans l'aliment de départ : c'est ainsi que la quercétine de la pomme se présente sous forme de glycosides qui peuvent être plus absorbables (glucosides tels que l'isoquercitrine) ou moins absorbables (rutoside tel que la rutine) que la quercétine libre [14–17].

On attribue des effets santé intéressants aux molécules phénoliques de la pomme. Les essais directs de protection *in vitro* de lipoprotéines humaines par des extraits de pomme ou des jus donnent généralement des résultats très positifs [18], mais ce type d'approche peut être critiqué pour son aspect peu physiologique. Des études *in vivo*, dans des conditions nutritionnelles réalistes, confirment que la consommation de produits de la pomme (fruit, jus) réalise un apport efficace en composés antioxydants. L'analyse plus fine de l'efficacité propre des divers types de composés phénoliques (souvent des métabolites différenciant du composé initial présent dans la pomme) fait l'objet de recherches actives. Ces actions antioxydantes sont susceptibles de se traduire de façon positive sur de nombreux processus physiopathologiques : moindre athérogénicité des lipoprotéines circulantes, mais aussi impact possible sur des facteurs de l'inflammation, de la thrombogénèse voire de la cancérisation [19–21].

2.3. Minéraux/anions organiques et vitamines

La pomme est très pauvre en Na mais riche en K (120–140 mg·100 g⁻¹) ; de ce fait, la consommation de pommes apporte des quantités notables de K : 150 g de pomme apportent près de 200 mg de K, alors que l'apport journalier dans les sociétés occidentales ne dépasse guère les 2 g par j. Une large part des anions de la pomme est sous forme de malate, la pomme présentant des teneurs en acides organiques modérées (environ 450 mg·100 g⁻¹) par rapport à certains fruits comme les agrumes qui peuvent dépasser les 1000 mg·100 g⁻¹. De fait, c'est peut-être cette acidité modérée qui favorise la consommation de la pomme : les pommes très acides (qui entrent plutôt dans la

composition des cidres) ont souvent moins d'appétence. La pomme contient également du magnésium (environ $5 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) ainsi que divers oligo-éléments : zinc, manganèse, cuivre, fer, etc.

La pomme présente une teneur en vitamine C non négligeable (jusqu'à $10 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), mais inférieure à celle de fruits tels que le kiwi ou les agrumes. La consommation journalière de plusieurs pommes permettrait un apport significatif de cette vitamine (20 à 30) % des apports journaliers recommandés ; d'autre part il semble que la teneur en vitamine C de la pomme soit assez peu altérée par un stockage prolongé [6]. Par ailleurs, la pomme apporte un certain nombre de vitamines du groupe B, mais peu de vitamine E ou de provitamine A.

3. Les effets santé potentiels de la pomme

3.1. Les effets protecteurs vis-à-vis du risque cardiovasculaire (CVD)

L'une des approches les plus courantes est d'abaisser la cholestérolémie circulante chez les sujets à risque tout en diminuant aussi le rapport LDL-C/HDL-C, puisqu'une valeur élevée pour ce rapport est considérée comme défavorable vis-à-vis du risque de CVD. Avec des aliments comme la pomme, comportant un taux significatif de fibres, il semblait logique de mettre l'accent sur cet apport puisqu'on savait que des fibres telles que les pectines pouvaient diminuer l'absorption du cholestérol intestinal et la réabsorption des sels biliaires (principaux produits d'oxydation du cholestérol). De fait, des études sur modèle animal ont conclu en faveur d'un rôle important de la pectine dans l'action hypocholestérolémiante de la pomme [22], ce qui est en accord avec de nombreux travaux montrant un tel effet de la pectine sur divers modèles animaux et chez l'homme (dans une compilation récente, Tersptra *et al.* ont recensé sur ce point 22 publications chez le rat et 7 chez l'homme [23], ces chiffres n'étant certainement pas exhaustifs). Ces données res-

tent à considérer avec quelques précautions pour plusieurs raisons : (i) il existe aussi des résultats non concluants [24], (ii) les sources de pectine étaient très diverses, et les études spécifiques à la pectine de pomme plutôt rares, (iii) l'efficacité hypocholestérolémiante montrée pour la pectine varie seulement de (-5 à -8) %, en général.

Des essais ont été effectués sur sujets hypercholestérolémiques, en utilisant de la pectine de pomme associée ou non à d'autres fibres. En général, la pectine se montre relativement efficace du point de vue de l'action hypocholestérolémiante, cependant elle l'est d'une façon moins marquée que la gomme guar ou que certains mucilages tels que le psyllium ; aussi, les actions de supplémentation systématique en fibres utilisent-elles assez peu la pectine seule [23, 25]. D'autres investigations ont porté sur des actions plus spécifiques des pectines, par exemple sur leur impact sur la fibrinogénèse [21] potentiellement protecteur vis-à-vis des problèmes de thrombose. Il faut souligner que l'on prend progressivement conscience du fait que les suppléments en composés purifiés peuvent, à terme, aboutir à des effets qui ne sont pas forcément transposables en nutrition générale.

D'autres études ont choisi d'étudier l'action de la pomme dans son intégralité, et ont donné des résultats probants comme, par exemple, ceux du groupe de Sablé-Amplis *et al.* [26] chez le hamster, et ceux de Giraud *et al.* chez l'homme [2]. Des essais ultérieurs avec des jus de pomme supplémentés en fibres n'avaient pas été concluants [27], mais une expérience plus récente [28] a conclu à une réduction par la pomme (fruit entier ou jus) des processus d'oxydation des LDL, ce qui aboutit à une diminution de l'athérogénicité de ces lipoprotéines. Dans les années 2000, les effets de la pomme ont été réétudiés de façon plus synthétique, en prenant en compte non seulement l'impact de la fraction fibre mais aussi les synergies possibles avec d'autres nutriments tels que les polyphénols. Ainsi, il a été montré que les régimes contenant 15 % de pomme étaient clairement hypocholestérolémiants (diminution du LDL-C principalement) chez des rats

hypercholestérolémiques, tout en prévenant l'accumulation de triglycérides hépatiques et cardiaques. Il a été également noté que la pomme avait en parallèle un impact protecteur contre les phénomènes de peroxydation lipidique, que ce soit à l'échelle de l'organisme entier ou, plus spécifiquement, au niveau cardiaque [29].

3.2. Autres effets santé

3.2.1. Effets sur le statut insulinique

Le fait que la pomme soit relativement riche en glucides, en particulier en fructose, ne doit pas l'écartier de l'alimentation du diabétique. D'une part, divers travaux ont montré que les régimes très pauvres en glucides étaient certainement à reconsidérer en faveur de régimes plus équilibrés [30] ; d'autre part, le fructose (dont les excès sont bien sûr à éviter) est un glucide intéressant à faible dose. Le fructose possède en effet un faible index glycémique ; son pouvoir potentiellement prooxydant disparaît en présence de micronutriments tels que les polyphénols (cas des fruits et du miel, [29, 31]) ; de plus, le fructose aurait un impact régulateur sur le métabolisme hépatique du glucose [32].

Au niveau métabolique, il existe aussi d'autres effets intéressants de fruits tels que la pomme, via des altérations du statut en insuline et de la sensibilité tissulaire à cette hormone [24, 30, 33]. Cela retentit sur des processus métaboliques tels que la lipogénèse qui pourrait également être affectée par des intermédiaires de la dégradation des pectines [34] et dont certaines étapes clés sont affectées par des régimes riches en glucides fermentescibles [35]. En fait, les mécanismes d'action de la pomme sur le métabolisme lipidique sont vraisemblablement plurifactoriels. Les effets digestifs de la pomme pourraient aussi s'exercer en diminuant la réabsorption des acides biliaires, mais l'impact éventuel sur l'absorption du cholestérol reste difficile à apprécier. De fait, les effets digestifs des fibres de la pomme peuvent se superposer à des effets métaboliques plus généraux (amélioration du statut insulinique) qui se traduisent par une absorption plus efficace du cholestérol

associée à une répression de sa synthèse hépatique [36].

3.2.2. Effets sur le statut antioxydant

Une partie des effets protecteurs de la pomme passe par son impact positif sur le statut en antioxydants et la protection des structures lipidiques (lipoprotéines sériques, lipides tissulaires). Il faut certainement relativiser les données de Eberhardt *et al.* [37] selon lesquelles 100 g de pomme fraîche posséderaient le même potentiel antioxydant que 1500 mg de vitamine C dans un système *in vitro*. Il est néanmoins plausible que la pomme puisse diminuer l'athérogénicité des lipoprotéines circulantes en augmentant la capacité antioxydante des fluides biologiques [6, 18, 27, 37]. L'identification des constituants de la pomme les plus importants dans cette action protectrice fait l'objet de recherches actives : les quantités de vitamine C contenues dans la pomme (environ $10 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) ne sont certainement pas décisives et les recherches actuelles se focalisent davantage sur les polyphénols. Parmi les plus abondants d'entre eux (les procyanidines), des résultats récents indiquent que seuls les monomères (épicatechine) et, à un bien moindre degré, les dimères [16] ont une biodisponibilité et une efficacité leur permettant de jouer un rôle protecteur effectif. Bien que la quercétine soit moins abondante que les catéchines dans la pomme, son efficacité antioxydante considérable doit la faire prendre en considération. Certaines études tendent néanmoins à dissocier les effets protecteurs de la pomme de la présence de quercétine, par exemple vis-à-vis du risque d'atteintes cérébrovasculaires [4]. Cette question se pose également à propos de la phloridzine et des composés apparentés qui, outre un impact bien connu sur certains transporteurs des sucres, posséderaient aussi des effets biologiques plus diversifiés [14, 20]. Les approches utilisant certains de ces composés purifiés sont certes utiles, notamment pour mieux connaître leur biodisponibilité et leur métabolisme, mais elles ne reflètent que partiellement le comportement et l'efficacité de ces mêmes molécules au sein de la matrice complexe de la pomme. Une autre approche consiste à comparer l'action biologique de pommes

ne différant que par leur teneur en certains polyphénols majeurs, en ayant recours éventuellement à des variétés peu répandues mais très riches en polyphénols [8, 28]. En tout état de cause, des recherches sur ce point sont tout à fait nécessaires car il importe de préciser si les variétés les plus riches en polyphénols sont effectivement plus protectrices, ce qui pourrait à terme avoir des conséquences sur l'offre des différentes variétés par la filière. Cette approche est confortée par les données récentes de Knekt *et al.* [38] montrant que la teneur de la ration en quercétine diminue non seulement le risque CVD mais aussi l'incidence du cancer du poumon ou celle du diabète de type II.

3.2.3. Effets antiacidotiques

Le fait d'apporter des quantités notables de sels organiques (malate surtout) de K rend la pomme très intéressante du point de vue du contrôle de l'équilibre acido-basique à long terme. En effet notre alimentation doit être équilibrée en aliments alcalinisants et acidifiants. L'alimentation de type « occidentale » présente un contenu en protéine excédant fréquemment les besoins d'entretien, ce qui se traduit entre autres par un catabolisme important d'acides aminés soufrés en excès, générateur d'ions sulfates devant être éliminés par les reins. L'acidité de cet anion sulfate est normalement neutralisée par la production de KHCO_3 qui dépend largement d'un apport de K sous forme d'anions organiques métabolisables (malate, citrate, etc.). Si la production de sulfate dépasse les capacités de neutralisation que l'organisme peut mettre en œuvre, un état d'acidose métabolique latente peut s'installer [39]. Ses conséquences ne se feront sentir qu'à long terme, en favorisant le catabolisme protéique et la résorption osseuse qui fragilise progressivement l'os [40]. On conçoit que ce soit chez les sujets âgés, dont la fonction rénale tend à devenir moins efficace, que ce type de déséquilibre acido-basique d'origine nutritionnelle est le plus critique. La consommation assidue de pomme peut évidemment avoir un impact favorable sur la capacité alcalinisante de la ration, mais il faut être conscient qu'une seule pomme

n'apporte qu'environ 0,2 g de K alors que l'apport journalier réalisé par une alimentation bien équilibrée est d'environ 2,5 g : la préconisation de 10 portions de fruits et légumes par jour est donc particulièrement pertinente dans ce cas.

3.2.4. Impact sur les fermentations digestives dans le côlon

Une pomme moyenne apporte (3 à 4) g de fibres de bonne fermentescibilité, soit (10 à 15) % des quantités journalières préconisées. La consommation journalière de plusieurs pommes peut pratiquement placer ce fruit parmi les sources majeures de fibres, auxquelles appartiennent aussi les produits céréaliers et les légumineuses. Dans des expériences menées chez l'animal, il a été montré que la fraction de fibres ou des extraits lyophilisés de pomme favorise nettement les fermentations butyriques [8, 28, 41]. Il est difficile de situer la fraction responsable de ce type d'orientation fermentaire, mais il ne s'agit pas vraisemblablement de la pectine elle-même qui favorise plutôt des fermentations riches en acide acétique [8]. Il est plausible que la structure native des fibres de la pomme (majoritairement insolubles) favorise une flore butyrogène et la présence de substances associées aux fibres, notamment les procyanidines, pourraient moduler la fermentescibilité de ces fibres [42]. L'augmentation des teneurs en butyrate dans la lumière du gros intestin est considérée comme une réponse biologique favorable, susceptible de limiter les phénomènes d'hyperprolifération dans la muqueuse colique (adénomes, carcinomes) ou les phénomènes inflammatoires [1, 7, 9]. Notons que les modes d'alimentation comportant un apport élevé en fruits et légumes sont généralement considérés comme protecteurs vis-à-vis du risque de cancer colique [1] et, dans nos contrées, la pomme participe évidemment de façon significative à cet apport.

4. Conclusions

Un fruit tel que la pomme possède donc, d'un point de vue nutrition préventive, des

potentialités très intéressantes et fort larges. Il est clair qu'un grand nombre d'effets santé attribués à la pomme dépend d'interactions entre divers nutriments comme, par exemple, les interactions entre les fibres et certains polyphénols [42, 43]. Ces interactions sont encore mal connues ; leur étude semble prometteuse et pourrait être transposée à de nombreux aliments d'origine végétale.

D'une manière générale, la pomme peut être considérée dans de nombreux pays européens comme le fruit de base, et sa consommation quasi journalière est à encourager ; elle doit être préservée chez les consommateurs actuels. À cet égard, il importe que la filière optimise non seulement la qualité des fruits produits, démarche déjà très avancée, mais qu'elle développe aussi leur diversité variétale, voire leur typicité. Bien évidemment, de nombreux effets santé de la pomme se retrouvent dans d'autres fruits, ainsi que dans divers légumes, mais la pomme semble un bon modèle d'étude de cette catégorie d'aliments.

Remerciements

O. Aprikian a bénéficié du soutien d'une bourse de thèse Aprifel et une partie des travaux cités dans cet article a fait l'objet d'un financement dans le cadre d'une action AQS 2001 (MRNT) impliquant une collaboration entre le CTIFL et l'Inra (France).

Références

- [1] Gerber M., Boutron-Ruault M.C., Hercberg S., Riboli E., Scalbert A., Siess M.H., Food and cancer: state of the art about the protective effect of fruits and vegetables, *Bull. Cancer* 89 (2002) 293–312.
- [2] Girault A., Bled F., Bouvier J., Cornet D., Girault M., Effets bénéfiques de la consommation de pommes sur le métabolisme lipidique chez l'homme, *Cardiologie* 12 (1988) 76–79.
- [3] Joffe M., Robertson A., The potential contribution of increased vegetable and fruit consumption to health gain in the European Union, *Public Health Nutr.* 4 (2001) 893–901.
- [4] Knekt P., Isotupa S., Rissanen H., Heliövaara M., Järvinen R., Häkkinen S., Aromaa A., Reunanen A., Quercetin intake and the incidence of cerebrovascular disease, *Eur. J. Clin. Nutr.* 54 (2000) 415–417.
- [5] Rimm E.B., Ascherio A., Giovannucci E., Spiegelman D., Stampfer M.J., Willett W.C., Vegetable, fruit, and cereal fiber intake and risk of coronary heart disease among men, *J. Am. Med. Assoc.* 275 (1996) 447–451.
- [6] Van der Sluis A.A., Dekker M., Jongen W.M., Flavonoids as bioactive components in apple products, *Cancer Lett.* 114 (1997) 107–108.
- [7] D'Argenio G., Mazzacca G., Short-chain fatty acid in the human colon. Relation to inflammatory bowel diseases and colon cancer, *Adv. Exp. Med. Biol.* 472 (1999) 149–158.
- [8] Aprikian O., Duclos V., Guyot S., Besson C., Manach C., Bernalier A., Morand C., Rémésy C., Demigné C., Apple pectin and a polyphenol-rich apple concentrate are more effective together than separately on cecal fermentations and plasma lipids in rats, *J. Nutr.* 133 (2003) 1860–1865.
- [9] Perrin P., Pierre F., Patry Y., Champ M., Berreur M., Pradal G., Bornet F., Meflah K., Menanteau J., Only fibres promoting a stable butyrate producing colonic ecosystem decrease the rate of aberrant crypt foci in rats, *Gut* 48 (2001) 53–61.
- [10] Amiot M.J., Tacchini M., Aubert S., Nicolas J., Phenolic composition and browning susceptibility of various apple cultivars at maturity, *J. Food Sci.* 57 (1992) 958–962.
- [11] Guyot S., Marnet N., Sanoner P., Drilleau J.F., Direct thiolysis on crude apple materials for high-performance liquid chromatography characterization and quantification of polyphenols in cider apple tissues and juices, *Method. Enzymol.* 335 (2001) 57–70.
- [12] Van der Sluis A.A., Dekker M., de Jager A., Jongen W.M.F., Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple : effect of cultivar, harvest year, and storage conditions, *J. Agr. Food Chem.* 49 (2001) 3606–3613.

- [13] Lea A.G., The analysis of cider phenolics, *Ann. Nutr. Aliment.* 32 (1978) 1051–1061.
- [14] Crespy V., Morand C., Besson C., Manach C., Demigné C., Rémésy C., Comparison of the intestinal absorption of quercetin, phloretin and their glucosides in rats, *J. Nutr.* 131 (2001) 2109–2114.
- [15] Hollman P., van Trip J., Buysman M., Gaag S., Mengelers M., de Vries J., Katan M., Relative bioavailability of the antioxidant flavonoid quercetin from various foods in man, *FEBS Lett.* 418 (1997) 152–156.
- [16] Holt R.R., Lazarus S.A., Sullards M.C., Zhu Q.Y., Schramm D.D., Hammerstone J.F., Fraga C.G., Schmitz H.H., Keen C.L., Procyanidin dimer B2 [epicatechin-(4S-8)-epicatechin] in human plasma after the consumption of a flavonol-rich cocoa, *Am. J. Clin. Nutr.* 76 (2002) 798–804.
- [17] Young J.F., Nielsen S.E., Haraldsdottir J., Daneshvar B., Lauridsen S.T., Knuthsen P., Crozier A., Sandström B., Dragsted L.O., Effect of fruit juice intake on urinary quercetin excretion and biomarkers of antioxidative status, *Am. J. Clin. Nutr.* 69 (1999) 87–94.
- [18] Pearson D.A., Tan C.H., German J.B., Davis P.A., Gerschwin M.E., Apple juice inhibits human low density lipoprotein oxidation, *Life Sci.* 64 (1999) 1913–1920.
- [19] Ogston D., Lea A.G., Langhorne P., Wilson S.B., The influence of the polyphenols of cider on plasmin and plasminogen activators, *Brit. J. Haematol.* 60 (1985) 705–713.
- [20] Ridgway T., O'Reilly J., West G., Tucker G., Wiseman H., Antioxidant action of novel derivatives of the apple-derived flavonoid phloridzin compared to oestrogen: relevance to potential cardioprotective action, *Biochem. Soc. T.* 25 (1997) 106S (abstr).
- [21] Vorster H.H., Cummings J.H., Veldman F.J., Diet and haemostasis: time for nutrition science to get more involved, *Br. J. Nutr.* 77 (1997) 671–684.
- [22] Cara L., Dubois M., Armand N., Mekki M., Senft M., Portugal H., Lairon D., Pectins are the components responsible for the hypocholesterolemic effect of apple fiber, *Nutrition* 12 (1993) 66–77.
- [23] Terpstra A.H., Lapré J.A., De Vries H.T., Beynen A.C., Intact pectin and polygalacturonic acid regions have similar hypocholesterolemic properties in hybrid F1B hamsters, *Nahrung* 46 (2002) 83–86.
- [24] Gregersen S., Rasmussen O., Larsen S., Hermansen K., Glycaemic and insulinaemic responses to orange and apple compared with white bread in non-insulin-dependent diabetic subjects, *Eur. J. Clin. Nutr.* 46 (1992) 301–303.
- [25] Leontowicz M., Gorinstein S., Bartnikowska E., Leontowicz H., Kulasek G., Trakenberg S., Sugar pulp and apple pomace dietary fibers improve lipid metabolism in rats fed cholesterol, *Food Chem.* 72 (2001) 73–78.
- [26] Sablé-Amplis R., Sicart R., Bluthe E., Decreased cholesterol ester levels in tissues of hamster fed with apple fiber enriched diet, *Nutr. Rep. Int.* 27 (1983) 881–889.
- [27] Davidson M.H., Dugan L.D., Stocki J., Dicklin M.R., Maki K.C., Coletta F., Cotter R., McLeod M., Hoersten K., A low-viscosity soluble-fiber fruit juice supplement fails to lower cholesterol in hypercholesterolemic men and women, *J. Nutr.* 128 (1998) 1927–1932.
- [28] Hyson D., Studebaker-Hallman D., Davis P.A., Gerschwin E., Apple juice consumption reduces plasma low-density lipoprotein oxidation in healthy men and women, *J. Medicinal Food* 3 (2000) 159–166.
- [29] Aprikian O., Busserolles J., Manach C., Mazur A., Morand C., Davicco M.-J., Besson C., Rayssiguier Y., Rémésy C., Demigné C., Lyophilized apple counteracts the development of hypercholesterolemia, oxidative stress and renal dysfunction in obese Zucker rats, *J. Nutr.* 132 (2002) 1969–1976.
- [30] Sievenpiper J.L., Jenkins A.L., Whitham D.L., Vuksan V., Insulin resistance: concepts, controversies, and the role of nutrition, *Can. J. Diet. Pract. Res.* 63 (2002) 20–32.
- [31] Busserolles J., Gueux E., Rock E., Mazur A., Rayssiguier Y., Substituting honey for refined carbohydrates protects rats from hypertriglyceridemic and prooxidative effects of fructose, *J. Nutr.* 132 (2002) 3379–3382.
- [32] Watford M., Small amounts of dietary fructose dramatically increase hepatic glucose uptake through a novel mechanism of glucokinase activation, *Nutr. Rev.* 60 (2002) 253–257.
- [33] Gerber M., Corpet D., Energy balance and cancers, *Eur. J. Cancer Prev.* 8 (1999) 77–89.

- [34] Suzuki M., Kajuu T., Suppression of hepatic lipogenesis by pectin and galacturonic acid orally-fed at the separate timing from digestion-absorption of nutrients in rats, *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* 29 (1983) 553–562.
- [35] Delzenne N.M., Daubioul C., Neyrinck A., Lasa M., Taper H.S., Inulin and oligofructose modulate lipid metabolism in animals: review of biochemical events and future prospects, *Br. J. Nutr.* 87 Suppl. 2 (2002) S255–S259.
- [36] Simonen P., Gylling H., Howard A.N., Miettinen T.A., Introducing a new component of the metabolic syndrome: low cholesterol absorption, *Am. J. Clin. Nutr.* 72 (2000) 82–88.
- [37] Eberhardt M.V., Lee C.Y., Liu R.H., Antioxidant activity of fresh apples, *Nature* 405 (2000) 903–904.
- [38] Knekt P., Kumpulainen J., Jarvinen R., Rissanen H., Heliovaara M., Reunanen A., Hakulinen T., Aromaa A., Flavonoid intake and risk of chronic diseases, *Am. J. Clin. Nutr.* 76 (2002) 560–568.
- [39] Remer T., Influence of diet on acid-base balance, *Semin. Dialysis* 13 (2000) 228–239.
- [40] Frassetto L., Morris R.C., Sellmeyer D.E., Todd K., Sebastian A., Diet, evolution and aging – the physiopathologic effects of the post-agricultural inversion of the potassium-to-sodium and base-to-chloride ratios in the human diet, *Eur. J. Nutr.* 40 (2001) 200–213.
- [41] Heningsson A.M., Nyman E.M., Björck I.M.E., Short-chain fatty acid content in the hindgut of rats fed various composite foods and commercial dietary fibre fractions from similar sources, *J. Sci. Food Agric.* 82 (2002) 385–393.
- [42] Renard C.M., Baron A., Guyot S., Drilleau J.F., Interactions between apple cell walls and native apple polyphenols: quantification and some consequences, *Int. J. Biol. Macromol.* 29 (2001) 115–125.
- [43] Bravo L., Saura-Calixto F., Goni I., Effects of dietary fibre and tannins from apple pulp on the composition of faeces in rats, *Br. J. Nutr.* 67 (1992) 463–473.
- [44] Vaysse P., Masseron A., Trillot M., Scandella D., Mathieu V., Marion M., Reconnaître les variétés de pommes et de poires, *Ctifl* 118 (2000) 13.
- [45] Sanoner P., Guyot S., Marnet N., Molle D., Drilleau J.-F., Polyphenol profiles of French cider apple varieties (*Malus domestica* sp.), *J. Agr. Food Chem.* 47 (1999) 4847–4853.

La función de los distintos nutrientes y sus posibles interacciones en los efectos saludables de la manzana.

Resumen — Introducción. Los efectos del consumo de frutas y hortalizas frente a diversas patologías ya han sido evidenciados por numerosos estudios en los que, en particular, el consumo de la manzana pudo asociarse a un significativo efecto protector. El documento presenta una síntesis de los resultados que se obtuvieron tras esta serie de estudios. **Los fracciones nutricionalmente activas de la manzana.** Las aportaciones de la manzana en glúcidos, polifenoles, minerales, aniones orgánicos y vitaminas fueron sucesivamente analizadas y comentadas en función de los efectos de estos elementos en la salud humana. **Los potenciales efectos saludables de la manzana.** Primeramente, se expusieron los efectos protectores de la manzana frente al riesgo cardiovascular; a continuación se revisaron ciertos efectos más específicos: efectos sobre el estado insulínico y sobre el estado antioxidante, efectos antiácidos e impacto en las fermentaciones digestivas en el colon. **Conclusión.** La manzana tiene potencialidades muy interesantes desde la óptica de la nutrición preventiva. Un gran número de los efectos saludables que se le atribuyen dependería de interacciones entre distintos nutrientes como, por ejemplo, las interacciones entre las fibras y ciertos polifenoles. Dichas interacciones son aún mal conocidas; su estudio parece prometedor y podría aplicarse a numerosos alimentos de origen vegetal.

Francia / manzana / composición aproximada / fisiología de la nutrición / nutrición humana / protección de la salud