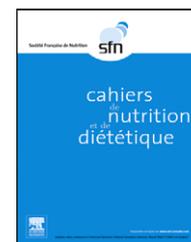




Disponible en ligne sur  
 ScienceDirect  
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France  
  
www.em-consulte.com



## ALIMENTS

# Le point sur la valeur nutritionnelle et sanitaire des aliments issus de l'agriculture biologique<sup>☆</sup>

An update on the nutritional and health value of organic foods

Léon Guéguen<sup>a,b,1,\*</sup>, Gérard Pascal<sup>a,b,1</sup>

<sup>a</sup> Nutrition humaine et sécurité alimentaire, recherche honoraires, Inra, Paris, France

<sup>b</sup> Académie d'agriculture de France, 18, rue de Bellechasse, 75007 Paris, France

Reçu le 27 décembre 2009 ; accepté le 5 février 2010

### MOTS CLÉS

Aliment ;  
Agriculture ;  
Biologique ;  
Nutrition ;  
Santé

**Résumé** Le but de cette revue était d'actualiser le rapport publié en 2003 par l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa) sur l'évaluation nutritionnelle et sanitaire des aliments issus de l'agriculture biologique (AB) et concluant que les différences de composition chimique avec les aliments issus de l'agriculture conventionnelle (AC) étaient faibles et sans signification dans le cadre d'un régime alimentaire global. Plusieurs revues récentes publiées par des associations de l'agriculture biologique (ou organique) ont conclu à une nette supériorité nutritionnelle des aliments AB, tandis qu'une revue systématique britannique publiée en 2009 n'aboutit à aucune différence significative, sauf pour l'azote (moins en AB) et le phosphore (plus en AB). Une centaine de références publiées depuis 2003 ont été ajoutées et leur examen confirme les conclusions antérieures. Aucune différence marquante n'a été relevée pour les glucides, les minéraux et oligoéléments dans aucun aliment et la tendance en faveur de teneurs plus élevées en magnésium dans certains légumes n'a pas été confirmée. Les céréales AB sont plus pauvres en protéines, tandis que certains légumes AC sont parfois plus riches en nitrates (dont la toxicité a été remise en cause). Pour les légumes et les fruits, les études les plus nombreuses et les différences les plus significatives concernent la vitamine C et les autres phytoconstituants antioxydants. Des teneurs plus élevées en vitamine C et en polyphénols, mais des teneurs plus faibles en caroténoïdes, ont souvent été observées en AB, sans effet démontré sur le statut antioxydant sanguin. Les produits AB d'origine animale sont souvent plus riches en certains acides gras polyinsaturés mais cela résulte d'un régime alimentaire avec prédominance d'herbe et de l'accès à un parcours extérieur, régime pouvant aussi concerner l'élevage conventionnel. Les autres différences de composition lipidique de la viande dépendent essentiellement de l'âge de l'animal (ainsi, il importe de comparer un poulet AB à un poulet labellisé de même âge). Les résidus de produits phytosanitaires de synthèse, interdits en AB, sont en général plus élevés dans les légumes et fruits AC, mais sont, à plus de 95 %, inférieurs

<sup>☆</sup> Texte reprenant de larges extraits du chapitre « Aliments » (des mêmes auteurs) du rapport du groupe « Agriculture biologique » de l'Académie d'agriculture de France qui doit être publié en mai 2010.

\* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : [leon.gueguen@free.fr](mailto:leon.gueguen@free.fr) (L. Guéguen).

<sup>1</sup> Directeur de recherches honoraire.

à une limite maximale acceptable elle-même calculée avec une très grande marge de sécurité (facteur 100). Tous les aliments produits en plein-air, dont la viande, le lait et les œufs AB, sont les plus exposés aux contaminations chimiques microbiennes et parasitaires provenant de l'environnement. La réduction des intrants chimiques, qui favorise la production par la plante de substances antioxydantes bénéfiques, favorise aussi celle de métabolites secondaires et toxines naturelles dont l'innocuité n'est pas garantie. Globalement, les faibles différences observées entre aliments AB et AC n'ont aucune répercussion significative sur la nutrition et la santé.  
© 2010 Société française de nutrition. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

## KEYWORDS

Food;  
Agriculture;  
Organic;  
Nutrition;  
Health

**Summary** The objective of this review was to update the important report published in 2003 by the French Agency for Food Safety (AFSSA) on the nutritional and safety evaluation of organically produced foods (AB). The conclusion of this report was that the differences in chemical composition with conventionally produced foods (AC) were small and without significance in a global diet. Several reports from organic agriculture associations have claimed a clear nutritional superiority of organic foods, as opposed to a systematic review published in 2009 on request of the UK Food Standards Agency. About a hundred references published since 2003 have been added and their analysis confirm the previous conclusions. No significant difference was seen for carbohydrates, major minerals and trace elements in any food and the observed tendency in favor of magnesium in some organic vegetables has not been confirmed. Protein content is lower in organic cereals, while nitrate content is sometimes higher in some AC vegetables (but the toxicity of plant nitrate is now questioned). Most studies on vegetables and fruits concern vitamin C and other antioxidant microconstituents. Higher levels of vitamin C and polyphenolic compounds, but lower levels of carotenoids, have often been found in AB, but there is no evidence of a beneficial effect on blood antioxidant status. Organic products from animal origin are often richer in some polyunsaturated fatty acids but this is due to a diet generally based on more grass or green forages and to the open-air farming. Other differences in lipid content of meat depend mainly on the age of the animal. Synthetic pesticide residues, not allowed in AB, are generally higher in AC vegetables and fruits but, for more than 95%, remain lower than the maximal acceptable limit calculated with a very large margin of safety. Some secondary metabolites produced in AB plants are natural toxins and may be of health concern. All "open-air" produced foods, including organic meat, milk and eggs, are more exposed to chemical, microbial and parasitic contaminations from the environment. Overall, the small differences observed between organic and conventional foods have no practical significant effect on nutrition and health.

© 2010 Société française de nutrition. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

## Introduction

Le marché des aliments issus de l'agriculture biologique (AB) est en progression constante en raison de l'intérêt des consommateurs pour une alimentation plus « naturelle » et « sans produits chimiques de synthèse » et des conclusions (et maintenant la loi) du « Grenelle de l'environnement ». Il est ainsi prévu, grâce à une augmentation des aides, de tripler avant 2012 les surfaces cultivées consacrées à l'AB qui peinent depuis plusieurs années à dépasser 2% de la superficie agricole utile. Actuellement, les aliments AB ne représentent que 1,8% des aliments consommés en France et plus du tiers est importé. Il est prévu avant 2012 que 20% des denrées alimentaires achetées pour la restauration collective publique proviennent de l'AB. De plus, il est envisagé d'atteindre, avant 2020, 20% de la surface agricole utile en AB!

En Europe du Sud, la principale motivation d'achat de produits AB demeure la protection de la santé. Pourtant, la vocation première de l'AB, reconnue par ses protagonistes officiels, est la préservation de l'environnement et non pas la nutrition et la santé des consommateurs. L'AB a une obligation de moyens mais pas de résultats concernant les qualités nutritionnelle, sanitaire et gustative de ses produits.

Aussi, face à la cacophonie actuelle des messages qui circulent, à tous les niveaux, vantant la qualité supérieure des aliments Bio, il nous a semblé utile de refaire le point à partir du rapport de l'Afssa publié en 2003 [1] et en y ajoutant les données nouvelles publiées (plus de 100 références).

## Le rapport de l'Afssa (2003)

Un important rapport de l'Afssa sur l'évaluation nutritionnelle et sanitaire des aliments issus de l'AB a été publié en 2003 [1]. Ses principales conclusions, rapportées in extenso ou résumées, sont les suivantes.

« L'ensemble des données examinées dans le cadre de cette évaluation a montré, de manière générale, peu de différences significatives, et reproductibles, entre la composition chimique des matières premières issues d'agriculture biologique et celles issues d'agriculture conventionnelle. Les résultats des études sont parfois contradictoires. Les nombreux facteurs de variation intervenant dans la composition chimique et la valeur nutritionnelle des aliments (variété/race, saison, climat, stade de maturité ou de développement, stockage, conduite d'élevage...) sont souvent plus importants que l'impact des facteurs liés strictement au mode

d'agriculture (nature de la fertilisation, des traitements sanitaires...)).

Les teneurs en matière sèche de certains légumes obtenus en AB ont une faible tendance à être plus élevées que celles des mêmes légumes cultivés en agriculture conventionnelle (AC). Les teneurs en glucides ne sont pas modifiées par le mode de production, tandis que les céréales AB sont en général plus pauvres en protéines que les céréales AC mais avec un équilibre en acides aminés parfois meilleur.

Le mode d'élevage influe sur l'adiposité qui varie en fonction de la vitesse de croissance et de l'activité physique (parcours extérieur). Les produits animaux (lait, viande, œuf) obtenus en AB sont en général plus riches en acides gras polyinsaturés, ce qui résulte du type de régime alimentaire privilégié (herbe, fourrage vert) mais n'est pas propre à l'élevage AB.

Aucune différence significative n'a été constatée pour les teneurs en minéraux et oligoéléments, sauf une tendance à des teneurs légèrement plus élevées en magnésium dans certains légumes AB. Peu de données concernent les vitamines et il a été noté un faible effet positif de la culture AB sur la teneur en vitamine C de la pomme de terre, mais aucun effet sur la teneur en  $\beta$ -carotène des légumes.

Pour les phytomicroconstituants, la plupart des études disponibles et validées concluaient à des teneurs en polyphénols supérieures dans les légumes et fruits AB, mais pas en lycopène.

«En l'état actuel des connaissances et devant la variabilité des résultats des études examinées, il ne peut être conclu à l'existence de différence remarquable, au regard des apports de référence disponibles (ANC), des teneurs en nutriments entre les aliments issus de l'AB et ceux issus de l'agriculture conventionnelle. Concernant les polyphénols, les études montrent un potentiel intéressant de l'AB à prendre en compte dans le cadre de réflexions plus générales sur cette catégorie de microconstituants».

De plus, il était conclu que «l'effet de l'alimentation sur le statut nutritionnel ou la santé ne peut être restreint à l'étude d'un nutriment ou d'un aliment en particulier, mais doit prendre en compte l'équilibre du régime global... Dans l'état actuel des connaissances, les écarts, lorsqu'ils existent, semblent trop faibles, voire négligeables, pour pouvoir induire un effet sur le statut nutritionnel du consommateur, dans le cadre d'un régime alimentaire».

Au niveau sanitaire, l'interdiction du recours aux produits phytosanitaires de synthèse réduit ou élimine le risque de présence de résidus de ces produits dans les aliments AB et, en fait, malgré les cas de contamination relevés, les aliments AB ne contiennent pas de résidus de pesticides autorisés en agriculture conventionnelle. La présence de mycotoxines dans les céréales AB pourrait être favorisée par l'absence de traitement antifongique efficace mais les différences observées entre les modes de culture ne sont pas évidentes.

Les teneurs des légumes en nitrates sont en général plus faibles en AB, mais de nombreux facteurs (saison, ensoleillement) agissent sur ces teneurs et les données disponibles mériteraient d'être complétées.

L'utilisation de fumier ou d'effluents d'élevage, quel que soit le mode de production, constitue un vecteur de dissémination d'agents microbiens et parasitaires, mais ce risque est diminué par un compostage bien conduit.

Les pratiques d'élevage en plein air, notamment au pâturage, privilégiées en AB, augmentent la probabilité d'exposition des animaux à différents parasites et aux contaminations atmosphériques. De plus, la maîtrise du risque

parasitaire est plus difficile en raison de l'interdiction des traitements préventifs et du recours privilégié à des traitements curatifs (homéopathie, phytothérapie...) qui n'ont pas été rigoureusement évalués en termes d'efficacité et de sécurité.

Rapport de l'Afssa et données nouvelles alimentent le débat sur les qualités nutritionnelles des aliments « bio ».

## Les données nouvelles depuis 2003

Malgré les conclusions précédentes du rapport de l'Afssa et celles d'autres revues de la littérature sur ce sujet, ainsi que des avis concordants publiés par d'autres organismes officiels étrangers [2–4], le débat sur la supériorité nutritionnelle et sanitaire des aliments issus de l'AB (AB) ne s'est jamais éteint. Il a récemment rebondi à la suite de l'affirmation par l'association américaine Organic Trade Association [5] selon laquelle «*Organic product is 25% more nutritious than conventional foodstuffs*» et surtout en 2007 par les déclarations très médiatisées de l'un des coordinateurs (C. Leifert) du projet européen *Quality of low input foods* (QLIF) proclamant, avec le soutien de Soil Association (association britannique pour l'agriculture organique), une nette supériorité nutritionnelle des aliments AB et mettant en demeure la Food Standards Agency (équivalent de l'Afssa en GB), de «reconnaître publiquement les avantages nutritionnels des denrées alimentaires biologiques». Or la contribution du programme QLIF sur la valeur nutritionnelle des aliments est très faible et peu originale, seules deux études sur le lait ayant été publiées dans des revues à comité de lecture, tandis que les résultats sur le blé et les légumes et fruits [6] n'ont toujours pas été publiés (bien qu'étant annoncés sous presse dans *Ann Appl Biol* en 2007!). De plus, la synthèse finale des résultats [7] est partielle puisque des conclusions générales sont tirées des quelques données partielles non publiées favorables aux aliments AB, tandis que les données défavorables sont occultées.

Ainsi, il était conclu que les aliments AB étaient plus riches en vitamines, antioxydants, acides gras polyinsaturés  $\omega$ 3 et acides linoléiques conjugués (CLA), et plus pauvres en composés indésirables comme les métaux lourds, mycotoxines, résidus de pesticides et glycoalcaloïdes. Ces conclusions très prématurées ont été reprises ainsi par plusieurs médias : «*Organic food is more nutritious than ordinary produce, and contains higher quantities of antioxidants... which could cut the risk of cancer and heart disease*». En France aussi, ces déclarations ont été traduites dans la presse par des titres du genre : «Le bio jusqu'à 80% plus nourrissant"! »

Il est vrai que des avis de nature scientifique, pourtant basés sur le rapport de l'Afssa très partiellement actualisé (une quinzaine de références plus récentes), tirent toujours un bilan globalement positif en faveur des aliments AB pour la nutrition et la santé [8,9].

En revanche, plusieurs organismes publics ont exprimé des avis différents, notamment la Food Standards Agency britannique [3]. D'autres organismes ont déclaré que «*the overall body of science does not support the view that organic food is more nutritious than conventional grown food*» (British Nutrition Foundation) [10], ou ont critiqué les déclarations des associations AB sur les «*claims of organic foods*

*nutritional superiority*» (American Council on Science and Health) [2], ou encore montré [11,12] qu'il n'y a pas de preuve convaincante que les aliments AB sont plus riches en nutriments utiles et plus sains : «*Organic food: buying more safety or just peace of mind?*». Il s'y ajoute des mises au point récentes [13] sur le risque potentiel de métabolites secondaires dans les végétaux AB, tous n'étant pas bénéfiques : «*Are organic foods healthier?*». Enfin, des revues récentes sont encore plus sévères sur toutes les allégations AB [14].

La controverse a rebondi en 2009 à la suite de la publication de la revue systématique publiée dans le prestigieux *Am J Clin Nutr* par Dangour et al. [15] résumant un imposant rapport pour le compte de la FSA [16] concernant les seuls aspects nutritionnels. Cet inventaire exhaustif et critique des données publiées permet de compléter les références récentes en ajoutant une dizaine d'études validées auxquelles nous n'avions pas accès. Cependant, au lieu d'adopter une attitude scientifique aussi rigide ne retenant que les travaux publiés dans des revues à comité de lecture indépendant, nous avons pris en compte quelques études fiables de la « littérature grise » qui ont été récemment abondamment citées. En effet, la sévérité des critères d'exclusion et la rigueur de l'interprétation statistique des données retenues dans le rapport britannique ont suscité de vives critiques et sont parfois discutables. Toutefois, les études retenues correspondent bien aux pratiques AB actuelles puisque, sur les 162 prises en compte, 120 sont postérieures à l'année 2000 et seulement huit sont antérieures à 1990.

Sur la base des seules 55 études déclarées « de qualité satisfaisante », les conclusions de Dangour et al. sont encore plus sévères que celles de l'Afssa puisqu'ils relèvent une absence de différences significatives, sauf pour l'azote (plus en AC), le phosphore et l'acidité titrable (plus en AB). L'augmentation de l'azote en AC est plausible (effet des engrais azotés solubles) sous la forme de protéines dans les céréales ou de nitrates dans les légumes. Elle est plus surprenante pour le phosphore car la limitation des phosphates assimilables devrait parfois conduire à une diminution des teneurs dans les feuilles, tiges et racines. Quant à l'acidité, elle reflète le degré de maturité des fruits. En fait, la prise en compte des 162 études sélectionnées sur des critères d'inclusion moins sévères révèle aussi des différences significatives pour le  $\beta$ -carotène, les flavonoïdes et autres composés phénoliques. Nous n'avons pas tenté de faire une meilleure analyse de toutes les nouvelles données de cette longue liste de références, bien faite et très clairement présentée dans les deux gros rapports annexés [16,17]. Les nouvelles références utilisées sont évidemment très diverses, de valeur inégale, mais nous avons renoncé à une impossible pondération relative des données fournies.

La présente actualisation est largement inspirée de la partie « Aliments » (rédigée par les mêmes auteurs) du rapport du groupe de travail « Agriculture biologique » de l'Académie d'agriculture de France qui doit être publié en mai 2010.

## Évaluation nutritionnelle

### Produits végétaux

#### Matière sèche

La tendance à une plus forte teneur en MS des légumes AB, pouvant logiquement résulter d'une vitesse de croissance et d'un rendement plus faibles, serait confirmée dans la revue

de Dangour et al. [16] mais n'a pas été constatée pour la blette [18], tandis que la tomate AB serait moins riche en MS [19]. La généralisation des circuits courts, notamment par la vente en GMS, diminue et égalise les durées de séjour à l'étalage, voire les stades de maturité à la récolte, qui sont les principaux facteurs en cause, en dehors du choix de la variété (par exemple, pour la tomate).

#### Protéines

La plus faible teneur en protéines des céréales AB, susceptible de nuire à la valeur boulangère du blé, est citée dans toutes les revues et confirmée par la revue systématique de Dangour et al. [15,16]. Les résultats (non publiés) du programme européen QALIF confirment aussi cette différence [6]. Cette plus faible teneur en protéines a été retrouvée pour le blé [20] et sept cultivars de triticale [21]. Seule exception, une étude menée pendant 21 années en champ d'essais en Europe centrale, avec rotation incluant du trèfle, ne constate pas de différence marquée entre des blés AB et AC [22]. La meilleure valeur biologique (équilibre en acides aminés) des protéines du blé AB n'a pas non plus été confirmée dans cette dernière étude, mais une autre étude de plusieurs années sur du blé de printemps en Suède [23] conclut à des teneurs un peu plus élevées en thréonine et leucine dans les protéines du blé AB. Des différences de nature des protéines ont été constatées pour la triticale [21] : plus de globuline et d'albumine en AB et plus de prolamine et de gluténine en AC. Cependant, ces différences ne sont pas significatives selon le rapport de Dangour et al. [16].

#### Minéraux et oligoéléments

La tendance à une teneur un peu supérieure en magnésium dans certains légumes AB, constatée dans le rapport Afssa [1], n'a été retrouvée que pour la pomme de terre [24] mais n'est pas retenue comme étant significative par Dangour et al. [15]. Des teneurs un peu plus fortes en potassium et en cuivre ont aussi été relevées [24] dans les pommes de terre AB (mais moins de fer et de manganèse dans la pelure). Quelques rares autres résultats sont contradictoires : plus de minéraux dans le jus de mandarine et dans le poivron en AB [25,26], pas de différences dans le blé [22] ni le raisin [27], plus de calcium [28] ou moins de calcium [29] dans la tomate AB. Un seul résultat (non publié) montre un taux plus élevé de fer (non disponible car sous forme d'oxalate) dans l'épinard AB [6]. Des teneurs très élevées et inquiétantes en cuivre dans des pommes de terre AB à la suite de traitements répétés par du sulfate de cuivre ont été rapportées [14].

Le son étant la partie du grain la plus riche en minéraux et oligoéléments, les teneurs dans le pain dépendent de la proportion de son dans la farine et non du mode de production du blé. Ainsi, le pain bis est plus riche en minéraux que le pain blanc, que le blé soit Bio ou non.

Le seul élément dont les teneurs sont significativement plus élevées dans les aliments AB serait, selon Dangour et al. [15,16], le phosphore. Considérant que le phosphore ne fait jamais défaut dans nos aliments, mais est au contraire relativement en excès par rapport au calcium, le rapport de l'Afssa ne l'avait pas pris en compte.

#### Vitamines

Une seule donnée nouvelle mais non publiée [6] concernant la vitamine E dans le blé révèle des teneurs plus faibles (ainsi que de vitamine C) dans le blé AB. De même, aucune influence du mode de production sur la teneur en  $\beta$ -carotène

de la tomate n'a été observée par Borguini et al. [29]. Une seule étude [30] montre des teneurs plus élevées en  $\alpha$ -tocophérol dans des poires AB par rapport à des poires conventionnelles.

La plupart des études récentes ont porté sur la vitamine C ou acide ascorbique et semblent confirmer la tendance reconnue dans le rapport Afssa [1] de teneurs plus élevées dans certains fruits et légumes AB, tendances considérées comme non significatives par Dangour et al. [15]. Cette tendance en faveur de l'AB a été observée pour le kiwi [31], la pêche [30] le raisin [27], le poivron [26], l'orange [32], la pomme de terre [33] et surtout la tomate [34–36]. Une étude rigoureuse poursuivie pendant trois années [37] sur deux cultivars de tomate trouve plus d'acide ascorbique en AB (+ 26 %) pour un cultivar mais pas pour l'autre. Enfin, trois études trouvent moins de vitamine C dans les tomates AB [19,29,38]. Les études sur la pêche menées pendant plusieurs années à l'Inra d'Avignon [39] n'ont pas constaté d'influence significative du mode de production AC ou AB sur la teneur en vitamine C.

Il importe de noter que la fraîcheur des produits végétaux, même après conservation au froid, est nettement plus déterminante que le mode de production sur les teneurs en vitamines C qui atteignent des niveaux très bas au bout de quelques jours.

Les études comparant les teneurs en minéraux, vitamines et antioxydants des aliments AB et AC sont souvent contradictoires. Une faible tendance se dégage en faveur des aliments AB pour la vitamine C et les polyphénols.

### Microconstituants antioxydants

Plusieurs études confirment la présence en quantités plus importantes de microconstituants comme les polyphénols dans les végétaux AB ou « à faibles intrants », ce qui résulterait probablement des réactions de la plante non traitée à diverses agressions (insectes, champignons...) ou d'une moindre disponibilité de l'azote. Cependant, cette plus grande richesse des produits AB en ces microconstituants n'a pas été retenue parmi les différences significatives dans la revue de Dangour et al. [15], bien que, en tenant compte de toutes les études sélectionnées (162) et en faisant abstraction de leur qualité expérimentale, les teneurs en flavonoïdes, par exemple, soient plus élevées de 38 % en moyenne en AB [16]. Certains de ces constituants exercent une action antioxydante considérée comme bénéfique et ont fait l'objet de plusieurs études. Les autres, dont les centaines de métabolites secondaires, ont été peu étudiés alors que leur effet pourrait être délétère [13].

Les études les plus nombreuses concernent la tomate et les teneurs les plus élevées en polyphénols, dont les flavonoïdes, ont souvent été relevées en AB [34,35,37,40]. Les travaux comparatifs de longue durée menés à l'université de Davis (Californie) ont d'abord montré [40], sur des échantillons déshydratés de tomates AB et AC récoltées pendant dix ans, que les tomates AB étaient nettement (+ 79 à 97 %) les plus riches en flavonoïdes (quercétine et kaempférol), puis, dans un essai comparatif sur trois années portant sur deux cultivars [37], que les teneurs (sur produit frais) en kaempférol étaient significativement plus élevées (+ 18 %) en AB dans les deux variétés mais que les teneurs en quercé-

tine n'étaient plus fortes (+ 29 %) que dans l'un des cultivars. D'autres études récentes ne trouvent pas de différences de teneurs entre tomates AB et AC [29], voire moins de polyphénols dans les tomates AB [19,36].

Des teneurs en polyphénols plus élevées ont aussi été relevées en AB pour le kiwi [31], la pêche en 2004 mais pas en 2005 [41], la pêche et la poire [30], le poivron [26,38], l'orange [32], la pomme de terre (+ 10 %) [42], le chou et la laitue [7], le pac choï ou chou chinois [43], la pomme (+ 10 %) [44,45]. Des résultats récents de l'Inra d'Avignon sur des pêches obtenues dans deux régions [39] n'ont pas montré de différences significatives, voire une tendance en faveur de la production conventionnelle. De même, aucun effet du mode de production n'a été observé pour la laitue et une variété de chou, le collard [42], le raisin noir [46], la carotte [47], le poivron [37] et des résultats variables sont rapportés pour le vin [48]. L'activité polyphénoloxydase ne diffère pas entre les raisins AB ou AC mais l'activité diphénolase est double dans le raisin AB [49]. Une étude sur la fraise et une variété de mûre [50] montre des teneurs en polyphénols plus élevées en AB mais cette étude a fait l'objet de sérieuses critiques [51]. Enfin, le raisin AB serait plus pauvre en anthocyanes [52].

Des teneurs plus faibles en caroténoïdes ont été relevées dans le chou et la laitue AB [7], sans aucune différence pour la carotte. La teneur en lycopène de la tomate est plus faible en AB [29,34,38] ou égale rapportée à la matière sèche [35]. Le raisin AB serait plus pauvre en lycopène [27], tandis que le mode de culture n'aurait pas d'influence sur les teneurs en xanthophylles (lutéine et zéaxanthine) du blé [53].

Le pouvoir antioxydant de pommes AB serait supérieur de 10 à 15 % à celui de pommes AC [54], constat également fait (+ 12 %) dans l'étude de Stracke et al. [43], menée pendant trois années consécutives, sur des pommes Golden. Cependant, ces derniers auteurs concluent qu'une telle différence n'a pas de signification nutritionnelle évidente.

Globalement, toutes espèces végétales confondues, une trentaine d'études portant sur les vitamines et microconstituants antioxydants ont été répertoriées depuis 2002 et ont produit 60 résultats individuels (un constituant/une espèce). Les teneurs sont significativement plus élevées en AB dans 11 cas sur 18 pour les vitamines (C ou E) et dans 20 cas sur 33 pour les polyphénols, mais égales ou plus faibles dans neuf cas sur neuf pour les caroténoïdes. Il ne s'agit donc que d'une tendance à des teneurs plus élevées en composés antioxydants dans les fruits et légumes AB et des contradictions subsistent. De plus, il reste à démontrer l'impact sur la santé de ces différences portant sur quelques constituants du régime (voir plus loin les études cliniques).

### Nitrates

Il peut sembler choquant de classer les nitrates, dont la connotation est en général négative, dans les nutriments, comme la tendance s'affirme [55–57]. Ils peuvent être placés à la limite du nutritionnel et du sanitaire car de nombreuses études récentes nous y incitent.

Comme pour les protéines dans le cas des céréales, l'application d'engrais azotés solubles augmente la teneur en nitrates de certains légumes. Cependant, cette augmentation n'est pas propre au mode de culture conventionnel car certains engrais organiques très utilisés en AB (comme le guano, la farine de sang et les farines animales) apportent aussi de l'azote rapidement assimilable. La teneur en nitrates dépend surtout de la saison, notam-

ment de l'ensoleillement, et les différences s'estompent en culture sous serre et en automne.

Peu d'études rigoureuses récentes ont porté sur les facteurs de variation des nitrates des légumes. Elles confirment des teneurs plus faibles en AB pour la laitue et le cresson [58], la pomme de terre (-11%) [42] et le raisin noir [27]. L'étude la plus importante [39] a porté sur 27 variétés d'épinard, légume accumulateur de nitrates, et a confirmé des teneurs plus élevées d'environ 75% en moyenne en culture conventionnelle, mais avec des écarts importants entre cultivars.

L'apport de nitrates par les fruits et l'eau de boisson est relativement négligeable par rapport à celui fourni par les légumes. La teneur maximale fixée pour l'eau à 50 mg/L, justifiée en tant que norme environnementale (facteur d'eutrophisation des eaux de surface), ne devrait pas être considérée, sauf pour les nourrissons, comme une limite sanitaire de potabilité. Même si la différence entre légumes AB et AC était avérée et significative dans l'apport global, et considérant l'importance des légumes dans l'apport alimentaire de nitrates, il conviendrait, au vu des nombreux travaux récents sur les effets des nitrates sur la santé, de nuancer l'avis exprimé dans le rapport Afssa [1] et amplifié dans les messages d'alerte sur les risques de notre alimentation. Tels sont aussi l'avis formulé par l'European Food Safety Authority (EFSA) en 2008 [59] et l'opinion maintenant exprimée par certains responsables de mouvements AB, par exemple Aubert [60] qui reconnaît que « les nitrates seraient moins dangereux qu'on le pensait dans les légumes ».

De nombreux arguments fournis par L'Hirondel dès 1993 [61] permettent en effet de remettre en cause la toxicité des nitrates. Ils ont été confirmés par des études et revues ultérieures [62,63]. La valeur de la DJA (environ 260 mg par jour pour un adulte de 70 kg) établie par le JECFA (Comité mixte FAO/OMS) en 2002 a été maintenue par l'Autorité européenne en 2008 [59]. Selon l'EFSA, la DJA ne serait dépassée que pour des consommations excessives et peu probables de légumes riches en nitrates (roquette, laitue, épinard). Quoi qu'il en soit, la DJA est au moins 100 fois plus faible que la plus forte dose sans effet (DSE) constatée chez l'animal.

Il serait d'ailleurs paradoxal de vanter les vertus des légumes pour la santé et de suspecter la toxicité des nitrates que presque tous contiennent ! Les nitrates ne sont pas toxiques et les seuls risques qu'ils présentent résultent de leur réduction en nitrites, surtout chez les nourrissons (cas très rares de méthémoglobinémie dans de mauvaises conditions d'hygiène), et de la formation de nitrosamines cancérigènes dans le tube digestif (peu probable, surtout en présence de vitamine C simultanément apportée par les fruits et légumes). Selon l'EFSA [59], l'effet carcinogène des nitrates des légumes n'a jamais été démontré et ne devrait pas être mis en avant pour contrecarrer leur consommation.

Au contraire, de nombreux travaux publiés depuis une décennie mettent l'accent sur les effets bénéfiques des nitrates sur la santé, bien décrits dans la récente revue de Hord et al. [63]. Des apports suffisants de nitrates et de nitrites d'origine végétale seraient donc utiles, selon plusieurs auteurs, et il ne faudrait plus diaboliser les nitrates alimentaires mais au contraire les considérer comme des nutriments [63,64]. Non seulement ils sont bénéfiques par leurs effets bactériostatique, bactéricide, antiacide et immunoprotecteur dans la sphère orogastro-intestinale, mais ils interviennent aussi favorablement dans la prévention de l'hypertension artérielle et des troubles cardiovasculaires... Ces fonctions physiologiques,

bien décrites par Bryan et al. [64], auraient comme étape intermédiaire la formation d'oxyde nitrique NO et son effet vasodilatateur. Elles ont fait l'objet de nombreux travaux, dont ceux de l'équipe d'un ardent partisan de l'AB (Leifert) [65,66]. Les nitrates alimentaires (et salivaires) sont très impliqués dans le système de défense de la muqueuse gastrique [67,68].

L'éventuelle toxicité des nitrates est très positivement remise en cause (sauf pour les nourrissons).

### Ensemble de constituants

Une étude systématique réalisée par Zorb et al. [69] sur du blé AB ou conventionnel, par analyse très fine par chromatographie gazeuse couplée à la spectrométrie de masse de 52 métabolites, ne montre aucune différence pour 44 composants et des écarts très faibles pour les autres.

Un essai de longue durée sur des rats recevant une ration AB ou conventionnelle [70] a confirmé l'absence de différences de teneurs en de nombreux minéraux et oligo-éléments et de rétention corporelle mesurée par la méthode des bilans.

### Effets sur la santé humaine (études cliniques)

Comme le montre aussi la revue systématique de Dangour et al. [17], la littérature scientifique est très pauvre dans ce domaine et les études cliniques valables (contrôlées, croisées, randomisées, comparant en aveugle aliments AB et AC) sont très peu nombreuses et souvent de mauvaise qualité. Dans presque toutes ces études, le seul biomarqueur mesuré (et supposé être favorable à la santé) est l'activité antioxydante du plasma, après une période plus ou moins longue de consommation de quantités plus ou moins importantes de légumes ou fruits AC ou AB.

Ainsi, les faibles différences de teneurs en vitamine C de la tomate observées par Caris-Veyrat et al. [35] ne semblent pas influencer sur le statut antioxydant du plasma de 20 femmes adultes ayant consommé de la purée de tomate AB ou AC pendant trois semaines. Il est donc difficile de conclure sur l'intérêt des légumes et fruits AB pour un apport significatif supplémentaire de vitamine C.

Une étude clinique en double insu chez des sujets consommant 1 kg de pommes AB ou AC ne montre pas non plus de différence dans le statut antioxydant [71], les teneurs en composés phénoliques n'ayant pas été influencées par le mode de production. Il en est de même dans l'étude de Carbonaro et al. [30] où des teneurs plus élevées en polyphénols et vitamines antioxydantes n'ont pas conduit à des différences de concentrations en produits d'oxydation.

Dans une étude croisée sur huit jeunes adultes, Ackcay et al. [72] ne trouvent pas de différence de statut antioxydant du plasma chez huit jeunes adultes buvant, à doses modérées, du vin AB ou AC, ni Stracke et al. [45] sur des sujets consommant des carottes AB ou AC.

Une forte consommation (200 g/j) de carottes AC ou AB pendant deux semaines, avec un régime témoin sans carotte, par 36 volontaires sains suivis dans un essai d'intervention en double insu [45], n'a pas eu d'effet significatif sur le pouvoir antioxydant ou la teneur en caroténoïdes totaux du plasma, ni sur la dégradation de l'ADN ou les paramètres du système immunitaire.

Enfin, une étude d'intervention de 22 jours en double insu [73] sur 16 adultes consommant des menus comparables mais avec des ingrédients AB ou AC, montre que l'excrétion urinaire de deux flavonoïdes (sur les cinq dosés) est légèrement plus élevée avec les repas AB mais que l'activité antioxydante totale du plasma est plus faible.

Ces études peu nombreuses d'intervention et portant sur des marqueurs biologiques permettent de douter d'un effet significatif des aliments végétaux AB sur la santé. Telles sont aussi les conclusions du rapport de Dangour et al. [17] après une revue exhaustive et une analyse approfondie des données publiées.

### Produits animaux

Si la plupart des constituants du lait, de la viande et des œufs (protéines, minéraux...) ne sont pas influencés par le mode de production, la composition lipidique peut varier considérablement. Il convient évidemment de comparer des animaux de même race et de même âge, sachant que l'adiposité en dépend. Les différences observées dans la composition lipidique d'un poulet « industriel » de 40 jours à celle d'un poulet Bio de 80 jours ne peuvent être attribuées au seul mode de production. Il faudrait alors comparer le poulet AB avec un poulet à label de même âge. Aussi, plusieurs études (non citées) comparant les effets du mode de production sur les caractéristiques lipidiques de muscles de poulet n'ont-elles pas été prises en compte car l'âge des animaux variait de 35 à 81 jours.

Il est bien connu que l'alimentation, notamment l'herbe et les fourrages verts, influe sur la composition en acides gras insaturés [74] et en CLA, vitamine E et  $\beta$ -carotène [75] du lait, ainsi que de la viande et de l'œuf. Si les types de rations diffèrent peu dans le cas des monogastriques (céréales et tourteaux), cela n'est pas le cas pour les ruminants dont la ration contient plus ou moins d'herbe ou autres fourrages verts. L'alimentation à l'herbe augmente les teneurs en acides gras polyinsaturés  $\omega$ 3 et en CLA (dont les effets ne sont pas encore bien définis). Il est vrai que l'AB encourage l'alimentation au pâturage ou à base d'herbe, mais l'élevage conventionnel, notamment extensif, la pratique souvent aussi. Les différences s'atténuent en hiver quand les régimes sont similaires.

Quelques publications récentes sur le lait confirment ces différences [76–78]. La dernière étude était faite dans le cadre du programme européen QALIF dans cinq régions d'Europe et montre que les teneurs en AGPI  $\omega$ 3 et en CLA sont plus élevées dans le lait AB ou *low input* avec régime herbe. Elle montre aussi très logiquement que cette tendance s'annule en fin de saison estivale. Ces études ne font que confirmer l'influence du régime à base d'herbe sur la composition lipidique du lait. Une comparaison entre deux régions (Italie et Slovaquie) a montré que le lait AB était plus riche en acides gras saturés et parfois en CLA (en Italie) mais moins riche en AG mono-insaturés [79], le rapport entre  $\omega$ 6 et  $\omega$ 3 n'étant pas modifié par le mode de production. Comme le mode d'élevage AB n'a pas l'exclusivité de ce type de régime (et que les écarts s'atténuent encore avec le nouveau règlement européen plus tolérant), ces différences de composition lipidique des produits animaux n'ont pas été validées dans la revue de Dangour et al. [15]. Il est vrai que, en plus de l'herbe, plusieurs constituants du régime, comme le trèfle, même sous forme d'ensilage [80], et plus récemment la graine de lin, suffisent pour augmenter la teneur en acide  $\alpha$ -linoléique du lait. Aucune autre étude récente ne permet de remettre en cause les conclusions du rapport

Afssa à propos des autres constituants du lait.

Pour la viande, une étude récente et bien menée de Prache et al. [81] a comparé des agneaux en bergerie ou à l'herbe. Les seules différences ont été observées en bergerie, avec un peu moins d'acide palmitique en AB et un peu plus de CLA. À l'herbe, aucune différence n'a été constatée, sauf des odeurs anormales de la viande plus fortes en AB (probablement dues au trèfle blanc). À partir d'une enquête sur 360 échantillons de côtes d'agneau achetées sur le marché, Angood et al. [82] ont trouvé que la viande AB était plus juteuse et mieux appréciée, probablement à cause d'une plus forte adiposité intramusculaire (l'âge à l'abattage n'est pas précisé). De même, les teneurs en acide linoléique et autres AG  $\omega$ 3 étaient supérieures en AB. Une autre étude portant sur le muscle *Longissimus dorsi* de 12 taurillons abattus entre 18 et 24 mois [83] ne trouve pas de différence entre AB et AC, sauf une teneur plus élevée en lipides totaux et une moins bonne durée de conservation (résistance à l'oxydation) en AB.

Pour l'œuf, une étude récente [84] montre que les œufs AB sont plus petits, à coquille plus fragile, plus riches en protéines mais aussi en cholestérol.

Les faibles différences éventuelles observées dans les teneurs en quelques nutriments ou microconstituants antioxydants entre aliments AC et AB n'ont pas de conséquences pratiques significatives sur la couverture des besoins nutritionnels ou la santé.

## Évaluation toxicologique

### Phytomicroconstituants et toxines naturelles

Comme d'autres métabolites répondant à une réaction de défense de la plante, les glucosinolates, à effet pouvant être favorable à la santé, seraient plus abondants dans le chou AB [7]. Selon d'autres auteurs [85] étudiant l'effet du mode de production sur le chou et le brocoli, la conclusion est plus nuancée car le sens des différences varie en fonction de la molécule de glucosinolate. L'interprétation de telles différences en termes de rapport risque/bénéfice est délicate dans la mesure où les glucosinolates ont des effets ambivalents, bénéfiques pour certaines molécules (protection contre le cancer) et toxiques pour d'autres (effet goitrigène, perturbateur endocrinien, induction de cancer).

Les réactions d'autodéfense de la plante vis-à-vis d'une attaque d'insectes, de champignons ou de divers parasites provoquent aussi la formation de centaines de métabolites secondaires qui sont des toxines à action insecticide ou fongicide dont l'effet sanitaire sur l'homme est mal connu [13,86]. Certains de ces métabolites toxiques sont bien connus (glycoalcaloïdes de la pomme de terre et de la tomate, furanocoumarines du céleri), mais d'autres n'ont pas été étudiés, voire identifiés. Il importerait donc de faire le bilan des effets sur la santé de ces innombrables toxines naturelles.

La pomme de terre AB serait plus riche en alcaloïdes indésirables [7], constat confirmé par Wszelaki et al. [24] mais pas par Hamouz et al. [42] qui ne constatent pas de différences de teneurs en glycoalcaloïdes.

## Mycotoxines

L'examen de deux revues qui concernent, l'une les risques sanitaires des différentes mycotoxines [87], l'autre les multiples paramètres qui conditionnent la présence des mycotoxines de *Fusarium* sur le blé [88], facilite l'interprétation des nombreuses données comparatives des teneurs en mycotoxines, essentiellement de céréales, en fonction du mode de culture, AB ou AC. Beaucoup de ces données concernent des échantillons prélevés au niveau des installations de transformation (meunerie par exemple) ou du commerce ; d'autres des prélèvements au champ, accompagnés de précisions sur les méthodes de culture. La plupart ne permettent pas de comparaisons rigoureuses entre elles, en raison des différences des conditions expérimentales.

Pour certains, il n'y a pas de différences systématiques dues au mode de production pour le blé [89,90], le blé AB ayant tendance à être plus contaminé en ochratoxine A (OTA) et le blé conventionnel en déoxynivalenol (DON). Une enquête menée en Italie [91] ne montre pas de différences globales systématiques entre modes de production pour les teneurs en OTA des céréales mais révèle des cas de forte contamination de farines complètes de blé AB. Une autre enquête italienne sur divers aliments AB ou conventionnels achetés sur des marchés donne des résultats variés, les teneurs les plus élevées en DON étant relevées dans des produits AC à base de riz, en fumosine B(1) dans des produits AC à base de maïs et en fumosine B(2) dans des produits AB à base de blé [92].

Aucune différence de concentration en (DON) ou en zearalénone (ZEN), mycotoxines de *Fusarium*, n'a été constatée entre blés cultivés en AB ou AC aux Pays-Bas, aussi bien en période humide qu'en période sèche [93].

Cependant, l'étude de l'influence du type de culture AB ou AC de différents types de blé en Allemagne, sur leurs teneurs en DON et en ZEN, a montré que dans la majorité des cas les blés AC renfermaient des teneurs supérieures aux blés AB. Pourtant, la consommation de ces différents types de blés par des porcs en croissance n'a pas fait apparaître de différences des paramètres hématologiques ou biochimiques, mais, logiquement, seulement une plus faible concentration en ZEN de la bile des animaux ayant consommé le blé AB [90]. Dans une autre étude sur huit variétés de blé AB ou AC [94], les teneurs en mycotoxines étaient plus fortes dans le blé AB mais l'effet immunotoxique (fonction lymphocytaire) de leur consommation était plus marqué chez le rat avec le blé AC.

Enfin, trois publications récentes [95–97] concernent des échantillons de blé, d'avoine et d'orge, prélevés à la récolte, pendant plusieurs années, au Royaume-Uni. Toutes les données analytiques des mycotoxines de *Fusarium* montrent, soit peu d'effet du mode de culture, soit des teneurs inférieures à très inférieures dans les cultures AB (HT2 et T2 dans le blé et dans l'avoine). C'est une confirmation de résultats obtenus sur de l'avoine prélevée en Bavière, qui contenait des teneurs plus élevées en T2, HT2 et dérivés, en AC qu'en AB [98].

L'ensemble de ces travaux confirme l'analyse de Champeil et al., [88] et le rôle primordial de l'année et de la région de culture, par rapport au type de pratiques culturales.

## Métaux lourds

En l'absence d'étude sur ce sujet depuis 2003, les conclusions et recommandations du rapport Afssa ne sont pas

modifiées. Le risque de pollution par le cadmium des phosphates bruts non traités est plus grand en AB. Une seule étude trouve des teneurs plus élevées en cadmium et en plomb dans des tomates AB, comparées aux tomates obtenues en agriculture conventionnelle ou intégrée [38]. Pour toutes les productions de plein-air, notamment au pâturage, la principale source de pollution est atmosphérique. Il faut aussi mentionner le risque d'excès de cuivre résultant parfois de traitements trop fréquents au sulfate de cuivre sur les pommes de terre [14] et probablement la vigne.

## Dioxines

Comme pour les métaux lourds, les contaminations de produits d'origine animale ou végétale dépendent essentiellement des conditions environnementales. Ainsi, les œufs de poules élevées dans des conditions proches de celles de l'AB sont plus contaminés que ceux des poules en batterie en raison du contact avec le sol potentiellement contaminé [99].

## Parasites, bactéries, virus<sup>1</sup>

En raison de l'absence de données précises et spécifiques relatives à des comparaisons AB/AC, il est seulement possible d'évoquer ici les risques liés à l'élevage de plein-air ou de semi plein-air. Certains risques sont accrus par rapport à l'élevage « confiné », en raison des sources de contamination environnementale : soit hydrotelluriques (par exemple, *Clostridium botulinum*), soit animales, du fait notamment de contacts plus fréquents avec la faune sauvage (*Campylobacter* thermotolérants transmis par des oiseaux sauvages porteurs sains ; tuberculose bovine contractée par contact avec des cervidés infectés etc.).

Les mammites chez les bovins et les parasites internes chez les ovins sont des affections prédominantes en AB [100].

D'une façon générale, quel que soit le mode de production :

- les risques de contamination des animaux d'élevage sont fonction du degré de maîtrise qu'ont les éleveurs du système de protection sanitaire et des bonnes pratiques de traitement ;
- les risques d'exposition du consommateur dépendent du respect des règles d'inspection de salubrité et des circuits normaux de commercialisation,

## Contaminants microbiens

L'influence des conditions de production agricole sur la qualité microbiologique des produits animaux ou végétaux a été assez largement étudiée. Dans le domaine végétal, alors qu'*Escherichia coli* n'est détectable que dans une infime proportion des produits de l'AC, l'utilisation de fumier de différentes espèces (en particulier bovine), pratique de la majorité des exploitations en AB, augmente le risque de contamination de divers fruits et légumes ; la localisation géographique des cultures semble aussi avoir une influence non négligeable sur cette contamination [101]. En Norvège, la nature de la fumure (fumier ou fumier composté) n'a pas eu d'effet sur la contamination de laitues Iceberg par *E. coli*,

<sup>1</sup> Avec l'aide d'une communication personnelle de B. Denis dans le cadre de la préparation du rapport sur l'AB de l'Académie d'Agriculture de France.

*E. coli* O157:H7, *Salmonella* ou *Listeria monocytogenes*, les auteurs restent prudents quant à l'extrapolation de ce résultat à d'autres conditions culturales [102].

Dans le domaine animal, le mode d'élevage (AB/AC) n'a pas d'effet sur la contamination des fèces de porc par les *Salmonella* alors que celle des fèces de poulet par *Campylobacter* est plus élevée en AB. La résistance aux antibiotiques de ces bactéries isolées chez le porc et le poulet est cependant plus faible en AB qu'en AC, à l'exception de *Campylobacter* chez le poulet [93]. Ces derniers résultats concernant la résistance aux antibiotiques, ont été confirmés chez les poules pondeuses et leurs œufs, pour les bactéries Gram<sup>-</sup> (*Campylobacter*, *Salmonella*, *E. coli* etc.) et Gram<sup>+</sup> (*Listeria*, *Enterococcus*), alors que dans cette étude, le niveau de contamination par ces deux types de bactéries n'a pas été influencé par le type d'élevage (AB/AC) [103,104]. Dans un travail plus ancien, il n'avait cependant pas été montré de différence de résistance à la tétracycline de *Campylobacter* isolées de fèces de bovins, quel que soit le type d'élevage [105].

En accord avec ces données, le type d'élevage de bovins n'a pas eu d'influence sur la prévalence d'*E. coli* O157:H7, pas plus que sur leur résistance aux antibiotiques [106].

On peut conclure de toutes ces études qu'il y a sans doute une très légère tendance à une prévalence plus forte de contamination des produits de l'AB, mais que les bactéries présentes sur ces produits peuvent présenter une moindre résistance aux antibiotiques.

## Allergènes

Les protéines de transport des lipides (LPT) des rosacées (prunoïdées : pommes, prunes, poires, abricots, cerises...) sont des protéines de défense responsables d'allergies sévères chez l'enfant et l'adulte. Des résultats préliminaires montrent que leur présence est plus importante dans la peau de variétés de pommes et de prunes AB que dans celle des mêmes variétés AC, mais pas dans la peau de pêches et de nectarines jaunes [107]. Les auteurs concluent que « la consommation de fruits "bio" (de prunes en particulier) n'est pas à conseiller aux personnes allergiques ».

## Résidus de pesticides

Nous disposons de trois sources d'informations qui apportent quelques éléments de comparaison entre AB et AC dans le cadre plus général de l'analyse des résidus de pesticides, tous types de productions confondues :

- des contrôles officiels nationaux :
  - en France, étude DGCCRF [108] : la plus récente concerne les données de 2007. Le plan de surveillance des fruits et légumes a porté sur 3742 échantillons : 48 % des échantillons ne contiennent aucun résidu de pesticides détectables. Des teneurs inférieures aux limites maximales de résidus (LMR)<sup>2</sup> ont été mesurées pour

44 % des échantillons ; ainsi, 92 % des fruits et légumes analysés respectent la réglementation. Les LMR sont dépassées dans 8 % des cas (4 % en ne considérant que les LMR communautaires). La seule comparaison AB/AC possible concerne des céréales et des produits céréaliers pour lesquels les non-conformités représentent 8 % des 282 produits AC analysés et seulement 3 % des 256 produits AB,

- au Royaume-Uni [109] : d'après le rapport annuel de 2008 du comité des résidus de pesticides, sur plus de 4000 échantillons, 54 % ne contenaient pas de résidus détectables, 45 % des résidus inférieurs aux LMR et 1 % seulement supérieurs aux LMR. Sur les 242 échantillons provenant de l'AB, 6 % contenaient des résidus de pesticides,
- en Nouvelle-Zélande [110] : une étude de 2004 a porté sur 348 échantillons dont 41 étaient issus de l'AB ; il a été détecté des résidus de pesticides dans 22 % des produits AB et dans 42 % des produits AC ;
- des contrôles dans les États membres de l'Union européenne : ces contrôles, qui recouvrent tous les types de production, ne permettent pas de distinguer les denrées AB et AC. Les résultats des enquêtes nationales annuelles sont agrégés et publiés dans un rapport annuel de l'EFSA [111]. Ces études européennes sont pratiquées depuis plus de 20 ans, sur un nombre d'échantillons croissant (plus de 74 000 en 2007). Selon le rapport 2009, 58 % des échantillons ne contenaient aucun résidu détectable, 38 % des résidus inférieurs aux LMR et 4 % seulement des résidus supérieurs aux LMR ;
- des publications académiques : deux publications sont particulièrement riches en informations [13,112]. Ces informations, qui concernent des études américaines, confirment les données présentées ci-dessus : les résidus de pesticides en AB sont trois à cinq fois moins fréquents qu'en AC et les niveaux rencontrés sont plus bas dans environ deux tiers des cas. Des résidus de multiples substances sont observés dans 40 % des cas (moyenne de trois études) en AC et dans seulement 4,5 % en AB. Dans une étude réalisée sur des produits cultivés aux Pays-Bas, il n'a pas été retrouvé de résidus de pesticides polaires au-delà des LMR en AB ou en AC, mais des traces étaient détectables dans des laitues AC [93]. Enfin, une étude conduite par le Syndicat européen des transformateurs et distributeurs de produits de l'AB (SETRAB) a montré qu'en 1998-1999, aucun résidu n'était détectable dans 96 % des aliments AB [113]. Cette étude est cependant peu explicite quant à la nature des substances recherchées. Les fongicides ne représentent que 3 % des analyses réalisées et les herbicides 0,7 %. Aucun indice ne permet de penser qu'un seul des produits phytopharmaceutiques spécifiques à l'AB ait été recherché. Les plus courants de ces produits sont le cuivre, le soufre et surtout la roténone, les pyrèthrinés, l'azadirachtine etc., qui ne semblent pas comptabilisés comme « pesticides » dans cette étude.

Il n'est pas très facile de tirer des conclusions de toutes ces études qui sont difficilement comparables en raison de multiples différences : protocoles, sensibilité des méthodes analytiques, nature des substances recherchées, évolution des pratiques en AB et en AC au cours du temps.

le 1<sup>er</sup> septembre 2008.

<sup>2</sup> Les limites maximales de résidus (LMR) de pesticides correspondent aux quantités maximales attendues, établies à partir des bonnes pratiques agricoles fixées lors de l'autorisation de mise sur le marché du produit phytosanitaire. Il y a une LMR pour chaque fruit, légume ou céréale et chaque pesticide. Ces LMR étaient fixées au niveau communautaire, cependant l'harmonisation n'était pas totale. Pour les LMR non harmonisées, la France avait fixé ses propres LMR. Le règlement 396/2005, qui propose des limites maximales harmonisées pour toutes les denrées alimentaires et se substitue aux réglementations nationales, est entré en application

On peut cependant tenter de proposer quelques conclusions<sup>3</sup> :

- la présence de résidus de pesticides de synthèse apparaît régulièrement plus faible dans les productions AB que dans les productions AC. Cela n'est pas une surprise puisque les molécules de synthèse sont exclues (sauf dérogation) du cahier des charges de l'AB ;
- cette moindre présence de substances de synthèse l'est en termes de fréquence de détection, de nombre moyen de contaminants identifiés par échantillon et de quantité moyenne détectée en regard des produits AC traités.

La présence de résidus de pesticides observée dans une partie des produits AC présente-t-elle des risques en matière de santé publique? Une excellente analyse des approches utilisées aux États-Unis ou en Europe pour évaluer les risques des produits phytosanitaires a été réalisée par Winter et Davis [13]. Elle montre que les *reference dose* (RfD) ou les doses journalières admissibles (DJA) qui servent de base à la définition des LMR, comportent des coefficients de sécurité pour l'exposition humaine d'au moins 100. Des études conduites par la FAO/OMS, en 1991, ont évalué à moins de 5% de la DJA au maximum, l'exposition des consommateurs à 38 molécules, cette exposition étant inférieure à 1% dans 34 cas, c'est-à-dire 10 000 fois inférieure à la plus faible dose toxique chez l'animal de laboratoire. Winter et Davis en concluent que « du point de vue de la pratique, le bénéfice marginal en termes d'exposition aux résidus de pesticides obtenu en augmentant sa consommation de produits de l'AB est insignifiant ». Plus récemment, Juraskie et al. [114] ont tenté d'évaluer le risque d'exposition de l'homme aux pesticides par le biais de son alimentation dans une comparaison entre la Suisse et les États-Unis. Utilisant une nouvelle approche, qui met en œuvre un important travail de modélisation, ils calculent l'impact de l'exposition aux résidus de très nombreuses molécules (jusqu'à 440 aux États-Unis) sur la santé humaine, impact exprimé en *disability adjusted life years* (DALY's). Cette exposition conduirait à une perte de 4,2 et 3,2 minutes de vie respectivement en Suisse et aux États-Unis, valeurs que compensent largement les bénéfices nutritionnels de la consommation de fruits et légumes. Cette conclusion rejoint celle de Winter et Davis. Les auteurs accompagnent cependant leurs estimations de messages de prudence en ce qui concerne les biais et faiblesses de cette approche et la non prise en compte de groupes de population (personnes âgées, nourrissons, enfants, diabétiques, femmes enceintes) plus à risque que la population générale.

Enfin, le rapport de l'EFSA [111] conclut également que, sur la base des résidus des molécules recherchées et du modèle très prudent d'évaluation des expositions utilisé, ces résidus ne sont l'objet d'aucune inquiétude quant à la santé du consommateur, à l'exception d'une molécule, le diazinon, dont les LMR et les usages ont été limités.

Il n'est cependant pas question, dans le cadre de cette revue, de réaliser une évaluation complète des risques sanitaires comparés liés à l'exposition aux résidus des différents traitements phytosanitaires pratiqués non seulement en AC mais aussi en AB. Une telle étude mérite à elle seule une importante publication spécifique tant est grand le nombre de travaux scientifiques sur une question polémique s'il en est.

<sup>3</sup> Ces conclusions résultent d'une communication personnelle de J.L. Bernard dans le cadre de la préparation du rapport sur l'AB à l'Académie d'agriculture de France.

La forte exposition des applicateurs de produits phytosanitaires, souvent mal protégés en raison d'un manque d'information et de formation, a conduit à des pathologies à court et long termes comme une faible augmentation (RR=1,3) de certains cancers hématoépithéliaux. Cette exposition a pu être jusqu'à un million de fois supérieure à celle des consommateurs de produits alimentaires, en particulier végétaux. Celle-ci est très faible et présente une marge d'exposition ou de sécurité conséquente par rapport aux RfD ou aux DJA définies dans un cadre largement international au sein de collectifs pluridisciplinaires de scientifiques aux compétences reconnues. De plus, les restrictions apportées en matière de nombre de molécules et de doses utilisées en AC concourent à une réduction de ces expositions.

## Conclusion générale

En raison du grand nombre de facteurs qui conditionnent les qualités nutritionnelles et sanitaires des denrées agricoles, il est bien difficile de mettre en évidence des différences significatives entre les modes de production.

Les aliments issus de l'AB ne représentent actuellement que 1,8% des aliments consommés en France. Même si leur contribution atteignait 5% dans quelques années, selon des souhaits officiels optimistes, de faibles différences de teneurs (10 à 20%) en quelques nutriments dans quelques aliments ne pourraient avoir un impact nutritionnel significatif dans le cadre d'un régime alimentaire global. Il en est ainsi des substances antioxydantes, pour lesquelles des tendances existent, mais dont l'effet sur le statut antioxydant chez l'homme n'a pas pu être démontré. Le problème des nitrates des légumes, dont les teneurs sont effectivement souvent plus élevées en agriculture conventionnelle, est beaucoup moins préoccupant que ce qui est partout proclamé. Enfin, les résidus de pesticides, logiquement plus abondants en AC, sont en très grande majorité inférieurs aux LMR (limites maximales) et n'entraînent pas de risque avéré pour la santé du consommateur. La consommation des fruits et légumes, quelle que soit leur méthode de production, est bénéfique pour la santé et doit être encouragée. La réduction envisagée de l'emploi des pesticides, et notamment l'interdiction de certaines molécules, devrait encore atténuer les différences entre AC et AB. Pour les produits d'origine animale, la nouvelle réglementation européenne, plus laxiste pour l'alimentation, l'âge à l'abattage et les traitements thérapeutiques, devrait aussi atténuer les éventuelles différences entre les deux modes de production.

Quoi qu'il en soit, le plus important en nutrition est la diversité et l'équilibre du régime, l'impact santé d'un repas Bio par semaine en moyenne (hypothèse haute de 5% des aliments consommés) demeurant insignifiant. Enfin, sachant que l'AB conduit à des baisses de rendement de 20 à 50%, ne devrait-on pas fixer une limite raisonnable à son expansion alors que, pour tenter de nourrir la planète, il faudra augmenter de plus de 70% la production alimentaire mondiale dans les prochaines décennies? Comme d'autres formes d'agriculture respectueuses de l'environnement mais qui ne sacrifient pas la productivité, l'AB peut légitimement revendiquer des vertus écologiques mais pas des effets bénéfiques sur la santé des consommateurs de ses produits.

Enfin, contrairement à la plupart des produits à appellation d'origine et autres labels, l'AB n'a pas d'obligation de résultat, notamment sur les caractéristiques organoleptiques des produits. Ces propriétés sensorielles, principalement déterminées par la race ou la variété, l'âge ou le stade de maturité, et la fraîcheur (fruits et légumes) n'ont pas été examinées dans cette mise au point mais peuvent être facilement appréciées par le consommateur qui reste libre de choisir ses aliments selon ses goûts et convictions. . . Il nous a cependant semblé utile de l'informer sur les autres critères de qualité que ses seuls sens ne permettent pas d'évaluer.

Les faibles différences de teneurs en quelques nutriments ou contaminants dans certains aliments ne confèrent pas aux aliments « Bio » un avantage nutritionnel ou sanitaire significatif dans un régime alimentaire global. De plus, leur contribution moyenne à l'alimentation demeure insignifiante en France (moins de 2%) et, compte tenu de la forte réduction des rendements (20 à 50%), devra raisonnablement, dans un contexte d'impérieuse nécessité d'augmenter la production agricole mondiale, se limiter à une faible part.

## Conflit d'intérêt

Aucun.

## Références

- [1] Afssa. Évaluation nutritionnelle et sanitaire des aliments issus de l'agriculture biologique. Rapport Afssa 2003; Ed Afssa, Maisons-Alfort.
- [2] American Council on Science and Health. Claims of organic food's nutritional superiority: a critical review (J Rosen). ACSH 2008.
- [3] Food Standards Agency, UK 2008. Is organic food better for you? <http://www.food.gov.uk/news>.
- [4] Winter CK, Davis SF. Are organic foods healthier? CSA News 2007; V52 N04.
- [5] America's Organic Trade Association. New evidence confirms the nutritional superiority of plant-based organic foods. The Organic Center 2008.
- [6] Leifert C, Rembialkowska E, Nielson JH, Cooper JM, Butler G, Lueck L. Effects of organic and "low input" production methods on food quality and safety. Improving sustainability in organic and low input production systems. In: Niggli U, Leifert C, Alföldi T, Lück L, Willer H, editors. Proc 3rd Int Congress of the European integrated Project Quality Low Input Food (QLIF) 2008. 2008.
- [7] Leifert C, Niggli U. Quantifying the effect of organic and low input production methods on food quality and safety and human health. Final report of QLIF 2009, subproject 2 "Effects of production methods" (<http://www qlif.org>).
- [8] Lairon D. La qualité des produits de l'agriculture biologique. Innovations Agronomiques (Inra) 2009;4:281–7.
- [9] Lairon D. Nutritional quality and safety of organic food. A review. Agron Sustain Dev 2009; (en ligne sur <http://www.agronomy-journal.org>).
- [10] Williamson CS. Is organic food better for our health? Nutr Bull, The British Nutrition Foundation 2007;32:104–8.
- [11] Williams CM. Nutritional quality of organic food: shades of grey or shades of green? Proc Nutr Soc 2002;61:19–24.
- [12] Magkos F, Arvaniti F, Zampelas A. Organic food: buying more safety or just peace of mind? A critical review of the literature. Crit Rev Food Sci Nutr 2006;46:23–56.
- [13] Winter CK, Davis SF. Organic foods. J Food Sci 2006;71:R1174–2124.
- [14] Trewavas A. A critical assessment of organic-farming-and-food assertions with particular respect to the UK and the potential environment benefits of no-till agriculture. Elsevier Ltd; 2007.
- [15] Dangour AD, Dodhia SK, Hayter A, Allen E, Lock K, Uauy R. Nutritional quality of organic foods: a systematic review. Am J Clin Nutr 2009;90:680–5.
- [16] Dangour AD, Dodhia SK, Hayter A, Aikenhead A, Allen E, Lock K et al. Comparison of composition (nutrients and other substances) of organically and conventionally produced foodstuffs: a systematic review of the available literature. Report for the Food Standards Agency 2009b. <http://www.agrobiomexico.org.mx/uploaded/documento36.pdf>.
- [17] Dangour AD, Aikenhead A, Hayter A, Allen E, Lock K, Uauy R. Comparison of putative health effects of organically and conventionally produced foodstuffs: a systematic review. Report for the Food Standards Agency 2009c. <http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/organicreviewreport.pdf>.
- [18] Moreira MR, Roura SI, Valle CE. Quality of Swiss chard produced by conventional and organic methods. Lebensmittel-Wissenschaft Technologie 2003;36:135–41.
- [19] Rodríguez J, Ríos D, Rodríguez E, Díaz C. Physicochemical changes during ripening of conventionally, ecologically and hydroponically cultivated Tylrain (TY 10016) tomatoes. Int J Agric Res 2006;1:452–61.
- [20] Bicanová E, Capouchová I, Krejčicová L, Petr J, Erhartová D. The effect of growth structure on organic winter wheat quality. Žemdirbystė. Mokslo Darbai 2006;93:297–305.
- [21] Petr J. Quality of triticale from ecological and intensive farming. Scientia Agriculturae Bohemica 2006;37:95–103.
- [22] Mäder P, Hahn D, Dubois D, Gunst L, Alföldi T, Bergmann H, et al. Wheat quality in organic and conventional farming: results of a 21-year field experiment. J Sci Food Agric 2007;87:1826–35.
- [23] Hanell U, L-Baeckström G, Svensson G. Quality studies on wheat grown in different crop systems: a holistic perspective. Acta Agric Scand Sect B, Soil Plant Sci 2004;54:254–63.
- [24] Wszelaki A, Delwiche J, Walker S, Liggett R, Scheerens J, Kleinhenz M. Sensory quality and glycoalkaloid concentrations in organically and conventionally grown redskin potatoes (*Solanum tuberosum*). J Sci Food Agric 2005;85:720–6.
- [25] Pérez-López AJ, López-Nicolás JM, Carbonell-Barrachina AA. Effects of organic farming on minerals contents and aroma composition of Clemenules mandarin juice. Eur Food Res Technol 2007;225:255–60.
- [26] Pérez-López AJ, López-Nicolás JM, Núñez-Delgado E, Amor FM, Carbonell-Barrachina AA. Effects of agricultural practices on color, carotenoids composition, and minerals contents of sweet peppers. J Agric Food Chem 2007b;55:8158–64.
- [27] Lester GE, Manthey JA, Buslig BS. Organic vs conventionally grown Rio Red whole grapefruit and juice: comparison of production inputs, market quality, consumer acceptance, and human health-bioactive compounds. J Agric Food Chem 2007;55:4474–80.
- [28] Colla G, Mitchell JP, Poudel DD, Temple SR. Changes of tomato yield and fruit elemental composition in conventional, low input, and organic systems. J Sustain Agric 2002;20:53–67.
- [29] Borguini RG, Silva MV. Nutrient contents of tomatoes from organic and conventional cultivation. Alimentos Nutricao 2007;21:41–6.
- [30] Carbonaro M, Mattera M, Nicoli S, Bergamo P, Cappeltoni M. Modulation of antioxidant compounds in organic vs conventional fruit (peach and pear). J Agric Food Chem 2002;50:5458–62.

- [31] Amodio ML, Colelli G, Hasey JK, Kader AA. A comparative study of composition and postharvest performance of organically and conventionally grown kiwi fruits. *J Sci Food Agric* 2007;87:1228–36.
- [32] Tarozzi A, Hrelia S, Angeloni C, Morroni F, Biagi P, Guardigli M, et al. Antioxidant effectiveness of organically and non-organically grown red oranges in cell culture systems. *Eur J Nutr* 2006;45:152–8.
- [33] Hajlova J, Schulzova V, Slanina P, Janne K, Hellenas KE, Andersson Ch. Quality of organically and conventionally grown potatoes: four-year study of micronutrients, metals, secondary metabolites, enzymatic browning and organoleptic properties. *Food Addit Contam* 2005;22:514–34.
- [34] Hallmann E, Rembalkowska E. Comparison of the nutritive quality of tomato fruits from organic and conventional production in Poland. Improving sustainability in organic and low input production systems. In: Niggli U, Leifert C, Alföldi T, Lück L, Willer H, editors. *Proc 3rd Int Congress of the European integrated Project Quality Low Input Food (QLIF)*. 2007.
- [35] Caris-Veyrat C, Amiot MJ, Tyssandier V, Grasselly D, Buret M, Mikolajczak M, et al. Influence of organic versus conventional agricultural practice on the antioxidant microconstituent content of tomatoes and derived purees; consequences on antioxidant plasma status in humans. *J Agric Food Chem* 2004;52:6503–9.
- [36] Barrett DM, Weakley C, Diaz JV, Watnik M. Qualitative and nutritional differences in processing tomatoes grown under commercial organic and conventional production systems. *J Food Sci* 2007;72:C441–51.
- [37] Chassy AW, Bui L, Renaud ENC, Van Horn M, Mitchell AE. Three-year comparison of the content of antioxidant microconstituents and several quality characteristics in organic and conventionally managed tomatoes and bell peppers. *J Agric Food Chem* 2006;54:8244–52.
- [38] Rossi F, Godani F, Bertuzzi T, Trevisan M, Ferrari F, Gatti S. Health-promoting substances and heavy metal content in tomatoes grown with different farming techniques. *Eur J Nutr* 2008;47:266–72.
- [39] Amiot-Carlin MJ, (communication personnelle). Exposés non publiés de Fauriel J, Besson S et al. et de Mitchell A et al. au 3rd Int Symp Human Health Effects of Fruits and Vegetables, Avignon, Oct 2009.
- [40] Mitchell AE, Hong YJ, Koh E, Barrett DM, Bryant DE, Denison RF, et al. Ten-year comparison of the influence of organic and conventional management practices on the content of flavonoids in tomatoes. *J Agric Food Chem* 2008;55:6154–9.
- [41] Fauriel J, Bellon S, Plenet D, Amiot M-J. On-farm influence of production patterns on total polyphenol content in peach. Improving sustainability in organic and low input production systems. In: Niggli U, Leifert C, Alföldi T, Lück L, Willer H, editors. *Proc 3rd Int Congress of the European integrated Project Quality Low Input Food (QLIF)*. 2007.
- [42] Hamouz K, Lachman J, Pivec V, Dvořák P. The effect of ecological growing on the potatoes yield and quality. *Plant Soil Environ* 2005;51:397–402.
- [43] Young JE, Zhao X, Carey EE, Welti R, Yang SS, Wang WQ. Phytochemical phenolics in organically grown vegetables. *Molec Nutr Food Res* 2005;49:1136–42.
- [44] Stracke BA, Rfer CE, Weibel FP, Bub A, Watzl B. Three-year comparison of the polyphenol contents and antioxidant capacities in organically and conventionally produced apples (*Golden delicious*). *J Agric Food Chem* 2009;57:4598–605.
- [45] Veberic R, Trobec M, Herbinger K, Hofer M, Grill D, Stampar F. Phenolic compounds in some apple (*Malus domestica* Borkh) cultivars of organic and integrated production. *J Sci Food Agric* 2005;85:1687–94.
- [46] Anttonen MJ, Karjalainen RO. High-performance liquid chromatography analysis of black currant (*Ribes nigrum* L.) fruit phenolics grown either conventionally or organically. *J Agric Food Chem* 2006;54:7530–8.
- [47] Stracke BA, Rüfer CE, Bub A, Briviba K, Seifert S, Kunz C, et al. Bioavailability and nutritional effects of carotenoids from organically and conventionally produced carrots in healthy men. *Br J Nutr* 2009;101:1664–72.
- [48] Yildirim HK, Akcay YD, Guvenc U, Sozmen EY. Protection capacity against low-density lipoprotein oxidation and antioxidant potential of some organic and non-organic wines. *Int J Food Sci Nutr* 2004;55:351–62.
- [49] Nunez-Delicado E, Sanchez-Ferrer A, Garcia-Carmona FF, Lopez-Nicolas JM. Effect of organic farming practices on the level of latent polyphenol oxidase in grapes. *J Food Sci* 2005;70:C74–8.
- [50] Asami DK, Hong YJ, Barrett DM, Mitchell AE. Comparison of the total phenolic and ascorbic acid of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. *J Agric Food Chem* 2003;51:1237–41.
- [51] Felsot AS, Rosen JD. Comment on comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. *J Agric Food Chem* 2004;52:146–9.
- [52] Vian MA, Tomao V, Coulomb PO, Lacombe JM, Dangles O. Comparison of the anthocyanin composition during ripening of Syrah grapes grown using organic or conventional agricultural practices. *J Agric Food Chem* 2006;54:5230–5.
- [53] Roose M, Kahl J, Ploeger A. Influence of the farming system on the xanthophyls of soft and hard wheat. *J Agric Food Chem* 2009;57:182–8.
- [54] Peck GM, Andrews PK, Reganold JP, Fellman JK. Apple orchard productivity and fruit quality under organic, conventional, and integrated management. *Hort Sci* 2006;41:99–107.
- [55] McKnight GM, Duncan CW, Leifert C, Golden MH. Dietary nitrate in man: friend or foe? *Br J Nutr* 1999;81:349–58.
- [56] Archer DL. Evidence that ingested nitrate and nitrite are beneficial to health. *J Food Prot* 2002;65:872–5.
- [57] Katan MB. Nitrate in foods: harmful or healthy? *Am J Clin Nutr* 2009;90:1–2.
- [58] Guadagnin SG, Rath S, Reyes FG. Evaluation of the nitrate content in leaf vegetables produced through different agricultural systems. *Food Addit Contam* 2005;22:1203–8.
- [59] EFSA. La présence de nitrates dans les légumes. Avis du groupe scientifique sur les contaminants de la chaîne alimentaire. Question n° EFSA-Q-2006-071, adopté 10 avril 2008.
- [60] Aubert C. Bio, raisonnée, OGM: quelle agriculture dans votre assiette? Mens: Terre vivante; 2003, 128 p.
- [61] L'Hirondel J. Le métabolisme des nitrates et des nitrites chez l'homme. *Cah Nutr Diet* 1993;28:341–9.
- [62] L'Hirondel JL, Avery AA, Addiscott TM. Dietary nitrate: where is the risk? *Environ Health Perspect* 2006;114:A458–9.
- [63] Hord NG, Tang Y, Bryan N. Food sources of nitrates and nitrites: the physiological context for potential health benefits. *Am J Clin Nutr* 2009;90:1–10.
- [64] Bryan NS. Dietary nitrite supplementation protects against myocardial ischemia-reperfusion injury. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2007;104:19144–9.
- [65] Duncan C, Li H, Dykhuizen R, Frazer R, Johnston P, MacKnight G, et al. Protection against oral and gastrointestinal diseases: importance of dietary nitrate intake, oral nitrate reduction and enterosalivary nitrate circulation. *Comp Biochem Physiol A Physiol* 1997;118:939–48.
- [66] Thompson LH, Carter P, Whiteley A, Bailey M, Leifert C, Killham K. Salivary nitrate—an ecological factor in reducing oral acidity. *Oral Microbiol Immunol* 2007;22:67–71.
- [67] Petersson J, Phillipson M, Jansson EA, Patzak A, Lundberg JO, Holm L. Dietary nitrate increases gastric mucosal blood flow and mucosal defense. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol* 2007;292:G718–24.
- [68] Petersson J. Nitrate, nitrite and nitric oxide in gastric mucosal defense. Uppsala University 2008 (<http://urn.kb.se/resolve?urn:nbn:se:uu:diva-8624>).
- [69] Zorb C, Langenkamper G, Betsche T, Niehaus K, Barsch A. Metabolite profiling of wheat grains (*Triticum aestivum* L.)

- from organic and conventional agriculture. *J Agric Food Chem* 2006;54:8301–6.
- [70] Kristensen M, Ostergaard LF, Halekoh U, Jorgensen H, Lauridsen C, Brandt K, et al. Effect of plant cultivation methods on content of major and trace elements in foodstuffs and retention in rats. *J Sci Food Agric* 2008;88:2161–72.
- [71] Briviba K, Stracke BA, Rüfer CE, Watzl B, Weibel FP, Bub A. Effect of consumption of organically and conventionally produced apples on antioxidant activity and DNA damage in humans. *J Agric Food Chem* 2007;55:7716–21.
- [72] Akcay YD, Yildirim HK, Guvenc U, Sozmen EY. The effects of consumption of organic and nonorganic red wine on low-density lipoprotein oxidation and antioxidant capacity in humans. *Nutr Res* 2004;24:541–54.
- [73] Grønder-Pedersen L, Rasmussen SE, Bügel S, Jorgensen LV, Dragsted LO, Gundersen V, et al. Effects of diets based on foods from conventional versus organic production on intake and excretion of flavonoids and markers of antioxidative defense in humans. *J Agric Food Chem* 2003;51:5671–6.
- [74] Ferlay A, Martin B, Pradel P, Coulon JB, Chilliard Y. Influence of grass-based diets on milk fatty acid composition and milk lipolytic system in Tarentaise and Montbeliarde cow breeds. *J Dairy Sci* 2006;89:4026–41.
- [75] Lucas A, Hulin S, Michel V, Agabriel C, Chamba JF, Rock E, et al. Relations entre les conditions de production du lait et les teneurs en composés d'intérêt nutritionnel dans le fromage : études en conditions réelles de production. *INRA Prod Anim* 2006;19:15–28.
- [76] Ellis KA, Innocent G, Grove-White D, Cripps P, McLean WG, Howard CV, et al. Comparing the fatty acid composition of organic and conventional milk. *J Dairy Sci* 2006;89:1938–50.
- [77] Butler G, Nielsen JH, Slots T, Seal C, Eyre MD, Sanderson R, et al. Fatty acid and fat-soluble antioxidant concentrations in milk from high- and low-input conventional and organic systems: seasonal variation. *J Sci Agric Food* 2008;88:1431–41.
- [78] Butler G, Collomb M, Rehberger B, Sanderson R, Eyre R, Leifert C. CLA isomer concentrations in milk from high- and low-input management dairy systems. *J Sci Agric Food* 2008;89:697–705.
- [79] Lavrencic A, Levart A, Salobir J. Fatty acid composition of milk produced in organic and conventional dairy herds in Italy and Slovenia. *Ital J Anim Sci* 2007;6:437–9.
- [80] Dewhurst RJ, Fisher WJ, Tweed JK, Wilkins RJ. Comparison of grass and legume silage for milk production: 1. Production responses with different levels of concentrate. *J Dairy Sci* 2003;86:2598–611.
- [81] Prache S, Ballet J, Jailler R, Meteau K, Picard B, Renner M, et al. Comparaison des qualités de la viande et de la carcasse d'agneaux produits en élevage biologique ou conventionnel. *Innov Agronom Inra* 2009;4:289–96.
- [82] Angood KM, Wood JD, Nute GR, Whittington FM, Hughes SI, Sheard PR. A comparison of organic and conventionally-produced lamb purchased from three major UK supermarkets: Price, eating quality and fatty acid composition. *Meat Sci* 2008;78:176–84.
- [83] Walshe BE, Sheehan EM, Delahunty CM, Morrissey PA, Kerry JP. Composition, sensory and shelf life stability analyses of Longissimus dorsi muscle from steers reared under organic and conventional production systems. *Meat Sci* 2006;73:319–25.
- [84] Minelli G, Sirri F, Folegatti E, Meluzzi A, Franchini A. Egg quality traits of laying hens reared in organic and conventional systems. *Ital J Anim Sci* 2007;6:728–30.
- [85] Meyer M, Adam ST. Comparison of glucosinolate levels in commercial broccoli and red cabbage from conventional and ecological farming. *Eur Food Res Technol* 2008;226:1429–37.
- [86] Winter CK. Organic food production and its influence on naturally occurring toxins. In: Kirchmann H, Bergström L, editors. *Organic crop production-Ambitions and limitations*. Springer; 2009.
- [87] Murphy PA, Hendrich S, Landgren C, Bryant CM. Food mycotoxins: an update. *J Food Sci* 2006;71:R51–65.
- [88] Champeil A, Doré T, Fourbet JF. *Fusarium* head blight: epidemiological origin of the effects of cultural practices on head blight attacks and the production of mycotoxins by *Fusarium* in wheat grains. *Plant Sci* 2004;166:1389–415.
- [89] Pussemier L, Piérard JY, Anselme M, Tangni EK, Motte JC, Larondelle Y. Development and application of analytical methods for the determination of mycotoxins in organic and conventional wheat. *Food Addit Contam* 2006;23:1208.
- [90] Schneweis I, Meyer K, Ritzmann M, Dempfle L, Bauer J. Influence of organically or conventionally produced wheat on health, performance and mycotoxin residues in tissues and bile of growing pigs. *Arch Anim Nutr* 2005;59:155–63.
- [91] Biffi R, Munari M, Dioguardi L, Ballabio C, Cattaneo A, Galli CL, et al. Ochratoxin A in conventional and organic cereal derivatives: a survey on the Italian market. *Food Addit Contam* 2004;21:586–91.
- [92] Cirillo T, Ritieni A, Visone M, Cocchieri RA. Evaluation of conventional and organic Italian foodstuffs for deoxynivalenol and fumosins B1 and B2. *J Agric Food Chem* 2003;51:8128–31.
- [93] Hoogenboom LAP, Bokhorst JG, Northolt MD, van de Vijver LPL, Broex NJG, Mevius, et al. Contaminants and microorganisms in Dutch organic food products: a comparison with conventional products. *Food Addit Contam* 2008;25:1195–207.
- [94] Finamore A, Britti MS, Roselli M, Bellovino D, Gaetani S, Mengheri E. Novel approach for food safety evaluation. Results of a pilot experiment to evaluate organic and conventional foods. *J Agric Food Chem* 2004;52:7425–31.
- [95] Edwards SG. *Fusarium* mycotoxin content of UK organic and conventional wheat. *Food Addit Contam* 2009;26:496–506.
- [96] Edwards SG. *Fusarium* mycotoxin content of UK organic and conventional oats. *Food Addit Contam* 2009;26:1063–9.
- [97] Edwards SG. *Fusarium* mycotoxin content of UK organic and conventional barley. *Food Addit Contam* 2009;26:1185–90.
- [98] Gottschalk C, Barthel J, Engelhard G, Bauer J, Meyer K. Occurrence of type A trichothecenes in conventionally and organically produced oats and oat products. *Mol Nutr Food Res* 2007;51:1547–53.
- [99] Pussemier L, Larondelle Y, van Peteghem C, Huyghebaert A. Chemical safety of conventionally and organically produced foodstuffs. A tentative comparison under Belgian conditions. *Food Control* 2006;17:14–21.
- [100] Cabaret J, Nicourt C. Les problèmes sanitaires en élevage biologique : réalités, conceptions et pratiques. *Inra Productions Animales* 2009;22:235–43.
- [101] Mukherjee A, Speh D, Diez-Gonzalez F. Association of farm management practices with risk of *Escherichia coli* contamination in pre-harvest produce grown in Minnesota and Wisconsin. *Int J Food Microbiol* 2007;120:296–302.
- [102] Johannessen GS, Froseth RB, Solemdal J, Jarp Y, Wasreson Y, Rorvik LM. Influence of bovine manure as fertilizer on the bacteriological quality of organic iceberg lettuce. *J Appl Microbiol* 2004;96:787–94.
- [103] Schwaiger K, Schmied E-MV, Bauer J. Comparative analysis of antibiotic resistance characteristics of Gram-negative bacteria isolated from laying hens an eggs in conventional and organic keeping system in Bavaria, Germany. *Zoonoses Public Health* 2008;55:331–41.
- [104] Schwaiger K, Schmied E-M V, Bauer J. Comparative analysis of antibiotic resistance characteristics of *Listeria* spp. and *Enterococcus* spp. isolated from laying hens an eggs in conventional and organic keeping system in Bavaria, Germany. *Zoonoses Public Health* 2009; doi:10.1111/j.1863-2378.2008.01229.x.
- [105] Sato K, Bartlett PC, Kaneene JB, Downess FP. Comparison of prevalence and antimicrobial susceptibilities of *Campylobacter* spp. Isolates from organic and conventional dairy herds in Wisconsin. *Appl Environ Microbiol* 2004;70:1442–7.

- [106] Reinstein S, Fox JT, Shi X, Alam MJ, Renter DG, Nagaraja TG. Prevalence of *Escherichia coli* O157:H7 in organically and naturally raised beef cattle. *Appl Environ Microbiol* 2009;75(16):5421–3.
- [107] Barre A, Brulé C, Borges JP, Culerrier R, Jauneau A, Didier A, et al. Concentration des LTP dans la peau et la pulpe des fruits. *Rev Fr Allergol* 2009;49:166–9.
- [108] DGCCRF. Plan de surveillance des fruits et légumes 2007. [http://www.dgccrf.bercy.gouv.fr/securite/produits\\_alimentaires/contrôles\\_alimentaires/2007/pesticides\\_vegetaux2007.htm](http://www.dgccrf.bercy.gouv.fr/securite/produits_alimentaires/contrôles_alimentaires/2007/pesticides_vegetaux2007.htm);
- [109] Pesticide Residues Committee (UK) Annual Report 2008. [http://www.pesticides.gov.uk/uploadedfiles/Web\\_Assets/PRC/PRC\\_Annual\\_Report\\_2008.pdf](http://www.pesticides.gov.uk/uploadedfiles/Web_Assets/PRC/PRC_Annual_Report_2008.pdf).
- [110] New-Zealand Food Standard Agency (2004) <http://www.nzfsa.govt.nz/consumers/food-safety-topics/chemicals-in-food/residues-in-food/consumer-research/org-conv-comp.pdf>;
- [111] EFSA. 2007 Annual report on pesticide residues according to article 32 of regulation (EC) No 396/2005, EFSA scientific report 2009;305:1–106.
- [112] Baker BP, Benbrook CM, Groth E, Benbrook KL. Pesticide residues in conventional, integrated pest management (IPM)-grown and organic foods; insights from three US data sets. *Food Addit Contam* 2002;19:427–46.
- [113] SETRAB. Agence Bio (2007) [http://www.agencebio.org/upload/pagesEdito/fichiers/etude\\_pesticides\\_setrab.pdf](http://www.agencebio.org/upload/pagesEdito/fichiers/etude_pesticides_setrab.pdf).
- [114] Juraske R, Mutel C, Stoessel F, Hellweg S. Life cycle human toxicity assessment of pesticides: comparing fruit and vegetables diets in Switzerland and the United States. *Chemosphere* 2009;77(7):939–45.