

Qualité et authentification des produits animaux issus de l'agriculture biologique vs conventionnelle

Sophie PRACHE¹, Bénédicte LEBRET², Élisabeth BAÉZA³, Bruno MARTIN¹, Joël GAUTRON³, Françoise MÉDALE⁴, Geneviève CORRAZE⁴, Chloé VAN BAELEN², Mégane RAULET⁵, Florence LEFÈVRE⁶, Véronique VERREZ-BAGNIS⁷, Pierre SANS⁸

¹Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR Herbivores, 63122, Saint-Genès-Champanelle, France

²PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590, Saint Gilles, France

³INRAE, Université de Tours, UMR BOA, 37380, Nouzilly, France

⁴INRAE, Univ. Pau & Pays Adour, NUMEA, 64310, Saint-Pée-sur-Nivelle, France

⁵DEPE, INRAE, 147, rue de l'Université, 75338, Paris, France

⁶INRAE, LPGP, 35000, Rennes, France

⁷IFREMER, Laboratoire EM3B, Rue de l'Île d'Yeu, 44311, Nantes, France

⁸PSAE UR 1303, Université de Toulouse, INRAE, ENVIT, 31076, Toulouse, France

Courriel : sophie.prache@inrae.fr

■ Le signe officiel de qualité et d'origine (SIQO) « AB » ou « bio » garantit un processus de production mais les consommateurs demandent des garanties quant à d'autres dimensions de la qualité de ces produits. Cette synthèse, qui a fait l'objet d'une publication antérieure¹, fait le point des connaissances sur la qualité des produits animaux issus d'élevages en agriculture biologique, ainsi que sur les méthodes développées pour les authentifier.

Introduction

La part de marché des produits issus de l'agriculture biologique (AB) dans les achats alimentaires des Français a plus que doublé entre 2014 et 2020 (passant de 2,80 % à 6,57 %), même si elle marque le pas depuis 2021 (Agence Bio, 2022a). La demande de produits animaux issus de l'AB a suivi cette évolution, avec des différences entre produits.

Agir sur sa santé apparaît comme une des raisons principales des achats de produits AB par les consommateurs en Europe, ainsi que protéger l'environnement, mais la qualité et le goût des aliments sont aussi des motivations

importantes (Baudry *et al.*, 2017a ; Agence Bio, 2022b). Soixante-dix pour cent des Européens considèrent ainsi que les produits AB sont plus sains (Agence Bio, 2021). Cependant, le prix est le principal frein à leur consommation ; de plus, une certaine proportion de consommateurs estime manquer d'informations sur le contrôle des produits AB et leur réglementation (Agence Bio, 2022a, 2022b). Enfin, le signe AB est souvent concurrencé par d'autres mentions valorisantes comme l'origine locale ou des attributs éthiques ou de durabilité (Agence Bio, 2021).

La réglementation européenne sur l'AB (règlements UE 2018/848 et

2018/1584) vise à garantir l'usage de méthodes respectueuses de l'environnement, de la santé et du bien-être animal. Les éleveurs s'engagent donc à respecter un cahier des charges régissant les soins, le bien-être, l'alimentation et le logement des animaux. L'utilisation d'engrais chimiques et de pesticides, ainsi que d'hormones visant à faciliter la gestion de la reproduction des animaux est interdite. Le recours aux produits pharmaceutiques de synthèse et aux additifs alimentaires lors de la transformation est fortement limité. La réglementation et les contrôles correspondants garantissent que les aliments certifiés AB sont produits et transformés dans le respect de ces

1 Prache *et al.* (2022a).

engagements, mais les consommateurs demandent aussi des garanties sur la qualité intrinsèque des produits (Commission européenne, 2021).

La qualité des produits, pour les consommateurs, comme pour les autres acteurs de la chaîne alimentaire (éleveurs, transformateurs, distributeurs) est une combinaison de différentes dimensions : *i*) les propriétés organoleptiques, sanitaires et nutritionnelles, toutes directement liées à l'acte de manger ; *ii*) les propriétés technologiques et d'usage (qui renvoient à l'aptitude à la transformation et à la conservation, à la praticité du produit et à la facilité à le consommer) ; *iii*) les caractéristiques commerciales (critères de paiement aux éleveurs) ; enfin, *iv*) les dimensions éthiques, culturelles et environnementales qui participent à la perception de la qualité par les consommateurs et sont particulièrement mises en avant dans les signes officiels de qualité et d'origine (SIQO), dont l'AB (Prache *et al.*, 2022b, 2023a).

De nombreux déterminants de ces dimensions de la qualité des produits animaux sont liés au stade de l'élevage, de par les espèces animales, les individus et leur génétique ainsi que les conditions et pratiques d'élevage. Des modifications dans ces facteurs d'élevage peuvent ainsi moduler la qualité des produits. Cependant, agir sur tel ou tel facteur peut avoir des effets corollaires, synergiques ou antagonistes entre différentes dimensions de la qualité. C'est pourquoi, à la demande du ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation et de FranceAgriMer, INRAE a récemment conduit une expertise scientifique collective (20 scientifiques des domaines de l'élevage, de la transformation agroalimentaire, de l'économie, de la sociologie, du droit, de la nutrition humaine, de la toxicologie, de l'épidémiologie, et de la sécurité microbiologique et chimique des aliments) pour dresser un état des connaissances sur la qualité des aliments d'origine animale (Prache *et al.*, 2022b).

Cet article, issu de cette expertise collective, synthétise les données bibliographiques disponibles à ce jour sur la qualité des produits animaux sous

signe AB et sur les méthodes développées pour les authentifier. Il est centré sur les principaux produits animaux produits et consommés en Europe. L'accent est mis sur les produits primaires (viandes bovine, ovine, porcine et de volaille, chair de poisson, lait de vache, œufs de poule) et – quand les données étaient disponibles – sur certains produits transformés. Il explique les variations observées en lien avec les pratiques et conduites d'élevage, ce qui permet d'éclairer les conséquences des possibles trajectoires de l'AB, si les engagements impactant la qualité des produits étaient assouplis ou au contraire renforcés.

1. Une variabilité dans les résultats, liée à la variabilité dans les pratiques et conditions d'élevage

Plusieurs méta-analyses montrent une variabilité dans les résultats, liée à la variabilité des pratiques d'élevage, tant dans les systèmes AC que AB (Średnicka-Tober *et al.*, 2016a, 2016b ; Van Wagenberg *et al.*, 2017). Par exemple, si les rations des ruminants AB contiennent généralement plus de fourrages et moins de concentrés, l'inverse existe également, comme dans certains systèmes laitiers AB intensifs (Kusche *et al.*, 2015) ou certains systèmes ovins allaitants AB où les agneaux sont produits en bergerie (Prache *et al.*, 2009 ; Średnicka-Tober *et al.*, 2016b). Il existe également de nombreux systèmes d'élevage extensifs non AB de ruminants, avec des animaux nourris essentiellement à base d'herbe (Schwendel *et al.*, 2017 ; Benbrook *et al.*, 2018 ; Davis *et al.*, 2020, 2022 ; Prache *et al.*, 2022c). Or, pour les ruminants, la proportion de fourrages (frais ou conservés) et de concentrés dans la ration, la nature de la prairie, et la durée de finition à l'herbe (pour les ruminants producteurs de viande), ont un effet important sur la qualité de leurs produits (Martin *et al.*, 2019 ; Prache *et al.*, 2022c). Par exemple, pour les vaches laitières, 20 % des exploitations françaises ont des rations fourragères annuelles exclusivement herbagères (contre

54 % qui contiennent plus de la moitié d'ensilage de maïs), et cette proportion dépasse 60 % dans les zones de montagne et de piémonts (données issues de 11 757 fermes suivies dans le réseau Res'alim®) (Gautier & Le Doaré, 2022). De même, chez le porc, l'hétérogénéité des résultats observés montre que les différents facteurs d'élevage (génotype, alimentation, conditions de logement...) que l'éleveur mobilise pour respecter le cahier des charges AB influencent favorablement ou défavorablement les propriétés organoleptiques, nutritionnelles et technologiques de la viande (Argemi-Armengol *et al.*, 2019 ; Lebreton & Čandek-Potokar, 2022). Les résultats montrent qu'au bilan, la qualité de la viande de porc produite en AB peut être supérieure – ou, à l'inverse, inférieure – par rapport à celle produite en AC.

Par ailleurs, si l'AB est régie par un cahier des charges européen unique, il existe, pour certaines productions, des disparités et des spécificités nationales dans la mise en œuvre de la réglementation européenne. En France, comme en Allemagne, en Italie et dans trois régions de la Belgique, un guide de lecture officiel – publié en France par l'Institut national de la qualité et de l'origine (INAO) – vise à éviter les différences d'interprétation entre les acteurs du secteur. Ces guides d'application ne sont cependant pas recensés au niveau européen et sont peu étudiés dans la littérature scientifique. Or, des différences dans ces documents relèvent de *i*) définitions (par exemple : souche à croissance lente ; périmètre d'une « région » pour l'origine de l'alimentation) ; *ii*) d'interprétations (densité calculée avec ou sans volière chez les poules pondeuses ; pour les porcs, proportion de l'aire d'exercice extérieure avec abri (toit) et avec sol en béton, pose éventuelle d'anneau nasal chez les truies et procédures mises en œuvre pour prendre en compte la douleur animale associée) ; *iii*) de modes de calcul pour déterminer la période d'attente après l'administration d'un traitement vétérinaire ; et *iv*) d'autorisation de dérogations (pâturage ou herbe fauchée) etc. Par exemple, l'âge à l'abattage des poulets de chair AB est d'au moins 81 jours en France (calé sur la réglementation du Label Rouge), mais de seulement

70 jours dans la réglementation européenne, ce qui affecte fortement la qualité de la carcasse et de la viande (Baéza *et al.*, 2022). Enfin, des différences culturelles, notamment dans l'évaluation hédonique des dimensions organoleptiques de la qualité, peuvent s'ajouter à cette complexité (Prache *et al.*, 2022b). Cette variabilité dans : *i*) les pratiques d'élevage, *ii*) les guides de lecture du cahier des charges et *iii*) les préférences alimentaires des consommateurs compliquent la généralisation des résultats. Néanmoins, des tendances et ordres de grandeur peuvent être établis à partir de méta-analyses et d'études comparatives AB vs AC, dès lors que les pratiques et conditions d'élevage à l'origine des différences de qualité sont bien identifiées.

2. Qualité des produits animaux issus de l'agriculture biologique vs conventionnelle

Nous traitons dans cette partie des dimensions intrinsèques de la qualité des produits. Pour des raisons de longueur de l'article, nous n'avons pas abordé les dimensions extrinsèques (éthiques, culturelles et environnementales) de la qualité, mais les lecteurs peuvent consulter la synthèse à cet égard de Van Wagenberg *et al.* (2017).

■ 2.1. Propriétés commerciales

Les plus étudiées de ces propriétés commerciales de la qualité des produits animaux primaires sont celles prises en compte pour le paiement aux éleveurs (pour plus de détails voir Prache *et al.*, 2023a).

Dans les systèmes d'élevage allaitants d'ovins et de bovins en AB, les animaux sont globalement plus exposés aux aléas climatiques (plus de pâturage) et alimentaires (moins de concentrés et plus de fourrages dans les rations), ainsi qu'aux parasites (plus de pâturage). Les conséquences négatives possibles sont un poids de la carcasse plus faible et un état d'engraissement insuffisant des animaux à l'abattage (Srednicka-Tober

Figure 1. Expérimentation système Salamix (Photo : © INRAE / K. Vazeille)



Salamix (Systèmes d'élevage allaitant herbagers : adapter le type génétique et mixer les espèces pour renforcer leur durabilité) sur le site de Laqueuille de l'unité expérimentale Herbiopôle (DOI 10.15454/1.5572318050509348E12) du Centre INRAE Clermont-Auvergne-Rhône-Alpes, en partie converti à l'AB. Y ont été testées deux pratiques d'élevage pour faciliter la production de viande à l'herbe : le croisement de races rustiques avec des races herbagères précoces et l'association d'ovins et de bovins dans un système mixte (Prache *et al.*, 2023b).

et al., 2016b ; Clinquart *et al.*, 2022 ; Prache *et al.*, 2022b). L'utilisation de races précoces peut permettre de favoriser le développement du tissu adipeux et le dépôt de lipides intramusculaires, conférant du « persillé » à la viande (Liu *et al.*, 2022 ; Prache *et al.*, 2023b ; **figure 1**). Par ailleurs, l'association au pâturage d'ovins et de bovins permet de réduire l'exposition des systèmes herbagers aux parasites et de faciliter l'engraissement des agneaux à l'herbe (Prache *et al.*, 2023b). Enfin, pour les agneaux engraisés à l'herbe, le risque de gras de couverture moins ferme est plus élevé en AB, en lien avec une proportion souvent plus élevée de trèfle blanc dans les prairies (Lourenço *et al.*, 2007 ; Prache *et al.*, 2011).

Chez le porc, de nombreux facteurs, dont le génotype, les conditions de logement (température ambiante, espace alloué aux animaux), le niveau d'alimentation et la composition du régime, modulent l'état d'engraissement et la teneur en viande maigre des carcasses (Lebret & Čandek-Potokar, 2022). Même s'il est observé des différences entre les viandes AB et AC, les propriétés des viandes AB montrent une grande variabilité en fonction des pratiques et des conditions d'élevage (**tableau 1**). En particulier, l'interdiction en AB d'utiliser des acides aminés (AA) de synthèse peut conduire à une plus grande difficulté à équilibrer les apports nutritionnels des animaux, notamment

pour les AA essentiels, qui se traduit par un moindre dépôt de tissus maigres et une adiposité accrue, et en conséquence une moindre valeur commerciale de la carcasse (**tableau 1**).

Pour le poulet de chair, les rendements en carcasse et en filet sont moindres en AB, car les souches utilisées ont été moins sélectionnées (Petraacci *et al.*, 2017). La carcasse est aussi plus maigre, du fait de l'accès à un parcours extérieur et d'une densité animale plus faible, qui permettent une plus grande activité de locomotion des poulets (Baéza *et al.*, 2022). En revanche, du fait d'un âge à l'abattage plus tardif, le squelette est plus solide et la peau plus épaisse, ce qui réduit les risques de fractures lors de l'électronarcose, de déchirure de la peau lors de la plumaïson, et donc de dépréciation de la carcasse.

Pour les poissons d'élevage, les résultats divergent entre études. Ainsi, la densité réduite en élevage AB peut soit favoriser (bar et dorade : Trocino *et al.*, 2012 ; Di Marco *et al.*, 2017), soit n'avoir aucun effet sur la croissance des poissons (salmonidés : Lerfall *et al.*, 2016a ; Carbonara *et al.*, 2020). De même, Carbonara *et al.* (2020) n'observent pas de lien entre la densité et les indicateurs physiologiques du bien-être animal chez la truite AB, mais Di Marco *et al.* (2017) constatent un lien entre la densité et l'expression de comportements

Tableau 1. Qualités de la carcasse et de la viande de porc issues de différents systèmes d'élevage en agriculture biologique comparées à celles issues de systèmes d'élevage en agriculture conventionnelle : conséquences des pratiques d'élevage¹.

| Exemples de pratiques d'élevage en agriculture biologique | | | | | |
|--|---|--|---|---|---|
| | Bio en claustration, alimentation : fabrication à la ferme, déséquilibrée en AA ² vs conventionnel. Cases individuelles (2,5 m ² /porc) dans les 2 systèmes. Sundrum <i>et al.</i> (2011) | Bio en claustration, alimentation bio (dont féverole, pois, farine de luzerne, tourteau de soja) vs conventionnel (farine de soja, AA de synthèse). Cases collectives (1,2 m ² /porc) dans les 2 systèmes. Quander-Stoll <i>et al.</i> (2021) | Bio (litière + courette, 2,2 m ² /porc) et alimentation bio + fourrages vs conventionnel (caillebotis, 0,7 m ² /porc). Alvarez-Rodriguez <i>et al.</i> (2016) | Bio (case intérieure + courette), alimentation bio : <i>ad libitum</i> sans fourrage (A) ; restreinte (- 30 %) + fourrage (ensilage d'orge et pois) <i>ad libitum</i> : (B) ; restreinte (- 30 %) + fourrage (ensilage de trèfle) <i>ad libitum</i> : (C), vs conventionnel (claustration). Hansen <i>et al.</i> (2006) | Bio extensif (certification suédoise : 150 m ² /porc + hutte paillée ; alimentation : avoine, blé, pois, pas d'AA de synthèse) vs conventionnel (claustration). Jonsall <i>et al.</i> (2002) ; Olsson <i>et al.</i> (2003) |
| Propriétés commerciales de la carcasse | | | | | |
| Teneur en viande maigre | ↘ | = | | = pour A, ↘ pour B et C | ↘ |
| Surface de la longe | ↘ | ↘ | | | |
| Propriétés nutritionnelles de la viande : longe (muscle <i>Longissimus</i>) ou de la bardière (gras dorsal) | | | | | |
| Proportion d'AGS ³ | | | = (longe) | = pour A, ↘ pour B et C (bardière) | |
| Proportion d'AGMI ³ | | ↘ (bardière) | = (longe) | = pour A, ↘ pour B et C (bardière) | |
| Proportion d'AGPI ³ | | ↗ (bardière) | = AGPI totaux (longe) ↗ n-3 (longe) ↘ n-6 / n-3 (longe) | = pour A, ↗ pour B et C (bardière) | |
| Teneur en TBARS ⁴ | | | | = pour A, ↗ pour B et C (longe) | |
| Propriétés organoleptiques de la viande : longe | | | | | |
| Teneur en gras intramusculaire ⁵ | ↗ | ↗ | ↗ | = pour A, ↘ pour B et C | ↘ |
| Couleur | | = luminance ↗ teneur en pigments | = luminance ↘ indice de rouge ↗ intensité de couleur | = luminance et indice de rouge pour A, B et C | = luminance et indice de rouge |
| Force de cisaillement | | = | | | ↗ |
| Évaluation sensorielle (experts) | | | | Tendreté, jutosité = pour A, ↘ pour B et C | = tendreté, goût ↘ jutosité |
| Propriétés technologiques de la viande : longe et/ou jambon | | | | | |
| pH ultime | | ↗ (longe, jambon) | ↘ (longe) | = pour A, B, C (longe) | ↘ (longe) |
| Perte en eau (maturation, cuisson) | | = maturation et cuisson (longe) | = maturation (longe) | = maturation (longe) pour A, B et C | ↗ maturation (longe) |

¹ Agriculture biologique correspondant au cahier des charges européen ou expérimentations portant uniquement sur certaines pratiques de l'AB (ex : composition d'un régime alimentaire bio vs conventionnel).² AA = acides aminés.³ AGS, AGMI, AGPI : acides gras saturés, monoinsaturés et poly-insaturés, respectivement.⁴ TBARS : « Thio-barbituric acid reactive substances », indicateur de la peroxydation des lipides.⁵ Une augmentation de la teneur en gras intramusculaire est favorable pour la texture de la viande (tendreté, jutosité).

naturels (territorialité et interactions agressives), lesquels peuvent être à l'origine d'altérations des nageoires chez le bar et la dorade AB (Di Marco *et al.*, 2017) ou de modifications de la morphologie chez le saumon AB (Lerfall *et al.*, 2016b).

Pour le lait cru de vache, les études comparatives entre lait AB vs AC sur les critères de taux de matières utiles (taux butyreux et protéique) et de concentration en cellules somatiques montrent des valeurs très variables entre études, en fonction des races et des rations utilisées, mais qui ne diffèrent pas en moyenne (Średnicka-Tober *et al.*, 2016a ; Van Wagenberg *et al.*, 2017 ; Brodziac *et al.*, 2021). En comparant des fermes italiennes AB vs AC similaires en termes de structure et de pratiques d'élevage, Manuelian *et al.* (2022) observent des teneurs en protéines totales et en caséines plus faibles dans les laits de tank AB, vraisemblablement en raison de différences de densité énergétique des rations, et une concentration plus élevée de cellules somatiques dans les laits AB.

Pour les œufs, il n'y a pas de différence majeure dans les propriétés commerciales entre AB et AC, mais le nombre d'œufs pondus est plus faible, la mortalité des poules est plus importante et l'indice de conversion de l'aliment plus élevé en AB vs AC (Nys *et al.*, 2018).

■ 2.2. Propriétés nutritionnelles

Les propriétés nutritionnelles des produits animaux, hors procédé d'enrichissement, d'allègement ou dénaturant les nutriments, dépendent de la composition biochimique des tissus animaux. Certaines caractéristiques, comme la teneur et la composition en protéines, le profil en AA, les teneurs en minéraux et en certaines vitamines (non liposolubles) des muscles (donc de la chair-viande), du lait et des œufs varient peu avec les pratiques et conditions d'élevage. En revanche, la teneur en lipides et la nature des acides gras (AG) déposés dans les tissus adipeux et musculaires et dans le jaune d'œuf, ou excrétés dans le lait montrent une grande variabilité, en lien notamment avec l'alimentation des animaux. Cette

partie est donc centrée sur la composition en AG des produits et les nutriments pour lesquels des différences significatives sont observées entre produits issus de l'AB vs AC.

a. Lait de vache

Średnicka-Tober *et al.* (2016a) montrent dans leur méta-analyse regroupant 170 études (principalement réalisées en Europe) un enrichissement du lait cru AB vs AC en AG polyinsaturés (AGPI), notamment en AGPI n-3 (+56 % en moyenne), dont l'acide alpha-linolénique (ALA ; +69 % en moyenne) et les AGPI n-3 à longue chaîne (LC) (+57 % en moyenne). Les proportions d'AG saturés (AGS), d'AG mono-insaturés (AGMI) et d'AGPI n-6 n'étaient pas différentes entre laits AB et AC. Le lait AB présente ainsi de meilleurs index nutritionnels, avec des valeurs plus faibles des rapports AGPI n-6:n-3 (- 71 % en moyenne) et acide linoléique (LA):ALA (- 93 % en moyenne). Sur la base de ces différences, ces auteurs ont calculé que la consommation d'un demi-litre de lait entier couvrait 16 % (39 mg) des recommandations journalières en AGPI n-3 LC si le lait était issu de l'AB vs 11 % (25 mg) si le lait était issu de l'AC. Le lait AB était également plus riche en vitamine E (+13 % en moyenne). Ces résultats sont liés à des différences dans l'alimentation des animaux, avec plus de fourrages à base d'herbe et moins de concentrés et d'ensilage de maïs dans la ration. Ainsi, en France, la part de maïs dans la surface fourragère principale (SFP) des fermes laitières est de 6 % dans les élevages AB alors qu'elle est en moyenne de 36 % (données issues de 8 257 fermes ayant réalisé un diagnostic CAP'2ER®) (Maigret, 2023a, 2023b). La question de savoir comment l'intensification des pratiques d'élevage affecte la qualité du lait AB a été étudiée par Kuschel *et al.* (2015) : le remplacement d'une partie de l'herbe pâturée par de l'ensilage de maïs et d'herbe, et l'augmentation du niveau de concentrés afin d'augmenter le niveau de production laitière par vache dans les exploitations AB, conduit à un « rapprochement » dans la composition en AG des laits AB et AC. Des observations similaires sont rapportées par Manuelian *et al.* (2022), à partir de la comparaison de fermes AB et AC intensives ayant des pratiques d'élevage similaires.

Selon les résultats de Średnicka-Tober *et al.* (2016a), le lait AB est plus riche en fer (Fe ; + 20 % en moyenne) et plus pauvre en iode (I) et sélénium (Se) (- 74 % et - 21 % en moyenne, respectivement). La teneur plus élevée en Fe est considérée comme sans conséquence biologique, car le lait n'est pas une source importante de fer dans l'alimentation humaine. La moindre teneur en I serait due : *i*) à une moindre utilisation de concentrés, *ii*) au fait qu'à l'inverse des concentrés autorisés en AB, les concentrés AC sont classiquement supplémentés en minéraux et *iii*) à une moindre utilisation de produits contenant de l'iode pour la désinfection des trayons. La moindre teneur en Se serait due à un plus faible niveau de complémentation en Se alimentaire. Les auteurs ont calculé que le remplacement d'un demi-litre de lait entier AC par du lait AB réduirait le niveau de couverture des apports quotidiens recommandés de 88 % à 53 % pour I et de 13 % à 11 % pour Se ; ces différences ont peu d'impact car il est facile de compléter ces apports dans l'alimentation humaine. Enfin, les laits AB contiennent plus de phytoœstrogènes potentiellement bénéfiques, comme l'équol ou les lignanes, que les laits AC (Norskov *et al.*, 2019) ; cependant, les différences sont trop faibles pour avoir un réel effet sur la santé des consommateurs.

b. Viandes

Pour les viandes, la méta-analyse de Średnicka-Tober *et al.* (2016b) est la première publiée à ce jour. Elle regroupe les résultats de 67 études comparant les viandes de bovins, de petits ruminants (ovins et caprins), de porcs et de poulets de chair issus d'élevages AB vs AC. Seuls ont été comparés certains groupes d'AG, le nombre de données étant insuffisant pour permettre la comparaison des AG individuels et des teneurs en minéraux, antioxydants et vitamines. Les auteurs ont d'abord regroupé les données de toutes les espèces animales, puis ont analysé les données par espèce, le nombre d'études étant alors beaucoup plus faible.

L'analyse regroupant les viandes de toutes les espèces animales montre une proportion plus élevée d'AGPI (+ 23 % en moyenne) notamment d'AGPI n-3 (+ 47 % en moyenne), et des proportions

plus faibles de C14:0 et C16:0 (– 20 % et – 10 % en moyenne, respectivement) dans les viandes AB. À noter que les animaux AB étaient en moyenne moins gras dans cette méta-analyse, ce qui peut, au moins en partie, être à l'origine de ces résultats. En effet, quand l'état d'engraissement d'un animal diminue, la teneur de sa viande en triglycérides (lipides de stockage, riches en AGS et AGMI) diminue, alors que la teneur en phospholipides (lipides membranaires, riches en AGPI) reste relativement stable (De Smet *et al.*, 2004).

Pour les viandes de ruminants, les raisons avancées pour expliquer ces différences entre AB et AC sont, comme pour le lait de vache, une proportion plus élevée de fourrages dans la ration, notamment d'herbe pâturée. Cependant, les différences de composition en AG entre viandes AB vs AC obtenues dans cette méta-analyse sont nettement moindres que celles observées dans les études comparant la viande de bovins ou d'ovins finis à l'herbe vs avec des rations à base de concentré ou d'ensilage de maïs (Berthelot & Gruffat, 2018 ; Gruffat *et al.*, 2020 ; Clinquart *et al.*, 2022 ; Davis *et al.*, 2022 ; Prache *et al.*, 2022c). Les concentrations en AGPI n-3 totaux et en AGPI n-3 LC (EPA : acide eicosapentaénoïque, DPA : acide docosapentaénoïque et DHA : acide docosahexaénoïque) sont 2,3, 3,1, 2,3 et 2,0 fois plus élevées respectivement, et le rapport AGPI n-6:n-3 est réduit de 72 % dans la viande bovine issue d'animaux finis à l'herbe vs à l'ensilage de maïs. Les auteurs de cette méta-analyse expliquent le plus faible enrichissement des viandes de ruminants en AG d'intérêt et l'hétérogénéité des résultats par la grande variabilité de la composition des rations des animaux (proportion de fourrages, notamment d'herbe pâturée, proportion de légumineuses dans les fourrages, composition des prairies) en élevage AB comme en AC, et ils soulignent la marge importante d'amélioration de la teneur en AG d'intérêt dans les deux modes de production. À noter aussi un risque de variabilité plus importante de ces propriétés nutritionnelles, en lien avec la variabilité des caractéristiques des prairies et de leur gestion.

La viande de poulet de chair AB présente des proportions plus élevées en

Figure 2. Poulets de chair en agriculture biologique sur le site du Magneraud de l'unité expérimentale Systèmes d'élevage avicoles alternatifs (DOI 10.15454/1.5572418326133655E12) du Centre INRAE Nouvelle Aquitaine-Poitiers. (Photo : © INRAE / K. Germain).



AGPI (+ 40 % en moyenne), AGPI n-3 (+ 66 % en moyenne), AGPI n-6 (+ 50 % en moyenne) et acide linoléique (LA) (+ 10 % en moyenne), et plus faibles en AGS (essentiellement C14:0 ; – 65 % en moyenne) et AGMI (– 20 % en moyenne). L'effet, discuté plus haut, de la teneur en lipides de la viande (inférieure de 50 % en AB) sur le profil en AG est particulièrement important dans ce produit. Les élevages AB utilisent en effet des souches à croissance lente qui sont plus actives que les souches à croissance rapide utilisées en élevages AC ; de plus, la densité animale est plus faible en AB et les animaux ont accès à l'extérieur, ce qui favorise leur activité de locomotion, conduisant à un moindre engraissement (Baéza *et al.*, 2022 ; figure 2).

Pour la viande de porc, les résultats varient beaucoup entre études. Średnicka-Tober *et al.* (2016b) observent une plus faible proportion d'AGMI au profit des AGPI (comme Quander-Stoll *et al.*, 2021, sur la bardière ou gras sous-cutané), mais sans pouvoir statuer sur la proportion d'AGPI n-3. D'autres études montrent une proportion inférieure d'AGPI et d'AGPI n-3 associée à une moindre oxydation des lipides (Karwowska & Dolatowski, 2013), ou des proportions similaires d'AGS,

d'AGMI et d'AGPI, mais une proportion plus élevée d'AGPI n-3 et un rapport AGPI n-6:n-3 plus faible dans la viande de porc AB (Álvarez-Rodríguez *et al.*, 2016) (tableau 1).

Contrairement aux ruminants, les données issues d'expériences en conditions contrôlées pour expliquer les résultats observés sur les viandes de monogastriques sont peu nombreuses. Średnicka-Tober *et al.* (2016b) expliquent les différences qu'ils constatent par le fait qu'en AB, les monogastriques doivent bénéficier d'un accès permanent à des fourrages grossiers (porcs) ou parcours enherbés (volailles), ce qui contribue à augmenter la proportion d'AGPI. Ils rappellent aussi que le tourteau de soja AB, devant provenir d'une extraction à froid, est plus riche en lipides que celui issu d'une extraction à chaud, par solvant, classiquement utilisée en AC. Cette matière première apportant essentiellement des AGPI n-6, ceci pourrait expliquer les proportions plus élevées de LA et d'AGPI n-6 dans la viande de poulet de chair AB. À noter que l'apport régulier d'une matière première riche en AGPI n-3 dans l'alimentation des monogastriques permet d'enrichir leur viande en AGPI n-3 de façon maîtrisée et répétable (Baéza *et al.*, 2022 ; Lebret & Čandek-

Potokar, 2022). Sur la base des résultats spécifiques à chaque espèce animale observés dans leur méta-analyse et des consommations de viande dans l'UE, Średnicka-Tober *et al.* (2016b) ont calculé que le remplacement de viandes AC par des viandes AB augmenterait l'apport en AGPI et en AGPI n-3 de 17 % et 22 % respectivement, sans changement du rapport AGPI n-6:AGPI n-3.

c. Œufs

Peu d'études documentent la composition en AG des œufs AB vs AC. Une étude montre que l'accès des poules à un parcours enherbé améliore le profil en AG du jaune d'œuf et sa teneur en antioxydants (Mugnai *et al.*, 2014). Le jaune est plus riche en AGPI n-3, particulièrement en ALA et en DHA, et plus pauvre en AGPI n-6, ce qui se traduit par une valeur moindre du rapport AGPI n-6:n-3 (passant de la gamme 8,6-11,5 à 1,9-3,6 selon les saisons). Le jaune est également plus riche en antioxydants (alpha-tocophérol, flavonoïdes et caroténoïdes). Cet enrichissement du profil en AG d'intérêt dans les œufs AB est cependant faible et peut être inférieur à celui obtenu en faisant varier la composition de l'aliment donné aux poules, indépendamment du système de production (Nys *et al.*, 2018 ; Gautron *et al.*, 2022).

d. Chair de poisson

Chez les poissons d'élevage, la composition en AG des filets reflétant celle de l'aliment, la teneur en AGPI n-3 est souvent plus élevée dans les produits AB puisque le cahier des charges impose une part importante d'ingrédients d'origine marine (farine et huile de poisson) dans l'aliment. Une teneur en AGPI plus élevée de la chair des poissons produits en AB vs AC a ainsi été observée chez le saumon (Lerfall *et al.*, 2016a) et le bar (Trocino *et al.*, 2012). Néanmoins un résultat opposé a été rapporté chez le bar et la dorade (Di Marco *et al.*, 2017), mais dans cette étude l'aliment utilisé en AB était moins riche en AGPI n-3 que celui utilisé en AC.

■ 2.3. Propriétés organoleptiques

Les propriétés organoleptiques des produits animaux les plus étudiées sont

la couleur, l'odeur et la flaveur, la texture et la jutosité.

L'alimentation des ruminants AB comprend une part plus importante de fourrages, notamment pâturés, ce qui conduit à une viande plus sombre (Clinquart *et al.*, 2022 ; Prache *et al.*, 2022c). Pour la viande d'agneau, le risque de défauts d'odeur et de flaveur est plus élevé, à cause d'une augmentation de ses teneurs en scatol et indole, deux composés malodorants (Schreurs *et al.*, 2008 ; Prache *et al.*, 2011, 2022c ; Kocak *et al.*, 2016). Ce risque est amplifié en AB en raison de la finition à l'herbe plus fréquente, de la proportion généralement plus élevée de trèfle blanc dans les prairies, et de l'âge plus élevé des animaux à l'abattage (Prache *et al.*, 2022c). Des études ont donc cherché à tirer avantage du trèfle blanc dans les prairies tout en réduisant ces risques organoleptiques. La complémentation avec des végétaux riches en tanins condensés a permis de réduire les teneurs en scatol et indole de la viande sans diminuer ses propriétés nutritionnelles (Gruffat *et al.*, 2020 ; Prache *et al.*, 2022c). Une finition courte en bergerie a également permis de réduire fortement les teneurs de ces composés malodorants, car ceux-ci ont une persistance courte dans la viande (Eiras *et al.*, 2022). La complémentation avec des céréales au pâturage a en revanche eu des effets variables (Prache *et al.*, 2022c).

Chez les monogastriques, les contraintes du cahier des charges AB sur les matières premières autorisées dans l'alimentation des animaux peuvent affecter les propriétés organoleptiques de la viande (tableau 1). Chez le porc AB, le risque plus élevé d'un apport insuffisant en AA essentiels peut conduire à une augmentation de la teneur en lipides intramusculaires (Sundrum *et al.*, 2011 ; Quander-Stoll *et al.*, 2021), ce qui est favorable à la tendreté et à la jutosité de la viande (Lebret & Čandek-Potokar, 2022). À l'inverse, l'obligation d'inclure des fourrages grossiers dans la ration pendant toute la période de croissance-finition peut induire une baisse de la consommation de concentrés (s'apparentant à une restriction alimentaire), ce qui entraîne une réduction de la teneur en lipides intramusculaires

avec un impact négatif sur la tendreté de la viande (Hansen *et al.*, 2006). Des études ont également montré que, par rapport au porc AC, le porc AB élevé en plein air présente une moindre jutosité associée à un pH ultime inférieur et à des pertes en eau accrues, sans toutefois modifier de manière significative les préférences des consommateurs lors d'un test en aveugle (Jonsall *et al.*, 2002 ; Olsson *et al.*, 2003). Ces quelques exemples montrent que les propriétés organoleptiques de la viande de porc AB dépendent en grande partie des pratiques d'élevage (régime alimentaire et logement) (Lebret & Čandek-Potokar, 2022 ; tableau 1). Comme les poulets de chair AB sont abattus à un âge plus tardif que les poulets AC, leur viande est plus sombre, plus rouge, plus ferme, moins juteuse, et présente une flaveur plus prononcée (voir revue de Baéza *et al.*, 2022).

Pour les produits laitiers, quel que soit le mode de production, AB ou AC, une odeur plus forte du lait et des fromages (notes « animales » plus intenses) est souvent signalée lorsque les vaches sont nourries au pâturage vs avec des fourrages conservés (Manzocchi *et al.*, 2021). Même si le lait AB cru est jugé plus crémeux (Gallina Toschi, 2012), avec des notes d'« herbe » et de « foin » plus prononcées (Bloksma *et al.*, 2008), très peu de différences sont observées entre les produits laitiers AB et AC pour la flaveur, la texture (Schwendel *et al.*, 2015 ; Smigic *et al.*, 2017) et la teneur en composés volatils (Schwendel *et al.*, 2017). Par ailleurs, des consommateurs et des jurys entraînés n'ont pas différencié les yaourts fabriqués avec du lait AB vs AC dans l'étude de Gallina Toschi (2012).

L'utilisation de colorants artificiels étant interdite dans l'alimentation des animaux en AB, les œufs AB peuvent présenter un jaune moins coloré (Nys *et al.*, 2018) ; de même, la couleur du filet de saumon d'élevage AB est modifiée, mais cette différence est fortement atténuée par le processus de salage-fumage (Lerfall *et al.*, 2016a, 2016b).

■ 2.4. Propriétés technologiques et d'usage

Les propriétés technologiques du produit primaire concernent son

Figure 3. Porcs en agriculture biologique à la station Porganic (DOI 10.15454/1.5572415481185847E12) du Centre INRAE Nouvelle Aquitaine-Poitiers. (Photo : © INRAE / S. Ferchaud).



aptitude à la transformation et à la conservation (sensibilité à l'oxydation et au développement microbien). Elles intéressent surtout l'industrie agro-alimentaire, alors que les propriétés d'usage (praticité du produit et facilité à le consommer) intéressent surtout les consommateurs.

Le pouvoir de rétention d'eau d'une viande et son rendement « technologique » lors des procédés de transformation (par exemple la cuisson) varient inversement avec la vitesse et l'amplitude de chute du pH *post-mortem* des muscles. Or, un pH ultime plus faible de la viande (correspondant à une grande amplitude de chute) est souvent constaté en élevage AB avec accès au plein air (aussi bien pour le poulet de chair : Castellini *et al.*, 2002 ; Baéza *et al.*, 2022 ; que le porc : Olsson *et al.*, 2003) et en élevage AB en bâtiment sur litière avec un accès extérieur (Álvarez-Rodríguez *et al.*, 2016 ; figure 3). Ceci pourrait s'expliquer par une augmentation des réserves en glycogène musculaire chez des animaux abattus à un âge plus tardif comme le poulet (Castellini *et al.*, 2002 ; Baéza *et al.*, 2022) ou en réponse à une réduction de la température ambiante chez le porc (Lebret & Čandek-Potokar, 2022). En revanche,

Quander-Stoll *et al.* (2021) ont observé un pH ultime plus élevé dans la longe et le jambon de porcs élevés en bâtiment et nourris avec un régime AB vs AC, et ont associé ces résultats à une réduction du glycogène musculaire résultant d'une teneur en fibres plus élevée dans le régime alimentaire AB. Cela n'a en revanche pas eu d'incidence sur d'autres propriétés technologiques telles que les pertes en eau pendant la maturation et la cuisson (Quander-Stoll *et al.*, 2021).

Les propriétés d'usage des produits AB sont très peu documentées. L'alimentation des ruminants au pâturage (que l'AB promeut) est favorable à la stabilité oxydative de leurs produits, en raison de la présence d'antioxydants dans l'herbe verte (Provenza *et al.*, 2019 ; Gruffat *et al.*, 2020). Cet effet est également observé chez les porcs élevés en systèmes extensifs avec accès à un parcours, que ce soit en système d'élevage AB ou AC (Lebret & Čandek-Potokar, 2022 ; Lebret *et al.*, 2021). Chez les poissons d'élevage, Lerfall *et al.* (2016b) et Di Marco *et al.* (2017) n'ont pas observé de différence en termes de fraîcheur, de durée de conservation et de stabilité de la couleur pendant le stockage, entre les produits issus de systèmes AB vs AC.

■ 2.5. Propriétés sanitaires

Ces propriétés sont mises en avant, à la fois dans la réglementation (l'AB doit privilégier « l'utilisation de procédés qui ne nuisent pas à l'environnement, ni à la santé humaine », règlement (CE) n° 834/2007) et par les consommateurs (Baudry *et al.*, 2017a).

Si le principe même de l'élevage en AB réduit les risques de résidus médicamenteux et d'antibiorésistance (Smith-Spangler *et al.*, 2012 ; Van Loo *et al.*, 2012 ; Van Wagenberg *et al.*, 2017) du fait des usages interdits ou fortement limités, l'accès des animaux à l'extérieur et la durée d'élevage généralement plus longue augmentent la probabilité et la durée d'exposition des animaux aux réservoirs de cet environnement (terre, eaux stagnantes, faune sauvage) pour certains dangers biologiques et aux contaminants chimiques environnementaux éventuels avec, pour ces derniers, le risque de leur bioaccumulation dans les produits (Dervilly-Pinel *et al.*, 2017).

a. Risques biologiques

Pour le lait, la synthèse de Van Wagenberg *et al.* (2017) ne montre pas de différence entre AB et AC, de même que les quelques études portant sur la viande bovine et les œufs. Pour le poulet de chair, la prévalence de contamination par *Campylobacter* est plus élevée pour les viandes AB vs AC, du fait de l'accès des animaux au plein air et de la durée d'élevage augmentée. En revanche, les études sont partagées pour le danger *Salmonella* non typhique : certaines études observent une prévalence plus élevée en AB, d'autres une prévalence plus faible, alors que d'autres ne signalent pas de différence (Van Wagenberg *et al.*, 2017 ; Baéza *et al.*, 2022). Enfin, aucune différence entre les systèmes AC et plein air n'est rapportée sur la prévalence de *L. monocytogenes* (Van Wagenberg *et al.*, 2017). Pour le porc, Van Wagenberg *et al.* (2017) montrent un risque accru de contamination par *L. monocytogenes* en AB. En ce qui concerne les risques parasitaires, l'élevage des porcs en plein air ou leur accès à l'extérieur (AB ou AC) est un facteur de risque important pour la présence

d'helminthes parasites, dont le plus dangereux pour l'homme est *Trichinella* spp. La présence de larves de *Trichinella* spp. sur les carcasses de porcs est donc très contrôlée, en France comme en Europe (tests systématiques sur des pools d'échantillons et tests individuels sur toutes les carcasses de porcs élevés en extérieur sur parcours). Une prévalence supérieure d'autres parasites gastro-intestinaux (*coccidia*, *Ascaris suum*, *Oesophagostomum* spp., *Trichuris suis*) est également observée pour les porcs AB ou en élevage en plein air relativement aux porcs AC (Eijck & Borgsteede, 2005).

b. Risques chimiques

Les niveaux de contaminants chimiques dans les produits animaux ne sont pas liés au système d'élevage *stricto sensu*, mais résultent de quatre phénomènes en interaction : le nombre de voies d'exposition (*via* l'environnement, l'alimentation, les matériaux et surfaces de contact dans les bâtiments), le niveau de contamination de chacune d'elles, la durée d'exposition et le niveau de productivité des animaux.

Une première étude exploratoire (Smith-Spangler *et al.*, 2012) avait montré que la viande de poulet de chair issue de systèmes alternatifs contenait moins de résidus de médicaments et de traces de pesticides que celle issue de systèmes standards. Une étude ultérieure sur un large échantillonnage représentatif de viandes de bovins, de porcs et de poulets issues d'élevages AB et AC en France (Dervilly-Pinel *et al.*, 2017) a montré que tous les échantillons présentaient des taux inférieurs au seuil de détection pour les 121 pesticides et coccidiostatiques analysés ; les antimicrobiens n'avaient été détectés que dans 11 échantillons sur 126, sans différence entre les deux modes de production. En revanche, les échantillons AB contenaient plus de traces de contaminants environnementaux (dioxines, polychlorobiphényles (PCB), hexabromocyclododécane (HBCD), As, Cd et Pb), même si leurs teneurs restaient bien inférieures aux seuils réglementaires. Les raisons avancées étaient une exposition accrue aux contaminants liée à l'obligation d'accès à l'extérieur et une durée d'exposition augmentée par une

durée d'élevage plus longue. Pour ces mêmes raisons, une contamination plus élevée a également été constatée dans les viandes de porc et de volaille Label Rouge (Dervilly-Pinel *et al.*, 2017). Pour les œufs, les contaminants les plus surveillés sont les polluants organiques persistants (POP) dont les polychlorodibenzo-dioxines et -furanes (PCDD/F) et les PCB. En Europe, la plupart des échantillons d'œufs dépassant les seuils réglementaires proviennent d'élevage de particuliers et rarement d'élevages professionnels avec accès à un parcours (Gautron *et al.*, 2022). Néanmoins, les œufs issus de systèmes offrant un accès à l'extérieur présentent en moyenne des niveaux de contamination plus élevés et plus variables que les œufs issus de systèmes en claustration (EFSA, 2012). Si l'accès à un parcours apparaît comme le facteur d'exposition (les teneurs en PCDD/F, PCB, polybromodiphényléther (PBDE) et Pb dans les œufs et dans le sol étant corrélées ; Wageneers *et al.*, 2009), il peut s'ajouter un facteur de sensibilité lié au génotype et au comportement exploratoire de l'animal, ainsi qu'au niveau de productivité (intensité de ponte) qui module la rapidité d'excrétion des polluants *via* les œufs. Quant au lait, trop peu d'études ont comparé les risques chimiques dans le lait AB vs AC (Van Wagenberg *et al.*, 2017) et les études réalisées sur la teneur en mycotoxines divergent (Brodziak *et al.*, 2021), ce qui ne permet pas de conclure.

Il existe très peu d'études scientifiques comparant les niveaux de contaminants dans les poissons AB vs AC, mais les données de l'EFSA (2012), bien qu'obtenues sur de faibles effectifs, ont montré des niveaux plus élevés de contamination par les PCDD/F et par les PCB de type dioxines dans les saumons AB. Pour les salmonidés d'élevage, le cahier des charges AB anticipe l'effet potentiel d'une contamination du milieu en exigeant, lors de la demande d'agrément, des analyses de métaux lourds, cyanures et pesticides dans l'eau. Il y a, par ailleurs, une analyse des pratiques agricoles à risque sur les bassins versants pour les POP et une obligation de qualité des cours d'eau où s'effectue la prise d'eau en rivière. Cependant, il n'existe pas encore de données dans la littérature scientifique qui permettent

d'évaluer l'impact de ces engagements sur la contamination de la chair des poissons. Au-delà de la qualité du milieu, le niveau de contamination de la chair des poissons d'élevage carnivores (comme les salmonidés, le bar et la dorade) par les POP dépend de la composition des aliments distribués. Les farines et huiles de poisson contiennent en effet des niveaux de POP plus élevés que les ingrédients d'origine végétale terrestre. Le risque chimique est donc plus important pour l'aquaculture AB, car le cahier des charges impose une proportion minimale de 40 % de farine de poisson dans l'alimentation de ces poissons carnivores, proportion supérieure à celle actuellement pratiquée dans l'élevage conventionnel, 28 % en moyenne d'après Mente *et al.* (2011), et en diminution constante. Le fait que les polluants s'accumulent tout au long de la chaîne trophique rend plus difficile la maîtrise des risques de contamination des aliments en aquaculture AB, sauf à sélectionner l'origine géographique des farines et huiles de poissons, et éventuellement traiter les huiles. Il faut signaler cependant que la part de plus en plus importante de végétaux terrestres dans l'alimentation des poissons d'élevage AC pourrait faire apparaître de nouveaux risques liés à d'autres polluants tels que les pesticides, les mycotoxines ou les hydrocarbures aromatiques polycycliques.

3. Authentification

Les éleveurs et les consommateurs s'inquiètent de fraudes potentielles dans le système d'élevage-transformation du produit et/ou d'appropriation frauduleuse du signe AB, aussi des travaux visent à authentifier ce mode de production à partir d'analyses réalisées sur le produit lui-même. L'essentiel des méthodes développées se fondent sur les différences de composition chimique des produits et, en conséquence de leurs propriétés optiques, générées par les différences d'alimentation des animaux AB vs AC évoquées précédemment. Les méthodes développées à ce jour sont présentées dans le [tableau 2](#), avec les résultats obtenus, les principes sur lesquels elles se fondent et les points de vigilance à considérer

Tableau 2. Méthodes analytiques pour l'authentification des produits animaux issus de l'agriculture biologique, résultats obtenus, principes sur lesquelles elles se fondent et points de vigilance à considérer.

| Méthode | Produit | Résultats-observations en AB | Raisons sous-jacentes Points de vigilance | Références |
|------------------------------------|-------------------------------------|---|--|--|
| Isotopes stables de l'azote | Viandes bovine et ovine | Viandes souvent moins riches en ¹⁵ N. | Proportion plus élevée de légumineuses dans les fourrages. <i>Variabilité et saisonnalité des pratiques d'alimentation en interaction avec le taux de turnover des tissus. Variabilité des résultats entre études. Le niveau et la nature des engrais peuvent affecter la fiabilité de la discrimination.</i> | Bahar et al. (2008) ; Boner & Forstel (2004) ; Devincenzi et al. (2014) ; Moloney et al. (2018) |
| | Viande de porc | Viande plus riche en ¹⁵ N. Discrimination parfaite AB vs AC en combinant analyse des rapports d'isotopes de N et C. | Différences dans la nature des fertilisants utilisés pour produire les aliments distribués aux animaux. <i>Variabilité dans la nature des ressources alimentaires (dont la proportion de légumineuses et les choix alimentaires des animaux).</i> | Zhao et al. (2016) |
| | Œufs | Œufs produits en plein air plus riches en ¹⁵ N. | Les poules en plein air peuvent ingérer vers et insectes. <i>Variabilité dans le comportement exploratoire de l'animal. Capacité à discriminer les œufs issus de poules en plein air vs œufs AB ?</i> | Rogers (2009) |
| | Chair de poisson | Poissons carnivores sauvages ou issus d'aquaculture AB plus riches en ¹⁵ N. Discrimination des produits de salmonidés (truite et saumon) AB en combinant analyse isotopes de N et C. | Proportion minimum d'ingrédients d'origine animale dans les aliments pour poissons carnivores. | Molkentin et al. (2015) |
| Isotopes stables du carbone | Viandes et laits issus de ruminants | Moindre enrichissement en ¹³ C. | Moindre utilisation du maïs dans l'alimentation des animaux. <i>Capacité à discriminer les produits AB des produits issus de systèmes à faibles intrants ?</i> | Stergiadis et al. (2015) ; Liu et al. (2018) ; Kaffarnik et al. (2014) ; Pustjens et al. (2017) ; Boner & Forstel (2004) ; Bahar et al. (2008) |
| | Viande de porc | Viande plus riche en ¹³ C. Discrimination parfaite AB vs AC en combinant analyse des rapports d'isotopes de N et C. | Accès à l'extérieur. <i>Variabilité dans la nature et la disponibilité des fourrages et dans les choix alimentaires des animaux</i> | Zhao et al. (2016) |
| | Chair de poisson | Poissons carnivores sauvages ou issus d'aquaculture AB plus riches en ¹³ C. Discrimination des produits de salmonidés (truite et saumon) en combinant analyse isotopes de N et C. | Bio-accumulation des isotopes lourds au long de la chaîne trophique pour les espèces carnivores. <i>Biais lié à la variabilité de la teneur en lipides de la chair.</i> | Molkentin et al. (2015) ; Verrez-Bagnis et al. (2018) |
| Composés volatils | Produits laitiers | Discrimination lait de vache AB vs AC à partir de l'analyse combinée des teneurs et profils en composés volatils, AG et pigments caroténoïdes. | Différences dans la composition de la ration. <i>Capacité à discriminer les produits AB des produits issus de systèmes à faibles intrants ?</i> | Stergiadis et al. (2015) ; Liu et al. (2018) ; Kaffarnik et al. (2014) ; Pustjens et al. (2017) |

| Méthode | Produit | Résultats-observations en AB | Raisons sous-jacentes Points de vigilance | Références |
|------------------------------|-------------------|--|---|---|
| Acides gras | Produits laitiers | Discrimination lait de vache AB vs AC à partir de l'analyse combinée des teneurs et profils en AG, pigments caroténoïdes et composés volatils. | Différences dans la composition de la ration. <i>Capacité à discriminer les produits AB des produits issus de systèmes conventionnels à faibles intrants ?</i> | Stergiadis <i>et al.</i> (2015) ; Liu <i>et al.</i> (2018) ; Kaffarnik <i>et al.</i> (2014) ; Pustjens <i>et al.</i> (2017) |
| | Viande de porc | Parfaite discrimination viande AB vs AC. | Différences dans la composition de la ration. <i>Capacité à discriminer les produits AB de produits issus de systèmes conventionnels de plein air extensifs, à faibles intrants ?</i> | Oliveira <i>et al.</i> (2015) |
| | Œufs | 92 % et 87,5 % des œufs AB et AC bien discriminés à partir profil en AG du jaune. | Différences dans la composition de la ration. <i>Risque de non reproductibilité des différences.</i> | Tres <i>et al.</i> (2011) |
| | Chair de poisson | Discrimination poissons AB vs poissons sauvages. | Différences dans la composition de la ration. <i>Différents acides gras doivent être utilisés selon l'espèce.</i> | Molkentin <i>et al.</i> (2015) |
| Pigments caroténoïdes | Produits laitiers | Discrimination lait de vache AB vs AC à partir de l'analyse combinée des teneurs et profils en pigments caroténoïdes, AG et composés volatils. | Proportion plus élevée de fourrages dans la ration, notamment d'herbe pâturée. <i>Capacité à discriminer les produits AB des produits issus de systèmes conventionnels à faibles intrants ?</i> | Stergiadis <i>et al.</i> (2015) ; Liu <i>et al.</i> (2018) ; Kaffarnik <i>et al.</i> (2014) ; Pustjens <i>et al.</i> (2017) |
| | Œufs | Teneur supérieure en lutéine et inférieure en cantaxanthine dans œufs AB vs plein air et cages. Testé à grande échelle. | Interdiction des pigments de synthèse ; les poules en plein air peuvent consommer de l'herbe. <i>Possibilité d'ajout de lutéine ou de fourrages déshydratés dans l'alimentation des animaux.</i> | Van Ruth <i>et al.</i> (2013) |
| | Chair de poisson | Profil isomères libres astaxanthine ne permet pas d'authentifier saumon AB. | Interdiction des pigments de synthèse. <i>Astaxanthine naturelle pour les salmonidés.</i> | Molkentin <i>et al.</i> (2015) |
| Éléments traces | Œufs | Bonne discrimination œufs AB vs AC à partir teneur en 19 éléments traces. | Différences dans la composition de la ration. | Borges <i>et al.</i> (2015) |
| Méthodes spectrales | Œufs | Bonne discrimination œufs issus de 4 modes d'élevage (AB, plein air, volière, cage) avec spectroscopie UV-Vis-NIR extrait lipidique du jaune. | Différences dans la composition du jaune liées à des différences dans la composition de la ration. <i>Risques de non reproductibilité (souche, âge, durée de stockage des œufs et alimentation des poules inconnus).</i> | Puertas & Vazquez (2019) |

du fait de : *i*) la variabilité des pratiques d'alimentation en AB comme en AC, et *ii*) la variabilité interindividuelle dans le comportement alimentaire des animaux et dans la réponse animale, qui créent une variabilité difficile à réduire.

Il faut aussi souligner que la plupart des travaux ont été menés sur un nombre relativement faible d'échantillons.

Les rapports d'isotopes stables de l'azote et du carbone peuvent être

utilisés pour authentifier le lait, la viande de porc et de ruminants, les poissons et les œufs AB, mais les différences mises en évidence entre les produits AB et AC n'ont pas le même déterminisme selon les produits. Pour

les poissons et les œufs, le fractionnement isotopique (enrichissement en isotope lourd de l'organisme consommateur par rapport à sa proie) entraîne une bioaccumulation des isotopes lourds dans la chaîne trophique, à l'origine d'un enrichissement d'autant plus élevé en ^{13}C et ^{15}N dans le produit que l'animal a consommé plus de produits animaux. C'est le cas pour les poissons issus d'aquaculture AB vs AC, du fait des différences dans la composition de leur alimentation (Bell *et al.*, 2007 ; Morrison *et al.*, 2007 ; Serrano *et al.*, 2007 ; Molkentin *et al.*, 2015). C'est aussi le cas pour les œufs de poules élevées en plein air vs en cage (Rogers, 2009) : ils sont plus riches en ^{15}N , à cause d'une ingestion accrue de protéines animales *via* les insectes et les vers. Pour les produits de ruminants, c'est la plus faible utilisation de l'ensilage de maïs dans la ration des animaux AB qui conduit à un moindre enrichissement des produits en ^{13}C (Boner & Forstel, 2004 ; Bahar *et al.*, 2008), tandis que la plus forte proportion de légumineuses dans les fourrages AB peut entraîner un moindre enrichissement des produits en ^{15}N (Devincenzi *et al.*, 2014 ; Moloney *et al.*, 2018). Pour la viande de porc AB, l'enrichissement en ^{15}N résulte des différences dans la nature des fertilisants utilisés pour produire les aliments (les fertilisants organiques sont plus riches en ^{15}N que les fertilisants chimiques), tandis que l'enrichissement en ^{13}C s'explique par l'accès des porcs à l'extérieur, l'herbe et le sol ayant des proportions élevées de ^{13}C (Zhao *et al.*, 2016). Zhao *et al.* (2016) ont ainsi pu discriminer sans erreur les viandes porcines AB vs AC en combinant l'analyse des rapports d'isotopes stables de N et C dans la viande délipidée d'animaux élevés en conditions contrôlées (expérimentation) ou achetée en supermarchés.

Les autres méthodes se basent sur les teneurs et le profil en composés volatils, AG, pigments caroténoïdes et éléments traces. Ainsi, la gestion plus extensive du système fourrager en AB, avec une moindre utilisation d'ensilage (maïs, en particulier) et de concentrés dans la ration de l'animal, entraîne des différences de teneurs et profils en ces différents composés dans le lait, les œufs et les viandes. Ces composés

utilisés seuls ou combinés ont permis de distinguer les produits laitiers AB vs AC dans plusieurs études conduites sur le lait (Kaffarnik *et al.*, 2014 ; Stergiadis *et al.*, 2015 ; Liu *et al.*, 2018) et le beurre (Pustjens *et al.*, 2017).

Pour les œufs, c'est le profil en caroténoïdes du jaune qui a été utilisé pour identifier le mode d'élevage (AB, plein air, cage). Les œufs AB présentaient une teneur supérieure en lutéine et inférieure en cantaxanthine que les œufs issus des deux autres modes d'élevage. Cette méthode a été testée à grande échelle dans l'UE (10 pays, 65 producteurs AB et 29 producteurs AC) et a permis d'authentifier les œufs provenant d'exploitations AB (Van Ruth *et al.*, 2013). Les raisons sous-jacentes sont : *i*) l'interdiction de l'apport de cantaxanthine en élevage AB, et *ii*) l'accès à l'extérieur des poules, lesquelles peuvent alors consommer de l'herbe verte, source de lutéine (Nys *et al.*, 2018). À signaler que la teneur en cantaxanthine est plus intéressante, car la lutéine (ou de l'herbe déshydratée) peut être ajoutée dans les aliments pour poules pondeuses. Le profil en AG du jaune peut également être un traceur d'intérêt : une étude portant sur des élevages de poules pondeuses en AB, plein air ou cage a permis de classer correctement 92 % et 87,5 % des œufs AB et AC à partir du profil en AG du jaune (Tres *et al.*, 2011). Cependant, le mode de production n'étant pas associé à un apport spécifiquement défini en termes de lipides, les différences observées risquent de ne pas être reproductibles et ainsi manquer de genericité. Par ailleurs, Borges *et al.* (2015) ont discriminé les œufs AB vs AC à partir de l'analyse de leur teneur en 19 éléments traces (As, Ba, Ca, Co, Cr, Cu, Eu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, Rb, Se, Tl, V et Zn). Enfin, la spectroscopie UV-Vis-NIR appliquée sur l'extrait lipidique du jaune d'œuf a permis de discriminer quatre modes d'élevage des poules pondeuses : AB, plein air, volière en bâtiment et cage (Puertas & Vazquez, 2019). Les mécanismes sous-jacents sont probablement des différences dans la composition du jaune d'œuf en lien avec le système d'élevage, notamment l'alimentation (profils en AG et en caroténoïdes, teneur en cholesté-

rol). Cependant, les œufs ayant été achetés en supermarché, la souche de la poule, son âge et son alimentation étaient inconnus. Ces résultats, bien que prometteurs, présentent donc certains risques de biais et leur robustesse nécessite d'être testée sur des effectifs plus importants.

Pour la viande de porc, Oliveira *et al.* (2015) ont parfaitement distingué la viande AB vs AC à partir de l'analyse des AG, ces résultats s'expliquant par la forte corrélation entre la composition de la ration et le profil en AG des tissus chez les monogastriques (Lebret & Čandek-Potokar, 2022). Pour la viande de poulet, en revanche, les études n'ont pas permis de définir une méthodologie fiable d'authentification du mode de production AB (Tres *et al.*, 2014). Pour la chair de poissons également, l'analyse de son profil en AG a permis de discriminer les poissons AB des poissons sauvages, les AG d'intérêt étant différents pour le saumon et pour la truite (Molkentin *et al.*, 2015). En revanche, l'analyse du profil des isomères libres de l'astaxanthine naturelle n'a pas permis d'authentifier le saumon AB, probablement en raison des nombreuses sources potentielles de ce pigment (par exemple, astaxanthine issue de carapaces de crustacés ou synthétisée par la levure *Phaffia*) (Molkentin *et al.*, 2015).

Ces méthodes, s'appuyant surtout sur des différences dans le régime alimentaire plutôt que sur le mode de production en soi, se révèlent beaucoup moins fiables lorsque les conditions d'alimentation sont proches entre systèmes AB et AC (Stergiadis *et al.*, 2015 ; Schwendel *et al.*, 2017). Par ailleurs, à terme, l'utilisation de marqueurs à des fins d'authentification devra tenir compte de tous les facteurs de confusion potentiels, en veillant à constituer une banque d'échantillons les plus représentatifs et recueillir suffisamment de données. Enfin, comme la variabilité des pratiques d'élevage en AB peut alimenter les doutes sur la façon dont les animaux sont élevés, il est nécessaire de privilégier les approches qui visent spécifiquement à authentifier les pratiques d'élevage, par exemple l'alimentation à l'herbe chez les ruminants (Prache *et al.*, 2020).

4. Discussion sur la qualité des produits animaux issus d'élevages AB vs AC

■ 4.1. Des antagonismes parfois observés entre les dimensions de la qualité

Pour certains produits, l'AB a des effets positifs sur certaines dimensions de la qualité mais négatifs sur d'autres, ce qui amène de nouvelles questions. Les viandes d'agneau et de porc en sont une bonne illustration. L'élevage à l'herbe de l'agneau est promu en AB, ce qui est favorable aux propriétés nutritionnelles et d'image de sa viande, mais peut être défavorable à ses propriétés commerciales (risque d'état d'engraissement insuffisant) et organoleptiques (viande plus sombre, risque d'odeurs et de saveurs indésirables). L'AB peut amplifier ces antagonismes, en raison de la proportion souvent plus élevée de trèfle blanc dans les prairies AB (tableau 3). Faut-il former/sensibiliser les consommateurs à mieux accepter ces caractéristiques organoleptiques, notamment dans les régions où les agneaux sont le plus souvent élevés en bergerie, donc présentent peu de saveur ?

En élevage de porcs AB, il peut être difficile d'équilibrer les rations des animaux par rapport à leurs besoins nutritionnels (en particulier en AA), ce qui peut entraîner une augmentation de l'adiposité, donc une moindre valeur commerciale des carcasses, mais à l'inverse améliorer les propriétés organoleptiques de la viande. Par ailleurs, le plein air, surtout en hiver, peut altérer les propriétés technologiques de la viande (pH ultime plus faible), mais améliorer ses propriétés nutritionnelles en augmentant les concentrations d'AGPI n-3 (Lebret & Čandek-Potokar, 2022 ; tableau 1). Faut-il alors rechercher des races ou des génotypes qui ne sont pas sélectionnés pour l'efficacité de croissance et la teneur en viande maigre et qui ont des besoins moindres en AA essentiels, telles que les races locales (Čandek-Potokar *et al.*, 2019) ? Cependant, le coût de production globalement plus élevé des races locales (croissance et efficacité alimentaire plus

Tableau 3. Effets de l'élevage en agriculture biologique sur la qualité de la carcasse et de la viande des agneaux d'herbe.

| Dimensions de la qualité | Effet : positif (+) ; négatif (-) | Explication |
|--------------------------|---|--|
| Nutritionnelles | (+) Teneurs plus élevées en AGPI n-3 ¹ et valeur plus faible du rapport AGPI n-6/AGPI n-3 (Bauchart <i>et al.</i> , 2012 ; Kocak <i>et al.</i> , 2016 ; Šrednicka-Tober <i>et al.</i> , 2016b) | Les légumineuses (dont la proportion est souvent plus élevée dans les prairies) sont plus riches en lipides et subissent une moindre bio-hydrogénation ruminale que les graminées. (Lourenço <i>et al.</i> , 2007) |
| Commerciales | (-) Risque accru de moindre fermeté du gras de couverture (Prache <i>et al.</i> , 2011) | Rapport AGPI/AGS ¹ plus élevé dans le gras de couverture en lien avec une proportion plus importante des légumineuses dans les prairies. (Lourenço <i>et al.</i> , 2007) |
| Organoleptiques | (-) Risque accru de défauts d'odeur et de saveur ² (Prache <i>et al.</i> , 2011 ; Kocak <i>et al.</i> , 2016) | Teneurs plus élevées en scatol et indole dans la viande, en lien avec plus de trèfle blanc dans les prairies. (Schreurs <i>et al.</i> , 2008) |

¹ AGS, AGPI : acides gras saturés et poly-insaturés, respectivement.

² Dépend des habitudes alimentaires/culturelles, avec de fortes variations selon les pays ; cependant, une forte saveur de la viande d'agneau n'est généralement pas souhaitée en Europe (Prache *et al.*, 2022c).

faibles), leur adiposité supérieure, mais aussi leurs propriétés organoleptiques généralement élevées nécessiteraient une valorisation (par la nature des produits et leurs prix) différente de celle des viandes AB issues de races sélectionnées pour couvrir les coûts de production supérieurs.

■ 4.2. Une plus grande variabilité dans la qualité des produits AB

De manière générale, la qualité des produits animaux AB est plus variable que celle des produits AC (Petracci *et al.*, 2017 ; Prache *et al.*, 2022b). Pour la viande de poulet de chair, la littérature montre une variabilité accrue des propriétés commerciales, technologiques et organoleptiques de la qualité en AB (Petracci *et al.*, 2017). Les souches de poulets utilisées en AB ayant fait l'objet d'une moindre sélection, les populations sont plus variables en termes de croissance et de rendement en viande. *A contrario*, les défauts de qualité et les myopathies constatés dans les systèmes standards utilisant des souches à

croissance rapide sélectionnées pour le rendement en filet, ne sont pas observés en AB (Baéza *et al.*, 2022). Pour le porc, c'est la variabilité des conditions d'élevage (type d'habitat : température ambiante, activité physique, niveau de couverture des besoins alimentaires...) inhérente aux systèmes alternatifs, qui entraîne une plus grande variabilité des performances des animaux et des propriétés commerciales, organoleptiques, technologiques et nutritionnelles de la viande (Lebret & Čandek-Potokar, 2022) (tableau 1). Une plus grande variabilité de la qualité a également été observée pour les œufs AB, en lien avec une moindre maîtrise du niveau de couverture des besoins nutritionnels des poules (10 % à 15 % de l'alimentation étant issue du parcours ; Prache *et al.*, 2022b). Pour les ruminants, c'est la moindre utilisation d'intrants (aliments concentrés, médicaments vétérinaires), des pratiques d'élevage plus herbagères et donc un régime des animaux plus soumis aux variations saisonnières (Chassaing *et al.*, 2016), ainsi que la variabilité des performances animales inhérente aux systèmes herbagers

(Prache *et al.*, 2022b, 2022c) qui accroissent la variabilité de la qualité des produits.

Peu d'études se sont cependant intéressées aux conséquences de cette plus grande variabilité. Quelles conséquences pour les consommateurs ? Comment adapter les procédés de transformation ? Les réponses ne sont pas uniques ; elles dépendent du type de produit, du contexte d'achat (lieu, circuit court/long, occasion) et du type de consommateurs. Par ailleurs, les consommateurs ne recherchent pas forcément des produits AB de qualité uniforme, au moins pour les produits non transformés ; ce sont surtout les circuits dominants qui recherchent une qualité homogène, car elle permet une transformation et une commercialisation plus aisées. Mais dans les circuits « alternatifs » (circuits courts, AMAP...), ces critères peuvent avoir moins d'importance. Voire, cette plus grande variabilité ne pourrait-elle pas constituer un atout pour différencier les produits au sein du mode de production AB, comme c'est parfois le cas pour d'autres SIQO ? Ainsi, certaines filières porcines locales considèrent la variabilité des ressources alimentaires disponibles en élevage extensif selon la saison d'élevage, et son impact sur les propriétés nutritionnelles et organoleptiques de la viande, comme un atout qu'elles peuvent valoriser pour diversifier leurs produits au sein d'une AOP (Lebret *et al.*, 2021). Là encore, ne faudrait-il pas éduquer/sensibiliser les consommateurs à la possible saisonnalité de la qualité des produits ?

■ 4.3. Consommation de produits AB et santé humaine

Agir sur sa santé étant une des motivations d'achat des produits AB, nous nous sommes intéressés à la question de savoir si les produits animaux issus de l'AB étaient plus « sains »/bénéfiques pour la santé des consommateurs. Les études scientifiques sur l'effet de la consommation d'aliments AB sur la santé humaine sont cependant encore trop peu nombreuses pour permettre des conclusions robustes. Des études comparant « grands » vs

« petits » consommateurs d'aliments AB ont montré un risque plus faible de diabète (Sun *et al.*, 2018 ; Kesse-Guyot *et al.*, 2020), de syndrome métabolique (Baudry *et al.*, 2017b), d'obésité (Kesse-Guyot *et al.*, 2017) et de cancer (Baudry *et al.*, 2018a), avec des profils d'AG dans le sang bénéfiques (Baudry *et al.*, 2018b). À signaler que, dans ces études, la diversité des participants associée à la grande taille de l'échantillon permet d'estimer les effets toutes choses égales par ailleurs, c'est-à-dire en contrôlant les autres facteurs de confusion possibles (activité physique, niveau d'éducation, catégorie socioprofessionnelle...).

Conclusion

Une conclusion importante de cette synthèse est la grande hétérogénéité des résultats des études comparant la qualité des produits animaux AB vs AC. Cette hétérogénéité est due à la diversité des pratiques et conditions d'élevage dans les deux modes de production. Beaucoup d'études exacerbent les différences en comparant des produits issus de systèmes AB « extensifs » à ceux issus de systèmes conventionnels « intensifs », alors que la réalité est plus complexe. De plus, les différences de qualité entre produits AB et AC sont susceptibles d'évoluer si l'AB se « conventionnalise » en intensifiant ses pratiques et/ou si l'agriculture conventionnelle « verdit » les siennes. Nous avons essayé de surmonter cette difficulté et de gagner en généralité en identifiant les pratiques d'élevage qui sous-tendent les différences observées. Nous soulignons le besoin de disposer de plus de données pour tous les produits animaux (notamment les œufs, les poissons, le lait de petits ruminants, ainsi que les produits transformés). Par ailleurs, cette variabilité dans les pratiques d'élevage peut entraîner des interrogations des consommateurs quant aux conditions de production des produits AB et rend difficile l'authentification du mode de production AB à partir de l'analyse du produit. Une façon de répondre à ces interrogations pourrait être d'informer sur les pratiques d'élevage *via* l'étiquette

ou l'authentification (« produit à l'herbe » comme c'est le cas pour certaines mentions valorisantes de produits issus de ruminants).

Un autre constat commun à la plupart des produits animaux est la plus grande variabilité de qualité des produits AB vs AC. Les raisons sont *i*) une moindre sélection (poulet de chair), *ii*) une moindre utilisation d'intrants (aliments concentrés, vitamines et AA de synthèse, médicaments) pour les ruminants et les monogastriques, *iii*) une plus grande variabilité saisonnière de la ration des ruminants, *iv*) une plus grande variabilité des performances des ruminants, inhérente aux systèmes herbagers, et *v*) une plus grande variabilité dans les conditions et pratiques d'élevage (habitat, conditions climatiques, nature des ressources alimentaires...) pour les porcs et les poissons. Cependant, la littérature scientifique n'aborde pas les implications de cette plus grande variabilité sur l'acceptabilité des produits AB par les consommateurs ou sur l'adaptation des procédés de transformation.

Pour l'avenir, la croissance de la consommation de produits AB, même si elle marque actuellement le pas, interroge les possibles conditions du changement d'échelle de leur production et de leur transformation. Cette croissance entraînera-t-elle une intensification des pratiques d'élevage pour augmenter la productivité par animal ou par hectare, avec des répercussions sur la qualité des produits ? Ou à l'inverse, le risque sera-t-il contenu parce que les consommateurs de produits AB végétalisent leur régime (Baudry *et al.*, 2019) ? Cette synthèse apporte un éclairage sur les conséquences des trajectoires possibles de l'AB, si son cahier des charges est assoupli ou, au contraire, renforcé quant aux engagements relatifs aux pratiques d'élevage qui impactent les différentes dimensions de qualité des produits.

Remerciements

Cyril Feidt, co-auteur de la version anglaise de ce travail de synthèse, n'avait pas souhaité participer à cette version

française qui nécessitait une actualisation de la bibliographie. Il est décédé récemment. Ses collègues auteurs de l'article lui rendent hommage et le garderont dans leur mémoire.

Nous remercions la Direction de l'Expertise scientifique collective, de la Prospective et des Études (DEPE) de INRAE, qui a coordonné l'expertise scientifique collective sur la qualité des

aliments d'origine animale selon les conditions de production et de transformation, à la demande (et avec le financement) du ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation et de FranceAgriMer.

Références

- Agence Bio (2021). *L'agriculture Bio dans l'Union Européenne – Edition 2021*. Les carnets internationaux de l'agence bio. https://www.agencebio.org/wp-content/uploads/2022/01/Carnet_UE-2021.pdf
- Agence Bio (2022a). *Les chiffres 2021 du secteur bio*. Dossier de presse. https://www.agencebio.org/wp-content/uploads/2022/07/DP_LAGENCE-BIO-26-07_22.pdf
- Agence Bio (2022b). *Baromètre de consommation et perception des produits biologiques en France*. Agence Bio / Consumer Science & Analytics, étude n° 2100912. https://www.agencebio.org/wp-content/uploads/2022/03/Barometre-de-consommation-et-de-perception-des-produits-bio-Edition-2022_VF.pdf
- Álvarez-Rodríguez, J., Mata, D. V., Cubiló, D., Babot, D., & Tör, M. (2016). Organic practices and gender are effective strategies to provide healthy pork loin. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(3), 608-617. [https://doi.org/10.1016/s2095-3119\(15\)61172-8](https://doi.org/10.1016/s2095-3119(15)61172-8)
- Argemí-Armengol, I., Villalba, D., Ripoll, G., & Álvarez-Rodríguez, J. (2019). Genetic but not lean grade impact on growth, carcass traits and pork quality under organic husbandry. *Livestock Science*, 227, 75-81. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.07.001>
- Baéza, E., Guillier, L., & Petracci, M. (2022). Review: Production factors affecting poultry carcass and meat quality attributes. *Animal*, 16(1), 100331. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100331>
- Bahar, B., Schmidt, O., Moloney, A.P., Scrimgeour, C.M., Begley, I.S., & Monahan, F.J. (2008). Seasonal variation in the C, N and S stable isotope composition of retail organic and conventional Irish beef. *Food Chemistry*, 106, 1299-1305. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.07.053>
- Bauchart, D., Oueslati, K., Thomas, A., Ballet, J., & Prache, S. (2012). *Un mode de conduite biologique et un niveau élevé d'herbe améliorent la qualité nutritionnelle des acides gras de la viande chez l'agneau engraisé au pâturage*. Journées Scientifiques sur le Muscle et les Technologies de la Viande, 14, 3-24. http://www.jsmtv.org/pdf/archives/ACTES_14e_JSMTV.pdf
- Baudry, J., Péneau, S., Allès, B., Touvier, M., Hercberg, S., Galan, P., ... Kesse-Guyot, E. (2017a). Food choices motives when purchasing in organic and conventional consumer clusters: focus on sustainable concerns (The NutriNet Cohort Study). *Nutrients*, 9(2), 88. <https://doi.org/10.3390/nu9020088>
- Baudry, J., Lelong, H., Adriouch, S., Julia, C., Allès, B., Hercberg, S., ... Kesse-Guyot, E. (2017b). Association between organic food consumption and metabolic syndrome: cross-sectional results from the NutriNet-Santé study. *European Journal of Nutrition*, 57, 2477-2488. <https://doi.org/10.1007/s00394-017-1520-1>
- Baudry, J., Assmann, K.E., Touvier, M., Allès, B., Seconda, L., Latino-Martel, P., ... Kesse-Guyot, E. (2018a). Association of frequency of organic food consumption with cancer risk: findings from the nutrinet-santé prospective cohort study. *JAMA Internal Medicine*, 178(12), 1597-1606. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2018.4357>
- Baudry, J., Ducros, V., Druésne-Pecollo, N., Galan, P., Hercberg, S., Debrauwer, L., ... Kesse-Guyot, E. (2018b). Some differences in nutritional biomarkers are detected between consumers and nonconsumers of organic foods: findings from the BioNutriNet project. *Current Developments in Nutrition*, 3(3), nzy090. <https://doi.org/10.1093/cdn/nzy090>
- Baudry, J., Pointereau, P., Seconda, L., Vidal, R., Taupier-Letage, B., Langevin, B., ... Kesse-Guyot, E. (2019). Improvement of diet sustainability with increased level of organic food in the diet: findings from the BioNutriNet cohort. *American Journal of Clinical Nutrition*, 109, 1173-1188. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqy361>
- Bell, J.G., Preston, T., Henderson, R.J., Strachan, F., Bron, J.E., Cooper, K., & Douglas, J.M. (2007). Discrimination of wild and cultured European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) using chemical and isotopic analyses. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(15), 5934-5941. <https://doi.org/10.1021/jf0704561>
- Benbrook, C.M., Davis, D.R., Heins, B.J., Latif, M.A., Leifert, C., Petermen, L., ... Baranski, M. (2018). Enhancing the fatty acid profile of milk through forage-based rations, with nutrition modelling of diet outcomes. *Food Science & Nutrition*, 6, 681-700. <https://doi.org/10.1002/fsn3.610>
- Berthelot, V., & Gruffat, D. (2018). Composition en acides gras des muscles. In P. Nozière, D. Sauvant & L. Delaby (dir.), *Alimentation des ruminants* (pp. 227-236). Versailles : Éditions Quæ.
- Bloksma, J., Adriaansen-Tennekes, R., Huber, M., de Vijver, L., Baars, T., & de Wit, J. (2008). Comparison of organic and conventional raw milk quality in the Netherlands. *Biological Agriculture & Horticulture*, 26(1), 69-83. <https://doi.org/10.1080/01448765.2008.9755070>
- Boner, M., & Forstel, H. (2004). Stable isotope variation as a tool to trace the authenticity of beef. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 378(2), 301-310. <https://doi.org/10.1007/s00216-003-2347-6>
- Borges, E.M., Volmer, D.A., Gallimberti, M., de Souza, D.F., de Souza, E.L., & Barbosa, F. (2015). Evaluation of macro- and microelement levels for verifying the authenticity of organic eggs by using chemometric techniques. *Analytical Methods*, 7(6), 2577-2584. <https://doi.org/10.1039/C4AY02986K>
- Brodziak, A., Wajs, J., Zuba-Ciszewska, M., Krol, J., & Stobiecka, M. (2021). Organic versus conventional raw cow milk as material for processing. *Animals*, 11(10), 2760. <http://dx.doi.org/10.3390/ani11102760>
- Čandek-Potokar, M., Batorek-Lukač, N., Tomazin, U., Skrlep, M., & Nieto, R. (2019). Analytical Review of Productive Performance of Local Pig Breeds. In M. Čandek-Potokar & R. Nieto (Eds), *European Local Pig Breeds – Diversity and Performance. A study of project TREASURE* (pp. 281-303). IntechOpen, London, UK. <https://doi.org/10.5772/intechopen.84214>
- Carbonara, P., Alfonso, S., Gai, F., Gasco, L., Palmegiano, G., Spedicato, M.T., Zupa, W., & Lembo, G. (2020). Moderate stocking density does not influence the behavioural and physiological responses of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in organic aquaculture. *Aquaculture Research*, 51(7), 3007-3016. <https://doi.org/10.1111/are.14640>
- Castellini, C., Mugnai, C., & Dal Bosco, A. (2002). Effect of organic production system on broiler carcass and meat quality. *Meat Science*, 60(3), 219-225. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00124-3](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00124-3)
- Chassaing, C., Sibra, C., Verbic, J., Harstad, O.M., Golecky, J., Martin, B., ... Agabriel, C. (2016). Mineral, vitamin A and fat composition of bulk milk related to European production conditions throughout the year. *Dairy Science and Technology*, 96(5), 715-733. <https://doi.org/10.1007/s13594-016-0300-7>
- Clinquart, A., Elies-Oury, M.P., Hocquette, J.F., Guillier, L., Santé-Lhoutellier, V., & Prache, S. (2022). Review: On-farm and processing factors affecting carcass and meat quality. *Animal*, 16, 100426. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100426>
- Commission européenne (2021). Communication de la Commission au Parlement européen, au conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions concernant un plan d'action en faveur du développement de la production biologique. Com/2021/141 final, Bruxelles, 25/3/2021. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52021DC0141>
- Davis, H., Chatzidimitriou, E., Leifert, C., & Butler, G. (2020). Evidence that forage-fed cows can enhance milk quality. *Sustainability*, 12, 3688. <https://doi.org/10.3390/su12093688>

- Davis, H., Magistrali, A., Butler, G., & Stergiadis, S. (2022). Nutritional benefits from fatty acids in organic and grass-fed beef. *Foods*, 11(5), 646. <https://doi.org/10.3390/foods11050646>
- Dervilly-Pinel, G., Guerin, T., Minvielle, B., Travel, A., Normand, J., Bourin, M., ... Engel, E. (2017). Micropollutants and chemical residues in organic and conventional meat. *Food Chemistry*, 232, 218-228. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.013>
- De Smet, S., Raes, K., & Demeyer, D. (2004). Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. *Animal Research*, 53(2), 81-98. <https://doi.org/10.1051/animres:2004003>
- Devincenzi, T., Delfosse, O., Andueza, D., Nabinger, C., & Prache, S. (2014). Dose-dependent response of nitrogen stable isotope ratio to proportion of legume in diet to authenticate lamb produced from legume-rich diets. *Food Chemistry*, 152, 456-461. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.164>
- Di Marco, P., Petochi, T., Marino, G., Priori, A., Finoia, M.G., Tomassetti, P., ... Poli, B.M. (2017). Insights into organic farming of European sea bass *Dicentrarchus labrax* and gilthead sea bream *Sparus aurata* through the assessment of environmental impact, growth performance, fish welfare and product quality. *Aquaculture*, 471, 92-105. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.01.012>
- EFSA (2012). Update of the monitoring of levels of dioxins and PCBs in food and feed. *EFSA Journal*, 10(7), 2832. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2832>
- Eiras, C.E., Prunier A., Méteau K., do Prado, I.N., & Prache, S. (2022). Is a short concentrate-finishing period in lambs raised on alfalfa pasture effective at reducing fat indoles contents and lightening meat colour? *Animal*, 16(8), 100610. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100610>
- Eijck, I.A.J.M., & Borgsteede, F.H.M. (2005). A survey of gastrointestinal pig parasites on free-range, organic and conventional pig farms in The Netherlands. *Veterinary Research Communications*, 29(5), 407-414. <https://doi.org/10.1007/s11259-005-1201-z>
- Gallina Toschi, T., Bendini, A., Barbieri, S., Valli, E., Cezanne, M.L., Bucheker, K., & Canavari, M. (2012). Organic and conventional nonflavored yogurts from the Italian market: study on sensory profiles and consumer acceptability. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(14), 2788-2795. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5666>
- Gautier, P., & Le Doaré, C. (2022). *Que trouve-t-on au menu des vaches laitières Françaises ?* Observatoire de l'alimentation des vaches laitières françaises. <https://www.eliance.fr/documents/39>
- Gautron, J., Dombre, C., Nau, F., Feidt, C., & Guillier, L. (2022). Review: Production factors affecting the quality of chicken table eggs and egg products in Europe. *Animal*, 16, 100425. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100425>
- Gruffat, D., Durand, D., Rivaroli, D., Prado, I.N., & Prache, S. (2020). Comparison of muscle fatty acid composition and lipid stability in lambs stall-fed or pasture-fed alfalfa with or without sainfoin pellet supplementation. *Animal*, 14(5), 1093-1101. <https://doi.org/10.1017/S1751731119002507>
- Hansen, L.L., Claudi-Magnussen, C., Jensen, S.K., & Andersen, H.J. (2006). Effect of organic pig production systems on performance and meat quality. *Meat Science*, 74(4), 605-615. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.02.014>
- Jonsall, A., Johansson, L., Lunstrom, K., Andersson, K.H., Nilsen, A.N., & Risvik, E. (2002). Effects of genotype and rearing system on sensory characteristics and preference for pork (*M-Longissimus dorsi*). *Food Quality and Preference*, 13(2), 73-80. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(01\)00060-X](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(01)00060-X)
- Kaffarnik, S., Schroder, M., Lehnert, K., Baars, T., & Vetter, W. (2014). Delta C-13 values and phytanic acid diastereomer ratios: combined evaluation of two markers suggested for authentication of organic milk and dairy products. *European Food Research & Technology*, 238, 819-827. <https://doi.org/10.1007/s00217-014-2158-3>
- Karwowska, M., & Dolatowski, Z.J. (2013). Comparison of lipid and protein oxidation, total iron content and fatty acid profile of conventional and organic pork. *International Journal of Food Science & Technology*, 48, 2200-2206. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12205>
- Kesse-Guyot, E., Baudry, J., Assmann, K.E., Galan, P., Hercberg, S., & Lairon, D. (2017). Prospective association between consumption frequency of organic food and body weight change, risk of overweight or obesity: results from the Nutrinet-Santé Study. *British Journal Nutrition*, 117(2), 325-334. <https://doi.org/10.1017/S0007114517000058>
- Kesse-Guyot, E., Rebouillat, P., Payrastré, L., Allès, B., Fezeu, L.K., Druésne-Pecollo, N., ... Baudry, J. (2020). Prospective association between organic food consumption and the risk of type 2 diabetes: findings from the Nutrinet-Santé cohort study. *International Journal of Behavioural Nutrition and Physical Activity*, 17(1), 136. <https://doi.org/10.1186/s12966-020-01038-y>
- Kocak, O., Ekiz, B., Yalcintan, H., Yakan, A., & Yilmaz, A. (2016). Carcass and meat quality of organic lambs compared with lambs reared under traditional and intensive production systems. *Animal Production Science*, 56(1), 38-47. <https://doi.org/10.1071/AN13555>
- Kusche, D., Kuhnt, K., Ruebesam, K., Rohrer, C., Nierop, A.F.M., Jahreis, G., & Baars, T. (2015). Fatty acid profiles and antioxidants of organic and conventional milk from low- and high-input systems during outdoor period. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 95(3), 529-539. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6768>
- Lebret, B., & Čandek-Potokar, M. (2022). Review: Pork quality attributes from farm to fork. Part I. Carcass and fresh meat. *Animal*, 16, 100402. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100402>
- Lebret, B., Lenoir, H., Fonseca, A., Riquet, J., & Mercat, M.J. (2021). Finishing season and feeding resources influence the quality of products from extensive-system Gascon pigs. Part 2: Muscle traits and sensory quality of dry-cured ham. *Animal*, 15(8), 100305. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100305>
- Lerfall, J., Bendikson, E.A., Olsen, J.V., Morrice, D., & Osterlie, M. (2016a). A comparative study of organic-versus conventional farmed Atlantic salmon. I. Pigment and lipid content and composition, and carotenoid stability in ice-stored fillets. *Aquaculture*, 451, 170-177. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.09.013>
- Lerfall, J., Bendikson, E.A., Olsen, J.V., Morrice, D., & Osterlie, M. (2016b). A comparative study of organic-versus conventional farmed Atlantic salmon. II. Fillet color, carotenoid and fatty acid composition as affected by dry salting, cold smoking and storage. *Aquaculture*, 451, 369-376. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.10.004>
- Liu, J., Ellies-Oury, M.P., Pannier, L., Gruffat, D., Durand, D., Noel, F., ... Hocquette, J.F. (2022). Carcass characteristics and beef quality of grass-fed Angus x Salers young bovine. *Foods*, 11(16), 2493. <https://doi.org/10.3390/foods11162493>
- Liu, N.J., Koot, A., Hettinga, K., De Jong, J., & van Ruth, S.M. (2018). Portraying and tracing the impact of different production systems on the volatile organic compound composition of milk by PTR-(Quad)MS and PTR-(ToF)MS. *Food Chemistry*, 239, 201-207. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.099>
- Lourenco, M., Van Ranst, G., De Smet, S., Raes, K., & Fievez, V. (2007). Effect of grazing pastures with different botanical composition by lambs on rumen fatty acid metabolism and fatty acid pattern of *longissimus* muscle and subcutaneous fat. *Animal*, 1(4), 537-545. <https://doi.org/10.1017/S17517311070703531>
- Maigret, C. (2023a). *Résultats CAP'2ER® : Système France. Années 2013 à 2021*. <https://idele.fr/detail-article/fiches-references-systemes-cap2err-edition-2023>
- Maigret, C. (2023b). *Résultats CAP'2ER® : Système Agriculture Biologique. Années 2013 à 2021*. <https://idele.fr/detail-article/fiches-references-systemes-cap2err-edition-2023>
- Manuelian, C.L., Vigolo, V., Burbi, S., Righi, F., Simoni, M., & De Marchi, M. (2022). Detailed comparison between organic and conventional milk from Holstein-Friesian dairy herds in Italy. *Journal of Dairy Science*, 105(7), 5561-5572. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2021-21465>
- Manzocchi, E., Martin, B., Bord, C., Verdier-Metz, I., Bouchon, M., De Marchi, M., ... Coppa, M. (2021). Feeding cows with hay, silage, or fresh herbage on pasture or indoors affects sensory properties and chemical composition of milk and cheese. *Journal of Dairy Science*, 104(5), 5285-5302. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19738>
- Martin, B., Graulet, B., Uijtewaal, A., Ferlay, A., Coppa, M., & Rémond, D. (2019). Contribution des produits laitiers aux apports nutritionnels selon la nature des fourrages distribués aux vaches laitières. *Fourrages*, 239, 193-202. <https://afpf-asso.fr/revue/les-benefices-varies-de-l-elevage-a-l-herbe-2e-partie?a=2216>

- Mente, E., Karalazos, V., Karapanagiotidis, I.T., & Pita, C. (2011). Nutrition in organic aquaculture: an inquiry and a discourse. *Aquaculture Nutrition*, 17(4), e798-e817. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2010.00846.x>
- Molkentin, J., Lehman, I., Ostermeyer, U., & Rehbein, H. (2015). Traceability of organic fish -Authenticating the production origin of salmonids by chemical and isotopic analyses. *Food Control*, 53, 55-66. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.01.003>
- Moloney, A.P., O'Riordan, E.G., Schmidt, O., & Monahan, F.J. (2018). The fatty acid profile and stable isotope ratios of C and N of muscle from cattle that grazed grass or grass/clover pastures before slaughter and their discriminatory potential. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 57(1), 84-94. <https://doi.org/10.1515/ijaf-2018-0009>
- Morrison, J., Preston, T., Bron, J.E., Henderson, R.J., Cooper, K., Strachan, F., & Bell, J.G. (2007). Authenticating production origin of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) by chemical and isotopic fingerprinting. *Lipids*, 42, 537-545. <https://doi.org/10.1007/s11745-007-3055-3>
- Mugnai, C., Sossidou, E.N., Dal Bosco, A., Ruggeri, S., Mattioli, S., & Castellini, C. (2014). The effects of husbandry system on the grass intake and egg nutritive characteristics of laying hens. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(3), 459-467. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6269>
- Norskov, N.P., Givens, I., Purup, S., & Stergiadis, S. (2019). Concentrations of phytoestrogens in conventional, organic and free-range retail milk in England. *Food Chemistry*, 295, 1-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.081>
- Nys, Y., Jondreville, C., Chemaly, M., & Roudault, B. (2018). Qualités des œufs de consommation. In V. Berthelot (dir.), *Alimentation des animaux et qualité de leurs produits* (pp. 315-338). Paris : Éditions Lavoisier Tec & Doc.
- Oliveira, G.B., Alewijn, M., Boerrigter-Eenling, R., & Van Ruth, S.M. (2015). Compositional signatures of conventional, free range, and organic pork meat using fingerprint techniques. *Foods*, 4(3), 359-375. <https://doi.org/10.3390/foods4030359>
- Olsson, V., Andersson, K., Hansson, I., & Lunström, K. (2003). Differences in meat quality between organically and conventionally produced pigs. *Meat Science*, 64(3), 287-297. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00200-0](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00200-0)
- Petracci, M., Soglia, F., & Berri, C. (2017). Muscle metabolism and meat quality abnormalities. In M. Petracci & C. Berri (dir.), *Poultry Quality Evaluation* (pp. 51-75). Duxford: Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100763-1.00003-9>
- Prache, S., Ballet, J., Jailler, R., Meteau, K., Picard, B., Renner, M., & Bauchart, D. (2009). Comparaison des qualités de la viande et de la carcasse d'agneaux produits en élevage biologique ou conventionnel. *Innovations Agronomiques*, 4, 289-296. <https://hal.inrae.fr/hal-02659290>
- Prache, S., Gatellier, P., Thomas, A., Picard, B., & Bauchart, D. (2011). Comparison of meat and carcass quality in organically reared and conventionally reared pasture-fed lambs. *Animal*, 5(12), 2001-2009. <https://doi.org/10.1017/S1751731111001030>
- Prache, S., Martin, B., & Coppa, M. (2020). Review: Authentication of grass-fed meat and dairy products from cattle and sheep. *Animal*, 14(4), 854-863. <https://doi.org/10.1017/S1751731119002568>
- Prache, S., Lebre, B., Baéza, E., Martin, B., Gautron, J., Feidt, C., ... Sans, P. (2022a). Review: Quality and authentication of organic animal products in Europe. *Animal*, 16(1), 100405. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100405>
- Prache, S., Adamiec, C., Astruc, T., Baéza-Campane, E., Bouillot, P.E., Clinquart, A., ... Santé-Lhoutellier, V. (2022b). Review: Quality of animal-source foods. *Animal*, 16(1), 100376. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100376>
- Prache, S., Schreurs, N., & Guillier, L. (2022c). Review: European sheep carcass and meat quality. *Animal*, 16(1), 100330. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100330>
- Prache, S., Adamiec, C., Astruc, T., Baéza-Campane, E., Bouillot, P.E., Clinquart, A., ... Santé-Lhoutellier, V. (2023a). La qualité des aliments d'origine animale : enseignements d'une expertise scientifique collective. *INRAE Productions Animales*, 36(1), 7480. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2023.36.1.7480>
- Prache, S., Vazeille, K., Chaya, W., Sepchat, B., Note, P., Sallé, G., Veyset, P., & Benoit, M. (2023b). Combining beef cattle and sheep in an organic system. I. Co-benefits for promoting the production of grass-fed meat and strengthening self-sufficiency. *Animal*, 17(4), 100758. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100758>
- Provenza, F.D., Kronberg, S.L., & Gregorini, P. (2019). Is grassfed meat and dairy better for human and environmental health? *Frontiers in Nutrition*, 6(26). <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00026>
- Puertas, G., & Vazquez, M. (2019). Fraud detection in hen housing system declared on the eggs' label: An accuracy method based on UV-VIS-NIR spectroscopy and chemometrics. *Food Chemistry*, 288, 8-14. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.02.106>
- Pustjens, A.M., Boerrigter-Eenling, R., Koot, A.H., Rozijn, M., & van Ruth, S.M. (2017). Characterization of retail conventional, organic, and grass full-fat butters by their fat contents, free fatty acid contents, and triglyceride and fatty acid profiling. *Foods*, 6(4), 26. <https://doi.org/10.3390/foods6040026>
- Quander-Stoll, N., Früh, B., Bautze, D., Zollitsch, W., Leiber, F., & Scheeder, M.R.L. (2021). Sire-feed interactions for fattening performance and meat quality traits in growing-finishing pigs under a conventional and an organic feeding regimen. *Meat Science*, 179, 108555. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108555>
- Rogers, K.M. (2009). Stable isotopes as a tool to differentiate eggs laid by caged, barn, free range, and organic hens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(10), 4236-4242. <https://doi.org/10.1021/jf803760s>
- Schreurs, N.M., Lane, G.A., Tavendale, M.H., Barry, T.N., & McNabb, W.C. (2008). Pastoral flavour in meat products from ruminants fed fresh forages and its amelioration by forage condensed tannins. *Animal Feed Science and Technology*, 146(3-4), 193-221. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2008.03.002>
- Schwendel, B.H., Wester, T.J., Morel, P.C.H., Tavendale, M.H., Deadman, C., Shadbolt, N.M., & Otter, D.E. (2015). Invited review: organic and conventionally produced milk-An evaluation of factors influencing milk composition. *Journal of Dairy Science*, 98(2), 721-746. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8389>
- Schwendel, B.H., Wester, T.J., Morel, P.C.H., Fong, B., Tavendale, M.H., Deadman, C., Shadbolt, N.M., & Otter, D.E. (2017). Pasture feeding conventional cows remove differences between organic and conventionally produced milk. *Food Chemistry*, 229, 805-813. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.104>
- Serrano, R., Blanes, M.A., & Orero, L. (2007). Stable isotope determination in wild and farmed gilthead sea bream (*Sparus aurata*) tissues from the western Mediterranean. *Chemosphere*, 69(7), 1075-1080. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.04.034>
- Smigic, N., Djelic, I., Tomasevic, I., Stanisic, N., Nedeljkovic, A., Lukovic, V., & Miocinovic, J. (2017). Organic and conventional milk –insight on potential differences. *British Food Journal*, 119(2), 366-376. <https://doi.org/10.1108/BJFJ-06-2016-0237>
- Smith-Spangler, C., Brandeau, M.L., Hunter, G.E., Bavinger, J.C., Pearson, M., Eschbach, P.J., ... Bravata, D.M. (2012). Are organic foods safer or healthier than conventional alternatives? A systematic review. *Annals of Internal Medicine*, 157(5), 348-366. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-157-5-201209040-00007>
- Srednicka-Tober, D., Baranski, M., Seal, C.J., Sanderson, R., Benbrook, C., Steinshamn, H., ... Leifert, C. (2016a). Higher PUFA and n-3 PUFA, conjugated linoleic acid, alpha-tocopherol and iron, but lower iodine and selenium concentrations in organic milk: a systematic literature review and meta- and redundancy analyses. *British Journal of Nutrition*, 115(6), 1043-1060. <https://doi.org/10.1017/S0007114516000349>
- Srednicka-Tober, D., Baranski, M., Seal, C., Sanderson, R., Benbrook, C., Steinshamn, H., ... Leifert, C. (2016b). Composition differences between organic and conventional meat: a systematic literature review and meta-analysis. *British Journal of Nutrition*, 115(6), 994-1011. <https://doi.org/10.1017/S0007114515005073>
- Stergiadis, S., Leifert, C., Seal, C.J., Eyre, M.D., Larsen, M.K., Slots, T., Nielsen, J.H., & Butler, G. (2015). A 2-year study on milk quality from three pasture-based dairy systems of contrasting production intensities in Wales. *The Journal of Agricultural Science*, 153(4), 708-731. <https://doi.org/10.1017/S0021859614000963>
- Sun, Y., Liu, B., Du, Y., Snetselaar, L.G., Sun, Q., Hu, F.B., & Bao, W. (2018). Inverse association between organic food purchase and diabetes mellitus in US adults. *Nutrients*, 10(12), 1877. <https://doi.org/10.3390/nu10121877>

- Sundrum, A., Aragon, A., Schulze-Langenhors, C., Butfering, L., Henning, M., & Stalljohann, G. (2011). Effects of feeding strategies, genotypes, sex, and birth weight on carcass and meat quality traits under organic pig production conditions. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*, 58(3-4), 163-172. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2011.09.006>
- Tres, A., O'Neill, R., & van Ruth, S.M. (2011). Fingerprinting of fatty acid composition for the verification of the identity of organic eggs. *Lipid Technology*, 23(2), 40-42. <https://doi.org/10.1002/lite.201100084>
- Tres, A., Boatella, J., Codony, R., & Guardiola, F. (2014). Organic chicken authentication: state-of-the-art and future perspectives. In M. Munoz-Torrero, M. Vazquez-Carrera, J. Estelrich (Eds.), *Recent Advances in Pharmaceutical Sciences IV* (pp. 99-117). Kerala: Research Signpost Ed.
- Trocino, A., Xiccato, G., Majolini, D., Tazzoli, M., Bertotto, D., Pascoli, F., & Palazzi, R. (2012). Assessing the quality of organic and conventional-farmed European sea bass (*Dichentrarchus labrax*). *Food Chemistry*, 131(2), 427-433. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.08.082>
- Van Loo, E.J., Alali, W., & Rieke, S.C. (2012). Food safety and organic meats. *Annual Review of Food Science and Technology*, 3(1), 203-225. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-022811-101158>
- Van Ruth, S.M., Koot, A.H., Brouwer, S.E., Boivin, N., Carcea, M., Zerva, C.N., ... Rom, S. (2013). Eggspection: organic egg authentication method challenged with produce from ten different countries. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 5(1), 7-14. <https://doi.org/10.3920/QAS2012.0114>
- Van Wagenberg, C.P.A., de Haas, Y., Hogeveen, H., van Krimpen, M.M., Meuwissen, M.P.M., van Middelaar, C.E., & Rodenburg, T.B. (2017). Animal board invited review: Comparing conventional and organic livestock production systems on different aspects of sustainability. *Animal*, 11(10), 1839-1851. <https://doi.org/10.1017/S175173111700115X>
- Verrez-Bagnis, V., Sotelo, C.G., Mendes, R., Silva, H., Kappel, K., & Schröder, U. (2018). Methods for seafood authenticity testing in Europe. In J.M. Merillon & K.G. Ramawat (Eds.), *Bioactive Molecules in Food – Reference Series in Phytochemistry* (pp. 1-55). Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-54528-8_69-1
- Waegeneers, N., Hoenig, M., Goeyens, L., & Temmerman, L. (2009). Trace elements in home-produced eggs in Belgium: levels and spatiotemporal distribution. *Science of the Total Environment*, 407(15), 4397-4402. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.10.031>
- Zhao, Y., Yang, S.M., & Wang, D.H. (2016). Stable carbon and nitrogen isotopes as a potential tool to differentiate pork from organic and conventional systems. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(11), 3950-3955. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7567>

Résumé

Cette synthèse fait le point des connaissances sur les différentes dimensions de la qualité des produits issus d'élevages en agriculture biologique (AB) vs conventionnelle et sur les méthodes développées pour les authentifier. Les pratiques d'élevage étant variables, en AB comme en agriculture conventionnelle (AC), les résultats sont hétérogènes. Nous soulignons les pratiques à l'origine des différences observées, ce qui permet d'éclairer les conséquences des possibles trajectoires de l'agriculture biologique. De manière générale, la qualité est plus variable pour les produits AB, en lien avec un moindre niveau d'intrants et/ou une plus grande variabilité des conditions d'élevage, ainsi qu'une moindre sélection génétique pour le poulet de chair. Les propriétés améliorées sont la teneur en acides gras polyinsaturés, notamment oméga 3, plus élevée pour le lait de vache et les viandes AB, une réduction du risque de résidus de médicaments et d'apparition de résistances bactériennes aux antimicrobiens. Mais l'accès au plein air et la période d'élevage souvent plus longue augmentent la probabilité et la durée d'exposition des animaux aux éventuels contaminants environnementaux et le risque de leur bioaccumulation dans les produits. Nous identifions des antagonismes entre différentes dimensions de la qualité, notamment pour les viandes ovine et porcine. Les implications de la plus grande variabilité de la qualité des produits AB sur leur acceptabilité par les consommateurs et l'adaptation des procédés de transformation restent peu étudiées. La fiabilité des méthodes d'authentification se heurte à la variabilité des pratiques d'élevage, car elles se fondent sur les différences dans l'alimentation des animaux.

Abstract

Quality and authentication of organic vs conventional animal products

This article reviews the current state of knowledge on the quality of organic animal products and on the methods developed so far to authenticate their organic origin. As farming practices vary in both organic and conventional farming, the results are heterogeneous. We pinpoint the farming practices underlying the differences observed to shed light on the consequences of possible trajectories for organic farming. In general, quality attributes are more variable for organic products, linked to a lower level of inputs and/or greater variability in farming conditions, and a lower genetic selection for broilers. Improved quality attributes include a higher content of polyunsaturated fatty acids (PUFA), particularly n-3 PUFA, in organic meat and cow's milk, and reduced risk of drug residues and bacterial resistance to antimicrobials. But both outdoor access and a frequently longer rearing period increase the probability and duration of animal exposure to potential environmental contaminants and the risk of their bioaccumulation in animal products. We identified antagonisms between quality attributes for lamb and pork. The implications of greater variability in product quality for consumers' acceptability and the adaptation of manufacturing processes remain largely unexplored. The reliability of authentication methods is hampered by the variability in farming practices, since they are based on differences in animal diet.

PRACHE, S., LEBRET, B., BAÉZA, É., MARTIN, B., GAUTRON, J., MÉDALE, F., ... SANS, P. (2024). Qualité et authentification des produits animaux issus de l'agriculture biologique vs conventionnelle. Dans : F. Médale, S. Penvern & N. Bareille (Coord.), *Numéro spécial : L'élevage biologique : conditions et potentiel de développement*, INRAE Productions Animales, 37(2), 8264. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2024.37.2.8264>



Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fr>

La citation comme l'utilisation de tout ou partie du contenu de cet article doit obligatoirement mentionner les auteurs, l'année de publication, le titre, le nom de la revue, le volume, les pages et le DOI en respectant les informations figurant ci-dessus.