



itab

L'Institut de l'agriculture
et de l'alimentation biologiques

Irc

Septembre 2022

NOTE DE SYNTHÈSE

PRODUITS BIO ET SANTÉ

FOCUS AGROALIMENTAIRE

Les clefs pour la Maison de la BIO

Les consommateurs réguliers de produits bio ont des comportements alimentaires en moyenne plus favorables à une bonne santé (assiette moyenne plus végétale, plus équilibrée au niveau nutritionnel, et contenant moins d'aliments ultra-transformés).

L'exposition aux pesticides est très fortement réduite dans le cadre d'une alimentation bio. Or cette exposition est associée à de nombreuses pathologies de l'adulte et de l'enfant. Les résidus dans les produits bio, quand il y en a, sont presque systématiquement en-dessous des limites de quantification. Le régime moyen des personnes consommant une forte proportion de produits bio est en général plus végétal, et les produits transformés y sont moins présents. Les régimes plus végétaux sont reconnus pour exposer davantage aux résidus de pesticides, ce qui a d'ailleurs donné lieu à une évolution récente des recommandations du PNNS (version 4). Cette évolution constitue une première au niveau mondial : elle préconise de recourir si possible à des produits biologiques pour limiter l'exposition aux résidus de pesticides. Les consommateurs de produits bio échappent effectivement à cette surexposition aux pesticides malgré une alimentation en moyenne plus végétale, comme le montrent les travaux de Nutrinet-Santé, sur la base des analyses biologiques conduites. C'est un point de santé publique important, dans la mesure où une vaste étude récente de l'université de Harvard menée sur 160 000 personnes suggère que l'exposition aux résidus de pesticides par voie alimentaire peut annuler les effets bénéfiques de la consommation de fruits et légumes sur la mortalité. Bien que ces résultats ne soient pas strictement transposables à l'Europe, les pratiques culturelles étant différentes et certains produits, toujours utilisés outre-Atlantique, ayant été interdits sur le Vieux Continent, ils posent néanmoins la question de santé publique essentielle, dans un contexte d'incitation à la végétalisation des assiettes.

Par ailleurs, les produits bio sont nutritionnellement plus intéressants avec plus d'antioxydants dans les fruits et légumes du fait du mode de production, mais ce sont aussi des produits globalement moins transformés.

Des pratiques d'élevage qui favorisent la prévention via notamment les conditions d'élevage (accès au plein air, nourriture et conditions adaptées à la physiologie des animaux...), et un cahier des charges qui limite l'utilisation des antibiotiques, contribuent à freiner l'antibiorésistance avec des effets directs sur la santé globale (One Health).

Des effets sur la santé de la consommation de produits bio en lieu et place des mêmes produits non bio sont objectivables (risques de maladies métaboliques, cardiovasculaires, lymphomes, cancers du sein), sans lien de causalité clairement établis à ce jour. Toutefois, ces résultats ont amené les pouvoirs publics à favoriser les produits bio dans le nouveau programme nutrition santé national, ce qui constitue un signal fort.

Table des matières

Note de synthèse Produits bio et santé Focus AGROALIMENTAIRE	1
Table des matières	2
1. Les comportements alimentaires plus sains des consommateurs de produits bio	3
2. Des produits bio nutritionnellement plus intéressants.....	3
Plus de composés favorables	3
Moins de composés nocifs.....	4
Des produits bio globalement moins transformés.....	5
3. Une agriculture bio sans pesticides de synthèse, contribuant positivement à la santé globale (One Health)	5
L'ensemble de la population française contaminée par les pesticides notamment via l'alimentation	5
Des résidus de pesticides généralement négligeables dans les aliments bio	5
Incidence des résidus de pesticides sur la santé	6
Santé des agriculteurs	7
L'alimentation, voie principale d'exposition aux pesticides : les pouvoirs publics préconisent de privilégier les produits végétaux bio.....	8
4. L'antibio-résistance, un enjeu de santé humaine majeur.....	8
L'utilisation des antibiotiques en bio	9
Bio et antibiorésistance	9
5. Même en l'absence de liens de causalité clairement établis, les aliments bio limitent la survenue de nombreuses affections.....	10
Facteurs explicatifs évoqués mais restant à investiguer.....	10
6. L'agriculture bio : une solution à la crise environnementale ?.....	10
7. Références	11

1. Les comportements alimentaires plus sains des consommateurs de produits bio

NutriNet-Santé (EREN, Univ Paris 13).

La cohorte nationale NutriNet-Santé a été lancée en 2009 pour étudier les relations entre mode de vie, alimentation et santé. Elle est constituée d'adultes volontaires (plus de 170 000 aujourd'hui) dont la moitié a plus de 45 ans qui renseignent à minima tous les ans des questionnaires alimentaires, santé, activité physique et socio-démographiques, complétés de questionnaires complémentaires, de prélèvements de sang et d'urines auprès de 20 000 des sujets.

L'étude est coordonnée par l'Equipe de Recherche en Epidémiologie Nutritionnelle ou EREN (consortium INRAE, INSERM, Faculté de médecine, Université Sorbonne Paris Nord et Université de Paris). Plus de 20 publications scientifiques issues de cette équipe, publiées entre 2013 et 2020, soulignent les effets bénéfiques de la consommation de produits bio.

NutriNet-Santé a permis de montrer que les consommateurs réguliers de produits bio ont une alimentation nettement plus végétale, beaucoup moins animale (produits laitiers et viandes et charcuteries). Celle-ci est **en meilleure adéquation avec les recommandations nutritionnelles (score « respect PNNS ») avec des apports en nutriments supérieurs** (supérieurs d'au moins 20 % pour les acides gras poly insaturés dont oméga-3, vitamines C, E, B9, B, minéraux fer et magnésium et fibres) [3,31]. Ces tendances sont aussi observées dans d'autres pays comme l'Allemagne [20].

Ces comportements ont un impact direct sur la santé. En effet, la viande rouge et notamment de la charcuterie doivent être (très) limitées car elles sont considérées, par le CIRC-OMS, comme cancérogènes possible et probable respectivement, pour l'Homme [10]. Il convient toutefois de noter que des études procédant à une analyse différenciée des qualités nutritionnelles selon le mode d'élevage et de finition des viandes identifient des profils nutritionnels plus favorables pour les viandes extensives et herbagères pour ce qui concerne les ruminants.

2. Des produits bio nutritionnellement plus intéressants

Pour un même produit brut, le profil nutritionnel des produits bio est sensiblement identique à celui des produits non bio avec quelques exceptions à la règle. Nutritionnellement, les produits bio se distinguent principalement par leur niveau de transformation et les additifs et auxiliaires autorisés.

Plus de composés favorables

Les fruits et légumes bio ont une teneur en antioxydants significativement supérieure à leurs homologues conventionnels [2,35]. Parmi ces nutriments les composés phénoliques qui comprennent les flavonoïdes (flavones (+26% par rapport aux produits non bio), flavonones (+69%), flavonols (+50%), anthocyanes (+51%), les acides phénoliques (+19 %), stilbènes (+28%) ont des teneurs remarquablement plus élevées par rapport à celles rencontrées dans les produits non bio, en **lien avec des pratiques agronomiques frugales en fertilisation azotée**. Ces substances ont été associées à une réduction des risques de maladies chroniques, y compris les maladies cardio-vasculaires, les maladies neurodégénératives- et certains cancers y compris dans des études épidémiologiques.

Des produits laitiers et des viandes de ruminants avec une teneur en acides gras oméga 3 légèrement supérieure en bio du fait de la place de l'herbe dans les rations des ruminants (et aussi d'autres plantes comme le trèfle) au détriment des concentrés à base de céréales, soja [55]. **Pour la viande ce constat peut être étendu à l'ensemble des acides gras polyinsaturés** [54]. Cependant, il convient de nuancer la possibilité d'un apport accru d'acide gras polyinsaturés par la viande et le lait bio ces **produits contribuant peu aux apports globaux de ces acides gras** [35].

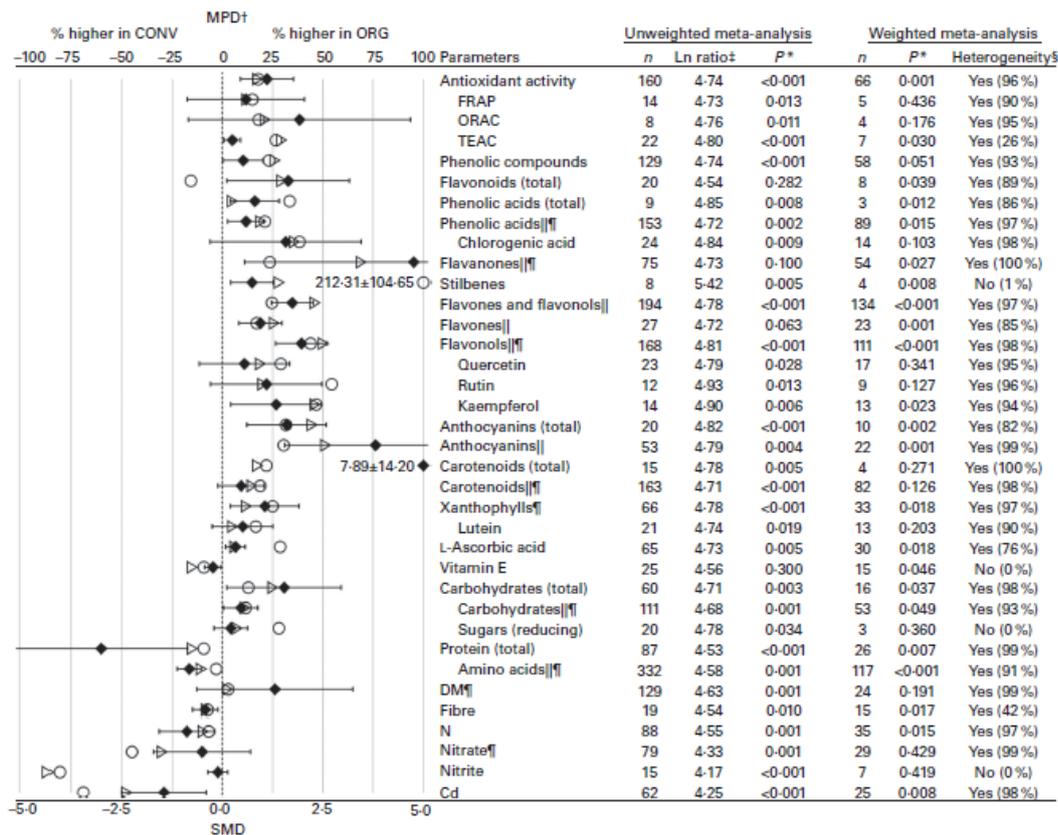


Fig. 3. Results of the standard unweighted and weighted meta-analyses for antioxidant activity, plant secondary metabolites with antioxidant activity, macronutrients, nitrogen compounds and cadmium (data reported for all crops and crop-based foods included in the same analysis). MPD, mean percentage difference; CONV, conventional food samples; ORG, organic food samples; n, number of data points included in the meta-analyses; FRAP, ferric reducing antioxidant potential; ORAC, oxygen radical absorbance capacity; TEAC, Trolox equivalent antioxidant capacity; SMD, standardised mean difference. Values are standardised mean differences, with 95% confidence intervals represented by horizontal bars. *P value <0.05 indicates a significant difference between ORG and CONV. † Numerical values for MPD and standard errors are given in Table S9 (available online). ‡ Ln ratio = $\ln(\text{ORG}/\text{CONV} \times 100\%)$. § Heterogeneity and the I^2 statistic. || Data reported for different compounds within the same chemical group were included in the same meta-analyses. † Outlying data points (where the MPD between ORG and CONV was more than fifty times greater than the mean value including the outliers) were removed. ○, MPD calculated using data included in the standard unweighted meta-analysis; ▷, MPD calculated using data included in the standard weighted meta-analysis; ◆, SMD.

Figure 1. Différence entre produits bio et non bio de l'activité antioxydante, métabolites secondaires des plantes avec des activités métaboliques, macronutriments, composés azotés et cadmium pour tout produit. (D'après méta-analyse [2])

Moins de composés nocifs

Les produits bio se distinguent de façon plus nette sur les composés et résidus qu'ils ne contiennent pas ou de façon bien inférieure aux produits de l'agriculture conventionnelle, notamment certains métaux, les pesticides de synthèse (traités dans une section dédiée) [47].

Les produits bio ont une teneur en cadmium quatre fois plus faible que leurs homologues conventionnels, particulièrement les produits issus de céréales et probablement pour les pommes de terre qui tendent à l'accumuler. Cette teneur est **à relier avec la fertilisation phosphatée minérale**, autorisée sous certaines formes en bio à des doses globalement inférieures aux pratiques conventionnelles [2,35]. In fine, cette moindre fertilisation limite le niveau de contamination général de l'environnement en cadmium.

Les **mycotoxines** sont des substances toxiques importantes au niveau des grains de céréales. Elles sont associées à des risques allergiques et d'impact sur le système immunitaire importants. **Le déoxynivalénole (DON)**, une des principales toxines des céréales produites par les *Fusarium*, est présente dans les céréales. Le niveau de contamination moyen est tel que pour les enfants de l'Union européenne, la DJA est dépassée. Or il semble que **les céréales bio sont moins contaminées** [35]. Des équilibres entre communautés microbiennes, l'alternance dans les rotations avec des cultures non céréalières et la moindre disponibilité de l'azote minéral font partie des hypothèses explicatives des avantages de l'AB en la matière. Cet effet positif n'est pas observé pour d'autres mycotoxines comme l'ochratoxine A (OTA). Globalement, les productions bio ne semblent pas plus exposées aux mycotoxines, qu'il s'agisse de céréales ou de fruits ou de produits animaux [12,23,35]. Des études plus larges permettraient d'écarter de façon plus robuste ce risque pour toutes les productions bio, la variabilité des résultats demeurant assez forte notamment en fonction des conditions climatiques. [12,34].

Aux États-Unis, les produits bio permettent par ailleurs d'éviter une exposition aux hormones de synthèse autorisées comme facteur de croissance en élevage non bio [58].

Des produits bio globalement moins transformés

Les aliments ultra-transformés (i.e. avec de nombreux ingrédients, des additifs, avec des matrices altérées et des processus industriels très dénaturants qui affectent la composition des aliments et la disponibilité de leurs constituants), généralement de faible qualité nutritionnelle, représentent en France, selon les consommateurs, entre 25 et 50 % de aliments consommés. La consommation de ces produits est associée à un risque accru de maladies cardio-vasculaires et de cancers [56,59].

Or le cahier des charges bio européen limite les additifs, les auxiliaires technologiques¹, et favorise dans ses principes les procédés de transformation respectueux des matières premières et de la santé, mais sans règles d'application publiées à date. D'ailleurs, une revue de l'UFC-Que Choisir² évalue les additifs alimentaires : 329 additifs sont autorisés, dont 55 en bio. Parmi ces additifs autorisés en bio, 3 sont considérés comme étant à éviter, et 2 comme peu recommandables ; contre respectivement 23 et 73 parmi la totalité des additifs autorisés au global sur le marché. Le cadre bio est encore plus restrictif en Suisse, où le Bourgeon bannit par exemple les procédés d'extrusion. Cet encadrement se vérifie dans les assortiments de produits bio chez les détaillants qui sont moins transformés, et ce de façon plus nette encore dans les magasins spécialisés bio [17,18].

Or la prise d'aliments ultra-transformés est associée avec un risque accru de cancers en général (+10 %) et notamment de cancer du sein, de maladies cardio-vasculaires, de maladies chroniques liées à l'alimentation dont l'obésité, syndrome métabolique [33,37,42,56,59]. Le Nutri-score ne reflète malheureusement pas le degré de transformation des aliments et leur impact sur la santé. D'autres indicateurs peuvent constituer de ce point de vue des repères utiles.

3. Une agriculture bio sans pesticides de synthèse, contribuant positivement à la santé globale (One Health)

L'ensemble de la population française contaminée par les pesticides notamment via l'alimentation

En 2013, l'Institut de Veille Sanitaire (devenu la Haute Autorité de Santé) indique dans un rapport [26] que tous les adultes français (cohorte de 400 individus) ont dans leur sang ou urine 22 des 23 résidus de pesticides recherchés parmi les 3 familles organochlorés, organophosphorés et pyréthrinoïdes de synthèse. Les cohortes PELAGIE [15] et ELFE [8,25,41] montrent que pratiquement toutes les femmes enceintes sont contaminées par au moins un résidu de pesticide. Deux tiers de ces pesticides sont des perturbateurs endocriniens, et *ipso facto* exposent *in utero* les enfants à naître. Le glyphosate, herbicide à large spectre le plus utilisé à l'échelle mondiale, est présent dans la plupart des produits alimentaires. Il est ainsi excrété dans les urines de la population avec des résidus plus importants chez les hommes et les enfants [24].

Des résidus de pesticides généralement négligeables dans les aliments bio

Pas de parapluie chimique en bio et des contrôles garantissant le respect de la règle

Les principes de l'agriculture biologique reposent sur les services écosystémiques autant que possible ainsi que sur des interventions mécaniques voire thermiques. L'utilisation de pesticides est strictement encadrée (liste positive définie dans la loi³ qui exclut les pesticides chimiques de synthèse⁴) et elle est vérifiée à tous les stades des filières via des contrôles. Cette règle est la mieux connue du consommateur.

¹ liste positive de 52 additifs et auxiliaires autorisés vs 600 dans la réglementation générale définie dans l'annexe VIII A et B du RCE 889/2008 [61]

² <https://www.quechoisir.org/comparatif-additifs-alimentaires-n56877/>

³ R(UE) 2018/848 Annexe II Partie I 1.10 et R(UE) 2021/1165 Annexe I [60,62]

⁴ NDLR au sens phytosanitaires/à l'exclusion des biocides : NB l'EFSA rapporte des niveaux de contamination des produits animaux bio supérieurs du fait de la pollution environnementale qui peut être exacerbée par des durées de vie plus longues, les accès extérieurs mais aussi l'utilisation des biocides pour la désinfection...

La réglementation bio ne prévoit pas de seuils spécifiques de déclassement des produits bio au-delà de teneurs en pesticides, si ce n'est les seuils s'appliquant dans la réglementation générale (LMR pour Limites Maximales de Résidus). L'adoption de seuils de déclassement sera débattue en 2026. Néanmoins, il est communément admis que les seuils d'investigation sont ceux en vigueur pour la nourriture infantile (0.010 mg/kg ou ppm). Certains pays de l'UE appliquent néanmoins des seuils plus stricts pour l'AB, comme la Belgique ou, par exemple, en dehors de l'UE, les Etats-Unis (tolérance jusqu'à 5 % des LMR de l'USDA).

Des contaminations aux pesticides des produits bio très largement en dessous des niveaux de quantification, tous produits confondus, avec des substances généralement moins préoccupantes.

L'encadrement très strict des substances utilisables en bio et les contrôles à la fois documentaires et via des prélèvements pour analyse impliquent des plans de contrôle renforcés, spécialement pour les produits importés ou à risque de contamination. Malgré cette vigilance statistiquement accrue, car basée sur une analyse de risque, les niveaux de résidus sont en dessous de ceux retrouvés en agriculture conventionnelle, généralement non quantifiables selon l'EFSA [19] (conclusions concordantes avec les rapports de la DGCCRF en France). Par ailleurs, presque aucun produit bio ne présente de résidus supérieurs aux maxima réglementaires, et quand cela se produit les niveaux de contamination sont généralement plus faibles (voir Figure 2). Les molécules quantifiées sont autorisées en bio ou présentes naturellement (composés du cuivre, spinosad, bromure et dithiocarbamates), sauf contamination environnementale par des polluants organiques persistants.

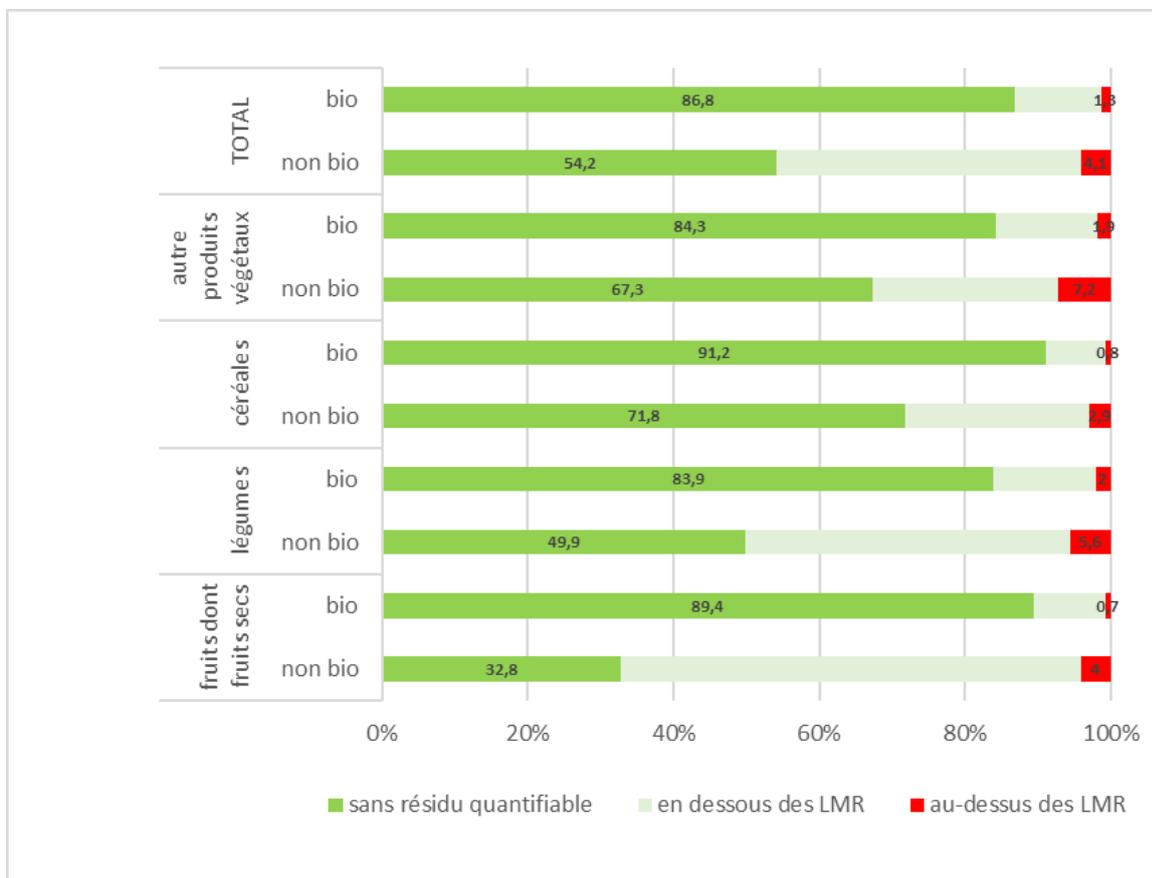


Figure 2 Teneurs en pesticides détectées sur des produits alimentaires du marché européen (UE à 28, Islande et Norvège) en 2019 dans le cadre du programme européen de surveillance des pesticides et ses déclinaisons nationales d'après EFSA 2019.

Incidence des résidus de pesticides sur la santé

L'Inserm a publié des rapports « Pesticides, Effets sur la santé » [14,27]. Celui de 2013 concerne surtout les agriculteurs, et celui de 2021 étend l'analyse à l'ensemble de la population et actualise les connaissances. Ils indiquent que **l'exposition aux pesticides est associée à de nombreuses pathologies de l'adulte et de l'enfant (cancers, tumeurs cérébrales, maladie de Parkinson, malformations congénitales, autisme, déclin cognitif et baisse du QI, obésité et diabète).**

Santé des agriculteurs

Les agriculteurs et travailleurs agricoles ont de façon générale moins de risques de cancers mais un sur-risque pour certains cancers en lien avec leur exposition accrue aux pesticides (voir Figure 3) [21]. En lien avec les pesticides, spécialement des organochlorés et organophosphorés, maladie de Parkinson, lymphome non Hodgkinien et cancers de la prostate ont tous trois été reconnus comme **maladies professionnelles des agriculteurs** respectivement en 2012, 2015 et 2021 [1]. Certains myélomes (moëlle osseuse) ont aussi été reconnus en 2019 comme maladie professionnelle, sachant que certains sont des lymphomes non Hodgkiniens. Le cancer le plus fréquent est celui de la prostate, qui est corrélé avec l'utilisation de lindane en antiparasitaire pour les bovins. Les éleveurs sont ainsi deux fois plus touchés que le reste de la population. Chez les arboriculteurs, le risque d'avoir un tel cancer double s'ils utilisent des traitements pesticides au champ ou sur les récoltes.

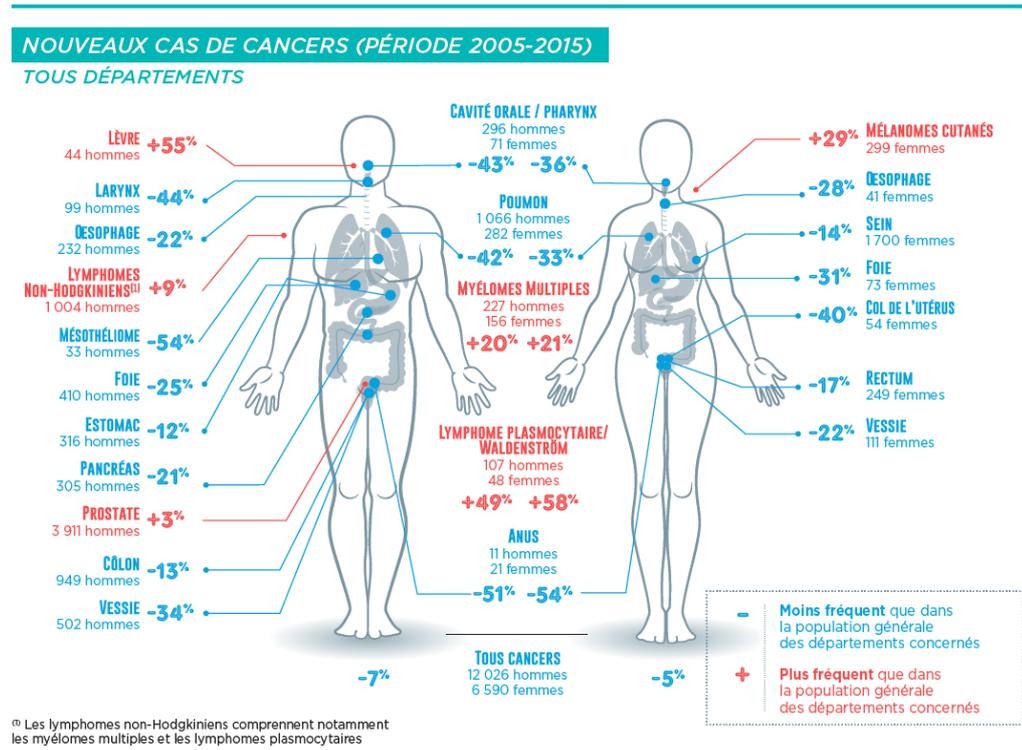


Figure 3 Augmentation ou diminution des risques de cancers reportés chez les affiliés à la MSA (essentiellement agriculteurs) par l'étude AGRICAN.

- ▶ L'ensemble des lymphomes est en excès de 9 % chez les hommes, avec un excès très net pour les lymphomes plasmocytaires ou maladie de Waldenström : de l'ordre de +50 %.
- ▶ Cancer du système nerveux central, des ovaires, autres leucémies, montrent des tendances de sur-représentation, tendances qui nécessitent davantage de données pour une meilleure robustesse.
- ▶ Des troubles de la reproduction associée à l'exposition aux pesticides.

Des études montrent une **plus forte exposition des agriculteurs** et de leurs enfants aux pesticides, et de façon plus marquée dans la viticulture [24] à cause des manipulations des produits à des doses élevées et fréquentes dans le cadre de leur profession. Il est généralement admis que l'usage des pesticides en bio est moindre et les évaluations de la toxicité des substances autorisées (qui comprennent notamment les composés du cuivre, du soufre, le spinosad, les pyrèthrine, et des dérivés du margousier) montrent globalement des toxicités plus faibles avec souvent moins de rémanence dans l'environnement (à l'exception notable du cuivre) que l'ensemble des substances autorisées en conventionnel. En pratique, les agriculteurs bio gèrent généralement de façon intégrée les bioagresseurs ou utilisent des pesticides moins dangereux [52]. **Du fait du nombre et des profils toxicologiques des substances autorisées en bio, les effets de l'exposition aux pesticides sont plus limités pour les agriculteurs bio.**

L'alimentation, voie principale d'exposition aux pesticides : les pouvoirs publics préconisent de privilégier les produits végétaux bio

Les sources d'exposition aux pesticides sont plurielles (exposition lors de la manipulation le cas échéant, exposition via l'air...).

L'ingestion d'aliments et d'eau présentant des résidus constitue une voie importante de contamination et **manger bio réduit l'exposition aux pesticides** [5,30,47].

La cohorte Nutrinet-santé a permis de montrer que, comme environ la moitié des aliments végétaux présente des niveaux quantifiables de pesticides, manger au moins pour moitié des produits végétaux bio réduit significativement cette exposition [7]. Cette conclusion a été confirmée à la fois par une modélisation basée sur la recommandation du 4^e Programme National Nutrition Santé [36] de manger davantage de végétaux bio [47] et par des analyses d'urines [5,39]. Cela s'avère particulièrement notable quand il s'agit de fruits et légumes, principale source d'exposition humaine aux pesticides [35] : des études récentes suggèrent que les bénéfices sur la longévité d'une consommation accrue de fruits et légumes pourrait être annulée par l'exposition aux pesticides qui en découle [48,49].

Ainsi, le Programme National Nutrition Santé 4 [36], en plus d'inciter à diminuer les produits laitiers, les viandes rouges et charcuteries, les matières grasses ajoutées, le sucre et le sel, recommande de privilégier les fruits (notamment fruits à coque) et légumes, les céréales et les légumineuses/légumes secs, particulièrement ceux produits en bio pour limiter l'exposition aux pesticides. Cette recommandation de consommer des produits bio au vu des résultats de Nutrinet-Santé est une première mondiale dans un programme nutritionnel gouvernemental.

4. L'antibio-résistance, un enjeu de santé humaine majeur

L'antibiorésistance constitue une menace majeure pour la santé globale (ou One Health). Si les micro-organismes ont une variété de stratégies de protection vis-à-vis des substances antibiotiques, l'utilisation massive d'antibiotiques dans l'élevage, notamment l'élevage hors-sol (avec en tête les tétracyclines, les pénicillines et le sulfamide) [51], renforce la sélection de souches résistantes. Des liens entre antibiorésistance chez l'Homme et usage des antibiotiques en élevage sont établis. Or l'élevage en Europe consomme 61 % des antibiotiques (heureusement, ce chiffre est en régression), des niveaux de consommation pratiquement identiques à la consommation humaine ramenée à la biomasse des animaux [40].

La perte d'efficacité des antibiotiques impacte la santé humaine, la santé animale et celle des écosystèmes, ces santé étant indissociables et formant un tout. Les pouvoirs publics s'en sont saisi en France avec le plan Ecoantibio, et au niveau mondial avec une coordination par l'OIE, et les agences ONUsiennes OMS et FAO. En France, l'antibiorésistance est la cause de plus de 5 500 décès par an chez des patients atteints d'infections à bactéries résistantes et 124 806 patients développent une infection liée à une bactérie résistante. En Europe (Espace économique européen et Union européenne) plus de 33 000 décès annuels sont liés à ces bactéries [13], près de 1,3 millions par an dans le monde [38].

Pour le monde de l'élevage, la lutte contre l'antibiorésistance se traduit par deux objectifs : diminuer l'exposition des animaux aux antibiotiques et tendre vers une optimisation de leur usage afin de limiter le risque d'apparition de bactéries résistantes et préserver ainsi l'efficacité des traitements vétérinaires.

Les voies de dissémination de l'antibiorésistance :

- ▶ Propagation des antibiotiques dans les aliments, l'environnement, c'est-à-dire l'eau et sols notamment via les effluents d'élevage en ce qui concerne l'agriculture.
- ▶ Propagation des germes résistants et de leur génome (transferts de gènes importants entre les micro-organismes des sols, notamment les bactéries) que ce soit par contamination des aliments ou dissémination dans l'environnement (sol, eau et air).
- ▶ Exposition directe des éleveurs à la fois aux germes et aux antibiotiques.

L'utilisation des antibiotiques en bio

Le règlement d'application RCE 889/2008 [61] prévoit un usage possible des antibiotiques seulement à des fins thérapeutiques, après prescription par un vétérinaire si les traitements listés en annexe du règlement ne sont pas efficaces. Cependant, si plus de 3 traitements antibiotiques ou traitements allopathiques de synthèse sont administrés au cours d'une année (ou plus d'un traitement si leur cycle de vie productif est inférieur à un an), les animaux concernés et leur production ne peuvent pas être vendus en bio, et ces animaux seront soumis aux périodes de conversion. Par ailleurs, tous les délais d'attente en vigueur dans la réglementation générale sont doublés en bio. Pour **éviter des pertes économiques liées à la perte du *price premium* ou à la baisse de rendement, l'agriculture biologique s'appuie sur des stratégies de prévention des risques de santé pour les animaux.** Le recours aux antibiotiques doit être une solution de dernier recours, et toujours à titre curatif seulement. Il semble que la moindre densité, l'âge de sevrage plus avancé, l'utilisation de litières, les aliments plus fibreux et l'accès à l'extérieur qui induit des modifications du microbiote des animaux, contribuent à réduire le besoin en antibiotiques des élevages bio [40].

Par tête de bovins, l'agriculture conventionnelle française utilise en moyenne 3,5 fois plus d'antibiotiques pour l'élevage des bovins laitiers et allaitants que les élevages bio [44]. En France, 94 % des lots de poulets bio sont élevés sans aucun traitements antibiotiques [22] à mettre en regard des 33 mg/kg d'antibiotiques ramenés au poids vif en 2020 pour les volailles conventionnelles (voire 64 mg/kg si ramené au poids de l'animal au moment du traitement, les traitements ayant surtout lieu au cours des premières semaines des volailles) [40]. Aux Etats-Unis, où l'USDA interdit les antibiotiques tout au long de la vie des volailles bio, des effets bénéfiques ont été démontrés dès la première bande de poulets élevés en bio sur la réduction de l'antibiorésistance des bactéries présentes dans les litières et dans les aliments [50]. Le secteur porcin bio utilise jusqu'à 15 fois moins d'antibiotiques avant sevrage que l'élevage intensif au Danemark [40]. **Sur l'ensemble des élevages, la bio montre bien une réduction significative du recours aux antibiotiques.**

Bio et antibiorésistance

La probabilité d'isoler des germes résistants à au moins 3 antibiotiques dans la viande de porc ou de poulet est significativement supérieure de 33 % en conventionnel par rapport au bio [53]. Des tendances similaires ont été observées pour les œufs et les poules pondeuses [36,37]. Le lait bio ne contient pas de résidus d'antibiotiques contrairement au lait non bio [58].

5. Même en l'absence de liens de causalité clairement établis, les aliments bio limitent la survenue de nombreuses affections

En écartant les facteurs pouvant interférer (facteurs confondants), **les consommateurs de produits bio ont, donc toutes choses égales par ailleurs, une probabilité :**

- ▶ de surpoids et à fortiori d'obésité réduite de 38 à 62 % [9,29,31,43,57].
- ▶ **de syndrome métabolique (pré-diabète, risque cardio-vasculaire) réduit de 31 %** entre consommateurs de plus de 62 % de produits bio vs. non consommateurs en 4 ans [6]
- ▶ **de risque de diabète de type 2 diminué de 35 %** (surtout les femmes et d'autant plus si elles sont en surpoids) [32,45], une tendance confirmée aux États-Unis d'Amérique [57].
- ▶ **de risque global de cancer réduit significativement de 25 %** entre non-consommateurs et consommateurs réguliers de produits bio, et à mesure de la part de bio dans l'alimentation, mais sans établir de liens de causes à effets [4], particulièrement une réduction significative ($P < 5\%$) :
 - **de 34 % des cancers du sein post-ménopause.** A noter que l'étude prend en compte le biais induit par les traitements hormonaux (substitutif de la ménopause ou contraceptifs) contrairement à ce qui peut être relayé.
 - **de 76 % de lymphomes**
 - **de 86 % de lymphomes non Hodgkiniens** (baisse déjà identifiée au Royaume Uni avec un protocole très imprécis de mesure de la consommation de produits bio [11])

Si en première approche les résidus de pesticides présents dans les végétaux ne semblaient pas liés aux cancers du sein en post-ménopause [4], une étude approfondie auprès de 13 000 femmes en post-ménopause, et leur exposition estimée à 25 molécules à usage pesticides [46] a permis de dégager des effets significatifs en fonction des molécules. Une faible exposition à des pesticides de synthèse avec une signature de molécules pesticides typiques de la production bio (spinosad, des composantes de l'huile de margousier/neem avec l'azadirachtine, et des pyréthrinés naturels) est associée à un faible risque de cancer du sein en post-ménopause. A l'inverse l'exposition, en cas de surpoids ($IMC > 25 \text{ kg/m}^2$) ou d'obésité, à des mélanges de pesticides synthétiques parmi lesquels des organo-phosphorés (chlorpyrifos, malthion, profénofos), des azoles fongicides (notamment l'imazalil) et des carbamates (thiabendazole), est associée à un risque accru de ces cancers.

Facteurs explicatifs évoqués mais restant à investiguer

La baisse d'exposition aux résidus de pesticides par une alimentation bio est souvent évoquée en regard de la classification de certains de ces pesticides comme cancérigènes probables ou possibles. Mais il est plus difficile de conclure sur les expositions chroniques à bas bruit provenant des prises alimentaires que pour les expositions professionnelles. Une autre difficulté provient de l'évaluation des effets cocktails. Les pesticides pourraient par ailleurs porter atteinte à l'intégrité génétique ou à son expression (épigénétique). Ils pourraient aussi atteindre les processus biochimiques de la cellule (respiration des mitochondries, maintien de l'homéostasie...). Une partie des pesticides est par ailleurs reconnue comme perturbateur endocrinien, avec un effet sur la survenue de certains cancers ou de perturbations des fonctions reproductives [16,46].

La moindre exposition aux antibiotiques via les produits issus de l'élevage bio peut aussi contribuer à préserver le métabolisme, et à limiter les phénomènes de résistance accrue de certaines bactéries pour la santé humaine. Les antibiotiques contribuent par ailleurs à perturber le microbiote [35] avec tout le champ du microbiome qui au-delà du métabolisme alimentaire semble jouer sur plusieurs tableaux : système immunitaire, système nerveux...

6. L'agriculture bio : une solution à la crise environnementale ?

Sans rentrer dans le détail, la santé environnementale passe aussi par la limitation des impacts du secteur agricole et agroalimentaire, sa capacité à atténuer le changement climatique, l'effondrement de la biodiversité, limiter l'épuisement des ressources dont l'eau, les matières utilisées dans le secteur de l'énergie et les substances minérales (comme le gaz pour les engrais azotés de synthèse, les phosphates pour les engrais phosphatés, ou les métaux pour la mécanisation). Et symétriquement, l'humanité a besoin d'une agriculture et d'un système agroalimentaire résilients, qui parviennent à assurer une alimentation saine et équilibrée pour la population dans un contexte de dégradation des conditions climatiques et des services écosystémiques. Par souci de concision, ce sujet qui est complexe pourra être traité dans une note de synthèse dédiée.

7. Références

- [1] #, Publication de l'expertise collective Inserm – « Pesticides et effets sur la santé : Nouvelles données », Salle de presse | Inserm. (2021).
- [2] M. Barański, D. Średnicka-Tober, N. Volakakis, C. Seal, R. Sanderson, G.B. Stewart, C. Benbrook, B. Biavati, E. Markellou, C. Giotis, J. Gromadzka-Ostrowska, E. Rembiałkowska, K. Skwarło-Sońta, R. Tahvonen, D. Janovská, U. Niggli, P. Nicot, C. Leifert, Higher antioxidant and lower cadmium concentrations and lower incidence of pesticide residues in organically grown crops: a systematic literature review and meta-analyses, *British Journal of Nutrition*. 112 (2014) 794–811.
- [3] J. Baudry, B. Allès, S. Péneau, M. Touvier, C. Méjean, S. Hercberg, P. Galan, D. Lairon, E. Kesse-Guyot, Dietary intakes and diet quality according to levels of organic food consumption by French adults: cross-sectional findings from the NutriNet-Santé Cohort Study, *Public Health Nutrition*. 20 (2017) 638–648.
- [4] J. Baudry, K.E. Assmann, M. Touvier, B. Allès, L. Seconda, P. Latino-Martel, K. Ezzedine, P. Galan, S. Hercberg, D. Lairon, E. Kesse-Guyot, Association of Frequency of Organic Food Consumption With Cancer Risk: Findings From the NutriNet-Santé Prospective Cohort Study, *JAMA Internal Medicine*. 178 (2018) 1597–1606.
- [5] J. Baudry, L. Debrauwer, G. Durand, G. Limon, A. Delcambre, R. Vidal, B. Taupier-Letage, N. Druesne-Pecollo, P. Galan, S. Hercberg, D. Lairon, J.-P. Cravedi, E. Kesse-Guyot, Urinary pesticide concentrations in French adults with low and high organic food consumption: results from the general population-based NutriNet-Santé., *J Expo Sci Environ Epidemiol*. 29 (2019) 366–378.
- [6] J. Baudry, H. Lelong, S. Adriouch, C. Julia, B. Allès, S. Hercberg, M. Touvier, D. Lairon, P. Galan, E. Kesse-Guyot, Association between organic food consumption and metabolic syndrome: cross-sectional results from the NutriNet-Santé study, *Eur J Nutr*. 57 (2018) 2477–2488.
- [7] J. Baudry, P. Pointereau, L. Seconda, R. Vidal, B. Taupier-Letage, B. Langevin, B. Allès, P. Galan, S. Hercberg, M.-J. Amiot, C. Boizot-Szantai, O. Hamza, J.-P. Cravedi, L. Debrauwer, L.-G. Soler, D. Lairon, E. Kesse-Guyot, Improvement of diet sustainability with increased level of organic food in the diet: findings from the BioNutriNet cohort., *Am J Clin Nutr*. 109 (2019) 1173–1188.
- [8] R. Béranger, E.M. Hardy, A.-C. Binter, M.-A. Charles, C. Zaros, B.M.R. Appenzeller, C. Chevrier, Multiple pesticides in mothers' hair samples and children's measurements at birth: Results from the French national birth cohort (ELFE), *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 223 (2020) 22–33.
- [9] A.S. Bhagavathula, K. Vidyasagar, J. Khubchandani, Organic Food Consumption and Risk of Obesity: A Systematic Review and Meta-Analysis, *Healthcare (Basel)*. 10 (2022) 231.
- [10] V. Bouvard, D. Loomis, K.Z. Guyton, Y. Grosse, F.E. Ghissassi, L. Benbrahim-Tallaa, N. Guha, H. Mattock, K. Straif, Carcinogenicity of consumption of red and processed meat, *The Lancet Oncology*. 16 (2015) 1599–1600.
- [11] K.E. Bradbury, A. Balkwill, E.A. Spencer, A.W. Roddam, G.K. Reeves, J. Green, T.J. Key, V. Beral, K. Pirie, Organic food consumption and the incidence of cancer in a large prospective study of women in the United Kingdom, *Br J Cancer*. 110 (2014) 2321–2326.
- [12] G. Brodal, I. Hofgaard, G. Eriksen, A. Bernhoft, L. Sundheim, Mycotoxins in organically versus conventionally produced cereal grains and some other crops in temperate regions, *World Mycotoxin Journal*. 9 (2016) 1–16.
- [13] A. Cassini, L.D. Högberg, D. Plachouras, A. Quattrocchi, A. Hoxha, G.S. Simonsen, M. Colomb-Cotinat, M.E. Kretzschmar, B. Devleeschauwer, M. Cecchini, D.A. Ouakrim, T.C. Oliveira, M.J. Struelens, C. Suetens, D.L. Monnet, R. Strauss, K. Mertens, T. Struyf, B. Catry, K. Latour, I.N. Ivanov, E.G. Dobрева, A.T. Andrašević, S. Soprek, A. Budimir, N. Paphitou, H. Žemlicková, S.S. Olsen, U.W. Sönksen, P. Märtin, M. Ivanova, O. Lyytikäinen, J. Jalava, B. Coignard, T. Eckmanns, M.A. Sin, S. Haller, G.L. Daikos, A. Gikas, S. Tsiodras, F. Kontopidou, Á. Tóth, Á. Hajdu, Ó. Guólaugsson, K.G. Kristinsson, S. Murchan, K. Burns, P. Pezzotti, C. Gagliotti, U. Dumpis, A. Liuimiene, M. Perrin, M.A. Borg, S.C. de Greeff, J.C. Monen, M.B. Koek, P. Elstrøm, D. Zabicka, A. Deptula, W. Hryniewicz, M. Caniça, P.J. Nogueira, P.A. Fernandes, V. Manageiro, G.A. Popescu, R.I. Serban, E. Schréterová, S. Litvová, M. Štefkovicová, J. Kolman, I. Klavs, A. Korošec, B. Aracil, A. Asensio, M. Pérez-Vázquez, H. Billström, S. Larsson, J.S. Reilly, A. Johnson, S. Hopkins, Attributable deaths and disability-adjusted life-years caused by infections with antibiotic-resistant bacteria in the EU and the European Economic Area in 2015: a population-level modelling analysis, *The Lancet Infectious Diseases*. 19 (2019) 56–66.
- [14] Centre d'expertise collective de l'Inserm, Faculté de médecine Xavier Bichat, Paris, Pesticides – Effets sur la santé, Les éditions Inserm, 2013.
- [15] C. Chevrier, C. Petit, G. Limon, C. Monfort, G. Durand, S. Cordier, Biomarqueurs urinaires d'exposition aux pesticides des femmes enceintes de la cohorte Pélagie réalisée en Bretagne, France (2002-2006), *Bulletin Épidémiologique Hebdomadaire. Biosurveillance humaine et santé environnementale* (2009) 23–27.
- [16] Y.-H. Chiu, A.J. Gaskins, P.L. Williams, J. Mendiola, N. Jørgensen, H. Levine, R. Hauser, S.H. Swan, J.E. Chavarro, Intake of Fruits and Vegetables with Low-to-Moderate Pesticide Residues Is Positively Associated with Semen-Quality Parameters among Young Healthy Men, *The Journal of Nutrition*. 146 (2016) 1084–1092.
- [17] S. Davidou, K. Frank, A. Christodoulou, A. Fardet, Organic food retailing: to what extent are foods processed and do they contain markers of ultra-processing?, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 73 (2022) 172–183.
- [18] M. Desquilbet, E. Maigné, S. Monier-Dilhan, Organic Food Retailing and the Conventionalisation Debate, *Ecological Economics*. 150 (2018) 194–203.
- [19] E.F.S. EFSA, National summary reports on pesticide residue analysis performed in 2019, EFSA Supporting Publications. 18 (2021) 6487E.
- [20] M. Eisinger-Watzl, F. Wittig, T. Heuer, I. Hoffmann, Customers purchasing organic food - do they live healthier? Results of the German National Nutrition Survey II., *European Journal of Nutrition and Food Safety*. 5 (2015) 59–71.
- [21] Equipe AGRICAN, Enquête AGRICAN. Agriculture et cancer., 2020.

- [22] C. Experton, S. Le Bouquin, A. Roinsard, M. Brachet, K. Germain, C. Filliat, M. Bouy, R. Souillard, En élevage biologique des synergies entre les pratiques d'élevage et l'état de santé des animaux : approfondissement en poulets de chair, (2018).
- [23] H. Gourama, A preliminary mycological evaluation of organic and conventional foods, *Food Protection Trends*. 35 (2015) 385–391.
- [24] D. Grau, N. Grau, Q. Gascuel, C. Paroissin, C. Stratonovitch, D. Lairon, D.A. Devault, J. Di Cristofaro, Quantifiable urine glyphosate levels detected in 99% of the French population, with higher values in men, in younger people, and in farmers, *Environmental Science and Pollution Research*. 29 (2022) 32882–32893.
- [25] E.M. Hardy, C. Dereumeaux, L. Guldner, O. Briand, S. Vandentorren, A. Oleko, C. Zaros, B.M.R. Appenzeller, Hair versus urine for the biomonitoring of pesticide exposure: Results from a pilot cohort study on pregnant women, *Environment International*. 152 (2021) 106481.
- [26] Institut de veille sanitaire, ed., Exposition de la population française aux substances chimiques de l'environnement, Institut de veille sanitaire, Saint-Maurice, 2013.
- [27] Institut national de la santé et de la recherche médicale, Pesticides et effets sur la santé: nouvelles données, Éd. actualisée, EDP sciences, Montrouge, 2021.
- [28] L. Jauregi, L. Epelde, I. Alkorta, C. Garbisu, Antibiotic Resistance in Agricultural Soil and Crops Associated to the Application of Cow Manure-Derived Amendments From Conventional and Organic Livestock Farms, *Frontiers in Veterinary Science*. 8 (2021).
- [29] E. Kesse-Guyot, J. Baudry, K.E. Assmann, P. Galan, S. Hercberg, D. Lairon, 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 of Nutrition*. 117 (2017) 325–334.
- [30] E. Kesse-Guyot, D. Chaltiel, J. Wang, P. Pointereau, B. Langevin, B. Allès, P. Rebouillat, D. Lairon, R. Vidal, F. Mariotti, M. Egnell, M. Touvier, C. Julia, J. Baudry, S. Hercberg, Sustainability analysis of French dietary guidelines using multiple criteria, *Nature Sustainability*. 3 (2020) 377–385.
- [31] E. Kesse-Guyot, S. Péneau, C. Méjean, F. Szabo de Edelenyi, P. Galan, S. Hercberg, D. Lairon, Profiles of Organic Food Consumers in a Large Sample of French Adults: Results from the Nutrinet-Santé Cohort Study, *PLOS ONE*. 8 (2013) e76998.
- [32] E. Kesse-Guyot, P. Rebouillat, L. Payrastra, B. Allès, L.K. Fezeu, N. Druésne-Pecollo, B. Srour, W. Bao, M. Touvier, P. Galan, S. Hercberg, D. Lairon, J. Baudry, Prospective association between organic food consumption and the risk of type 2 diabetes: findings from the NutriNet-Santé cohort study, *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 17 (2020) 136.
- [33] M. Lane, J. Davis, S. Beattie, C. Gómez-Donoso, A. Loughman, A. O'Neil, F. Jacka, M. Berk, R. Page, W. Marx, T. Rocks, Ultraprocessed food and chronic noncommunicable diseases: A systematic review and meta-analysis of 43 observational studies, *Obesity Reviews*. 22 (2020).
- [34] A. Mditshwa, L.S. Magwaza, S.Z. Tesfay, N. Mbili, Postharvest quality and composition of organically and conventionally produced fruits: A review, *Scientia Horticulturae*. 216 (2017) 148–159.
- [35] A. Mie, H.R. Andersen, S. Gunnarsson, J. Kahl, E. Kesse-Guyot, E. Rembiałkowska, G. Quaglio, P. Grandjean, Human health implications of organic food and organic agriculture: a comprehensive review., *Environ Health*. 16 (2017) 111.
- [36] Ministère des solidarités et de la santé, 4e Programme National Nutrition Santé 2019-2023, (2019).
- [37] C.A. Monteiro, G. Cannon, J.-C. Moubarac, R.B. Levy, M.L.C. Louzada, P.C. Jaime, The UN Decade of Nutrition, the NOVA food classification and the trouble with ultra-processing, *Public Health Nutrition*. 21 (2018) 5–17.
- [38] C.J. Murray, K.S. Ikuta, F. Sharara, L. Swetschinski, G.R. Aguilar, A. Gray, C. Han, C. Bisignano, P. Rao, E. Wool, S.C. Johnson, A.J. Browne, M.G. Chipeta, F. Fell, S. Hackett, G. Haines-Woodhouse, B.H.K. Hamadani, E.A.P. Kumaran, B. McManigal, R. Agarwal, S. Akech, S. Albertson, J. Amuasi, J. Andrews, A. Aravkin, E. Ashley, F. Bailey, S. Baker, B. Basnyat, A. Bekker, R. Bender, A. Bethou, J. Bielicki, S. Boonkasidecha, J. Bukosia, C. Carvalho, C. Castañeda-Orjuela, V. Chansamouth, S. Chaurasia, S. Chiurchiù, F. Chowdhury, A.J. Cook, B. Cooper, T.R. Cressey, E. Criollo-Mora, M. Cunningham, S. Darboe, N.P.J. Day, M.D. Luca, K. Dokova, A. Dramowski, S.J. Dunachie, T. Eckmanns, D. Eibach, A. Emami, N. Feasey, N. Fisher-Pearson, K. Forrest, D. Garrett, P. Gastmeier, A.Z. Giref, R.C. Greer, V. Gupta, S. Haller, A. Haselbeck, S.I. Hay, M. Holm, S. Hopkins, K.C. Iregbu, J. Jacobs, D. Jarovsky, F. Javanmardi, M. Khorana, N. Kissoon, E. Kobeissi, T. Kostyaney, F. Krapp, R. Krumkamp, A. Kumar, H.H. Kyu, C. Lim, D. Limmathurotsakul, M.J. Loftus, M. Lunn, J. Ma, N. Mturi, T. Munera-Huertas, P. Musicha, M.M. Mussi-Pinhata, T. Nakamura, R. Nanavati, S. Nangia, P. Newton, C. Ngoun, A. Novotney, D. Nwakanma, C.W. Obiero, A. Olivas-Martinez, P. Olliaro, E. Ooko, E. Ortiz-Brizuela, A.Y. Peleg, C. Perrone, N. Plakkal, A. Ponce-de-Leon, M. Raad, T. Ramdin, A. Riddell, T. Roberts, J.V. Robotham, A. Roca, K.E. Rudd, N. Russell, J. Schnall, J.A.G. Scott, M. Shivamallappa, J. Sifuentes-Osornio, N. Steenkeste, A.J. Stewardson, T. Stoeva, N. Tasak, A. Thaiprakong, G. Thwaites, C. Turner, P. Turner, H.R. van Doorn, S. Velaphi, A. Vongpradith, H. Vu, T. Walsh, S. Waner, T. Wangrangsimakul, T. Wozniak, P. Zheng, B. Sartorius, A.D. Lopez, A. Stergachis, C. Moore, C. Dolecek, M. Naghavi, Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis, *The Lancet*. 399 (2022) 629–655.
- [39] C. Nimako, T. Ichise, H. Hasegawa, O. Akoto, N.O. Boadi, K. Taira, K. Fujioka, N. Isoda, S.M.M. Nakayama, M. Ishizuka, Y. Ikenaka, Assessment of ameliorative effects of organic dietary interventions on neonicotinoid exposure rates in a Japanese population, *Environment International*. 162 (2022) 107169.
- [40] C. Nunan, Ending routine farm antibiotic use in Europe. Achieving responsible farm antibiotic use through improving animal health and welfare in pig and poultry production., European Public Health Alliance (EPHA), 2022.
- [41] A. Oleko, F. Betsou, H. Sarter, C. Gerdil, I. Desbois, M.A. Charles, H. Leridon, S. Vandentorren, A Pilot Study of the ELFE Longitudinal Cohort: Feasibility and Preliminary Evaluation of Biological Collection, Biopreservation and Biobanking. 9 (2011) 223–227.
- [42] G. Pagliai, M. Dinu, M. Madarena, M. Bonaccio, L. Iacoviello, F. Sofi, Consumption of ultra-processed foods and health status: A systematic review and meta-analysis, *British Journal Of Nutrition*. 125 (2020) 308–318.
- [43] Y.-M. ("Mark") Park, K. O'Brien, D. Sandler, Association Between Organic Food Consumption and Risk of Obesity in Women, *Current Developments in Nutrition*. 4 (2020) 1667.

- [44] J. Pavie, L. Madeline, E. Moussel, C. Experton, Contributions environnementales et durabilité socio-économique des élevages en agriculture biologique, IDELE, 2013.
- [45] P. Rebouillat, R. Vidal, J.-P. Cravedi, B. Taupier-Letage, L. Debrauwer, L. Gamet-Payrastra, H. Guillou, M. Touvier, L.K. Fezeu, S. Hercberg, D. Lairon, J. Baudry, E. Kesse-Guyot, Prospective association between dietary pesticide exposure profiles and type 2 diabetes risk in the NutriNet-Santé cohort, *Environmental Health*. 21 (2022) 57.
- [46] P. Rebouillat, R. Vidal, J.-P. Cravedi, B. Taupier-Letage, L. Debrauwer, L. Gamet-Payrastra, M. Touvier, M. Deschasaux-Tanguy, P. Latino-Martel, S. Hercberg, D. Lairon, J. Baudry, E. Kesse-Guyot, Prospective association between dietary pesticide exposure profiles and postmenopausal breast-cancer risk in the NutriNet-Santé cohort., *Int J Epidemiol*. 50 (2021) 1184–1198.
- [47] P. Rebouillat, R. Vidal, J.-P. Cravedi, B. Taupier-Letage, L. Debrauwer, L. Gamet-Payrastra, M. Touvier, S. Hercberg, D. Lairon, J. Baudry, E. Kesse-Guyot, Estimated dietary pesticide exposure from plant-based foods using NMF-derived profiles in a large sample of French adults, *Eur J Nutr*. 60 (2021) 1475–1488.
- [48] L. Rempelos, J. Wang, M. Barański, A. Watson, N. Volakakis, H.-W. Hoppe, W.N. Kühn-Velten, C. Hadall, G. Hasanaliyeva, E. Chatzidimitriou, A. Magistrali, H. Davis, V. Vigar, D. Średnicka-Tober, S. Rushton, P.O. Iversen, C.J. Seal, C. Leifert, Diet and food type affect urinary pesticide residue excretion profiles in healthy individuals: results of a randomized controlled dietary intervention trial, *The American Journal of Clinical Nutrition*. 115 (2022) 364–377.
- [49] H. Sandoval-Insausti, Y.-H. Chiu, Y.-X. Wang, J.E. Hart, S.N. Bhupathiraju, L. Mínguez-Alarcón, M. Ding, W.C. Willett, F. Laden, J.E. Chavarro, Intake of fruits and vegetables according to pesticide residue status in relation to all-cause and disease-specific mortality: Results from three prospective cohort studies, *Environment International*. 159 (2022) 107024.
- [50] A.R. Sapkota, R.M. Hulet, G. Zhang, P. McDermott, E.L. Kinney, K.J. Schwab, S.W. Joseph, Lower Prevalence of Antibiotic-Resistant Enterococci on U.S. Conventional Poultry Farms that Transitioned to Organic Practices, *Environ Health Perspect*. 119 (2011) 1622–1628.
- [51] N. Sautereau, M. Benoit, I. Savini, Quantifier et chiffrer économiquement les externalités de l'agriculture biologique ?, 2016.
- [52] V. Seufert, N. Ramankutty, Many shades of gray—The context-dependent performance of organic agriculture, *Science Advances*. 3 (2017) e1602638.
- [53] C. Smith-Spangler, M. Brandeau, G. Hunter, J. Bavinger, M. Pearson, P. Eschbach, V. Sundaram, H. Liu, P. Schirmer, C. Stave, I. Olkin, D. Bravata, Are Organic Foods Safer or Healthier Than Conventional Alternatives?, *Annals of Internal Medicine*. 157 (2012) 348–66.
- [54] D. Średnicka-Tober, M. Barański, C. Seal, R. Sanderson, C. Benbrook, H. Steinshamn, J. Gromadzka-Ostrowska, E. Rembiałkowska, K. Skwarło-Sońta, M. Eyre, G. Cozzi, M.K. Larsen, T. Jordon, U. Niggli, T. Sakowski, P.C. Calder, G.C. Burdge, S. Sotiraki, A. Stefanakis, H. Yolcu, S. Stergiadis, E. Chatzidimitriou, G. Butler, G. Stewart, C. Leifert, Composition differences between organic and conventional meat: a systematic literature review and meta-analysis, *British Journal of Nutrition*. 115 (2016) 994–1011.
- [55] D. Średnicka-Tober, M. Barański, C.J. Seal, R. Sanderson, C. Benbrook, H. Steinshamn, J. Gromadzka-Ostrowska, E. Rembiałkowska, K. Skwarło-Sońta, M. Eyre, G. Cozzi, M.K. Larsen, T. Jordon, U. Niggli, T. Sakowski, P.C. Calder, G.C. Burdge, S. Sotiraki, A. Stefanakis, S. Stergiadis, H. Yolcu, E. Chatzidimitriou, G. Butler, G. Stewart, C. Leifert, Higher PUFA and n-3 PUFA, conjugated linoleic acid, α -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 (2016) 1043–1060.
- [56] B. Srour, L.K. Fezeu, E. Kesse-Guyot, B. Allès, C. Méjean, R.M. Andrianasolo, E. Chazelas, M. Deschasaux, S. Hercberg, P. Galan, C.A. Monteiro, C. Julia, M. Touvier, Ultra-processed food intake and risk of cardiovascular disease: prospective cohort study (NutriNet-Santé), *BMJ*. 365 (2019) l1451.
- [57] Y. Sun, B. Liu, Y. Du, L.G. Snetselaar, Q. Sun, F.B. Hu, W. Bao, Inverse Association between Organic Food Purchase and Diabetes Mellitus in US Adults, *Nutrients*. 10 (2018) E1877.
- [58] J.A. Welsh, H. Braun, N. Brown, C. Um, K. Ehret, J. Figueroa, D.B. Barr, Production-related contaminants (pesticides, antibiotics and hormones) in organic and conventionally produced milk samples sold in the USA, *Public Health Nutrition*. 22 (2019) 2972–2980.
- [59] Consumption of ultra-processed foods and cancer risk: results from NutriNet-Santé prospective cohort., 2018.
- [60] Règlement (UE) 2018/848 du Parlement européen et du Conseil du 30 mai 2018 relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques, et abrogeant le règlement (CE) no 834/2007 du Conseil, 2018.
- [61] Règlement (CE) no 889/2008 de la Commission du 5 septembre 2008 portant modalités d'application du règlement (CE) no 834/2007 du Conseil relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques en ce qui concerne la production biologique, l'étiquetage et les contrôles, 2020.
- [62] Règlement d'exécution (UE) 2021/1165 de la Commission du 15 juillet 2021 autorisant l'utilisation de certains produits et substances dans la production biologique et établissant la liste de ces produits et substances (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE), 2021.