

Quand les acides gras questionnent le système agricole et agro-alimentaire : propositions pour une analyse intégrée de notre chaîne alimentaire

Michel Duru et Marie-Benoît Magrini

UMR Agir, Inra Toulouse

mduru@toulouse.inra.fr

La reconnaissance des impacts environnementaux de l'agriculture intensive conduit à reconsidérer les modes de production. Ces impacts aujourd'hui fortement médiatisés (nitrates, gaz à effet de serre, perte de biodiversité...) génèrent de fortes inflexions dans le monde de la recherche (la reconnaissance de l'agroécologie à l'Inra) et les politiques agricoles (programme du « Produire Autrement ») pour répondre aux enjeux d'une agriculture durable. Mais curieusement, la perception de ces enjeux agricoles restent très confinée à des considérations environnementales et économiques, et peu rattachée à un enjeu tout aussi fondamental que la santé humaine, alors que nombre de travaux pointent les relations entre les façons de produire, la composition des produits et des effets désirables ou indésirables de l'alimentation sur la santé (Lang et Barling, 2013).

En termes de santé, les enjeux d'amélioration des acides gras de notre alimentation ont fait l'objet de nombreux travaux. Tout particulièrement ces dernières années, plusieurs auteurs, qu'ils soient des scientifiques (par exemple Simopoulos *et al.*, 2011 ; Adams et Demming-Adams, 2013 ; Legrand, 2013), des experts (de Schutter, 2011) ou des vulgarisateurs (Servan-Schreiber, 2010 ; Weill, 2010) ont lancé l'alerte sur la modification en profondeur, dans l'assiette du consommateur occidental, de l'équilibre du profil des acides gras polyinsaturés (oméga-3 et -6) qui sont indispensables à la santé et non synthétisés par l'homme, excepté ceux ayant la plus longue chaîne (EPA, DHA). Cette modification est liée à un ensemble de changements progressifs des pratiques agricoles, des processus industriels et des modes de consommation depuis une trentaine d'années. Ces changements, joints à l'évolution des modes de vie, sont incriminés pour interpréter l'augmentation importante de certaines maladies.

Face à ces analyses, un véritable enjeu actuel de nos recherches est donc de ne plus viser uniquement une double performance économique et environnementale de nos systèmes agricoles et agro-alimentaires, mais une triple performance : économique, environnementale et de santé.

Cette nouvelle perspective appelle à un renforcement des approches intégrées afin de mieux connecter les domaines de recherche de l'agriculture et de l'alimentation. La prise en compte des enjeux que nous présentons ici sur les liens agriculture-santé, à partir de l'étude du profil des acides gras oméga -3 et -6, plaide en ce sens.

Les acides gras : une « performance » agricole mésestimée...

Cette étude part d'un constat pour le moins choquant : dans les pays occidentaux, malgré des recommandations nutritionnelles aujourd'hui bien établies sur la nécessité d'un bon équilibre entre les différents acides gras polyinsaturés, la composition lipidique moyenne de notre assiette est dans la réalité de plus en plus déséquilibrée, tout particulièrement au regard du ratio des acides gras oméga-6 et -3. Les quantités minimales recommandées par le Plan national Nutrition Santé (PNNS) sont environ de 10 g et 3 g par jour respectivement pour les oméga-6 et -3, avec un rapport inférieur à 4. Or selon les données du rapport du groupe lipides du PNNS (2009), les apports réels moyens dans la population française sont excessifs pour les oméga-6 (17,6 g/j) et insuffisants pour les oméga-3 (1,7 g), soit un rapport d'environ 11, beaucoup trop élevé.

Pour comprendre ce déséquilibre, nous nous sommes intéressés à deux des trois principales sources d'acides gras de notre assiette : les produits animaux (lait, viande, œufs) et les huiles végétales. Les poissons et fruits de mer constituant la troisième n'ont été considérés que pour calculer un bilan de l'ensemble de notre régime alimentaire. L'accroissement de ce déséquilibre lipidique peut s'expliquer du fait de deux transformations majeures de nos systèmes agricole et agro-alimentaire. D'une part, le changement des modes d'alimentation des animaux, tout particulièrement des ruminants, dont les formules reposent aujourd'hui beaucoup sur le maïs et le soja (essentiellement importé) et bien moins sur l'herbe, entraîne un appauvrissement de la quantité d'oméga-3 dans les

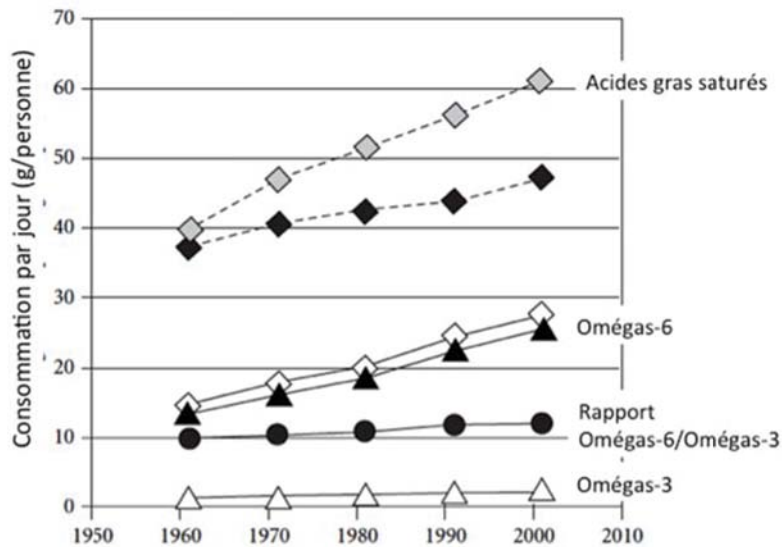


Figure 1. Évolution de la consommation des différents types d'acides gras en Europe (adapté de Molendi-Coste *et al.*, 2011).

produits animaux que nous consommons. D'autre part, les quantités et la nature des huiles végétales que nous utilisons ont aussi fortement changé : nous consommons plus d'huiles de palme ou de tournesol non oléique très riches respectivement en acides gras saturés et en oméga-6 ; et si ces huiles sont pour partie « visibles » (bouteilles achetées consciemment par le consommateur), elles sont aussi souvent « cachées » (huile de friture et huiles présentes dans certains produits et plats préparés).

Rôle des équilibres entre acides gras sur la santé humaine

Au-delà de leur importance pour la fourniture d'énergie, les acides gras jouent de multiples fonctions biologiques, en tant que lipides de structure des membranes et précurseurs de molécules de signalisation cellulaire. La littérature montre que ce déséquilibre oméga-6/-3 de notre régime occidental favorise l'apparition d'un syndrome métabolique qui associe au moins 3 des 5 critères cliniques habituellement retenus pour apprécier un état de santé : obésité abdominale, taux de triglycérides et de glucose à jeun trop élevés, cholestérol-HDL bas et hypertension. Celui-ci touche 10% des adultes en France, et sa prévalence est croissante (Hermier *et al.*, 2010).

Nombre d'essais cliniques et d'études épidémiologiques ont mis en rapport une diversité de maladies ayant une origine inflammatoire avec la composition en acides gras de l'alimentation, par des comparaisons de régimes alimentaires pour les études épidémiologiques, ou bien par l'étude d'un type d'aliment spécifique pour les essais cliniques chez le rat ou l'homme. La plupart montrent un effet sur toute une gamme de maladies, soit du fait d'un déficit en oméga-3, soit du fait d'un rapport

oméga-6/oméga-3 trop élevé. Les travaux les plus anciens montrent un effet sur les maladies cardiovasculaires (Dawczynski *et al.*, 2013) ; d'autres plus récents concernent les cancers (Gerber, 2012) et les dépressions (Kiecolt-Glaser *et al.*, 2012). Il a aussi été mis en évidence un effet significatif de l'excès d'oméga-6 sur l'obésité (Ailhaud *et al.*, 2006). Plus récemment ont été examinés les impacts sur certaines maladies liées au fonctionnement du cerveau, la maladie de Parkinson (Bousquet *et al.*, 2011), la maladie d'Alzheimer et la dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA). Les travaux de l'Inra ont aussi montré un lien entre une carence en oméga-3 pendant le développement embryonnaire et la lactation, et le système immunitaire du cerveau et sa plasticité (Madore *et al.*, 2014). Certaines de ces études ne concluent pas nettement et mettent en avant la nécessité d'approfondissements, notamment pour prendre en compte les dérivés de l'acide oméga 3 alpha-linolénique, le DHA et l'EPA. Nous n'avons trouvé qu'une étude montrant un effet défavorable d'un excès d'oméga-3 sur le cancer de la prostate, lorsque la source provient des poissons (Brasky *et al.*, 2013). Ces différentes études insistent donc sur le besoin d'un équilibre des différents acides gras.

Un écart entre recommandations et pratiques alimentaires qui augmente

Du fait des changements des systèmes agricole et agro-alimentaire dans les pays occidentaux, les oméga-3 étaient bien plus présents dans les œufs, la viande et les huiles consommées il y a quelques décennies que maintenant (Simopoulos, 2010). Les travaux de Molendi-Coste (2011) montrent ainsi comment le ratio oméga-6/oméga-3 a beaucoup augmenté en Europe au cours des quarante dernières années (fig. 1) de par le changement de

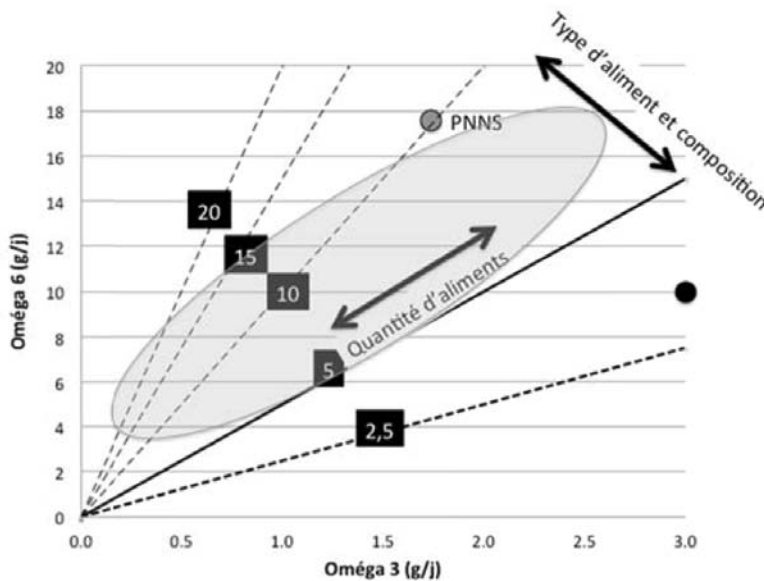


Figure 2. Valeur moyenne et variabilité du rapport oméga-6/oméga-3 dans la consommation française.

Quantités d'acides gras oméga-3 (abscisse) et -6 (ordonnée) consommées d'après le PNNS (●) et quantités recommandées (●). Les droites obliques indiquent différentes valeurs du rapport oméga-6/oméga-3. L'ellipse recouvre approximativement les valeurs mini et maxi observées d'après les résultats d'une enquête auprès de plus de 4000 personnes portant sur la nature et la quantité d'aliments consommés 6 jours par an durant deux ans pour évaluer la variabilité au sein de la population française (Astorg *et al.*, 2004).

la composition des aliments (lait, viande, type d'huiles) et l'évolution des quantités consommées. Ainsi, selon le rapport PNNS, si la consommation apparente de matières grasses animales (produits laitiers inclus) a baissé, celle des matières grasses d'origine végétale est en hausse, tout particulièrement du fait de l'augmentation de la consommation de produits agro-alimentaires déjà préparés et qui contiennent des matières grasses d'origine végétale essentiellement issues d'espèces pauvres en oméga-3 (soja, palme, etc.)¹.

La figure 2 permet de visualiser les recommandations et notre consommation des deux types d'acides gras (oméga 6 et 3) selon deux sources de données, tant pour leur valeur absolue que leur rapport. La nature des insuffisances (oméga-3) et du déséquilibre (oméga-6/oméga-3) dans la population française apparaît alors clairement.

Principaux aliments déséquilibrant la composition en acides gras de notre assiette

• *Composition en acides gras des produits animaux ingérés par l'homme*

À partir des années 1990, différents travaux scientifiques ont montré que la composition de la ration des ruminants et des monogastriques influait grandement sur la composition en acides gras du lait, de la viande et des œufs (Woods et Fearon, 2009). Ainsi, pour les herbivores, il est montré une relation positive significative entre la quantité d'herbe qu'ils consomment et la composition équilibrée du lait en oméga-6/oméga-3 (Hurtaut *et al.*, 2010).

1. Un autre bon marqueur des effets des changements de notre mode d'alimentation est la composition du lait maternel : sa teneur en oméga-6 a triplé aux États-Unis depuis 1940 (Ailhaud *et al.*, 2006).

Le régime alimentaire actuel des vaches, majoritairement alimentées avec du maïs pauvre en oméga-3, génère des produits dont le rapport oméga-6/oméga-3, voisin de 6, est supérieur à celui recommandé (Magrini et Duru, 2014a).

Compte tenu des consommations moyennes, l'apport journalier des produits animaux (viande, produits laitiers et œufs) à notre alimentation en oméga 3 et 6 est respectivement de 0,57g et 4,18g², soit près de la moitié des besoins quotidiens en oméga-6 mais avec un ratio oméga-6/oméga-3 de 7,3, soit supérieur aux recommandations.

• *Composition des acides gras des huiles végétales ingérées par l'homme*

Les huiles végétales ont des compositions très différentes en acides gras. Relativement au besoin d'un ratio oméga-6/oméga-3 < 4 dans notre régime alimentaire global, nous pouvons distinguer parmi les huiles courantes trois types d'huiles selon leur contribution plutôt équilibrante ou déséquilibrante :

- les huiles « équilibrantes » sont celles dont le ratio est bas, telles que l'huile de colza très riche en oméga-3 ;
- les huiles « très déséquilibrantes » sont celles présentant un ratio très élevé : tournesol non oléique, arachide, palme (les deux premières se caractérisant par un pourcentage élevé d'oméga-6 et la dernière, d'acides gras saturés) ;
- les huiles « légèrement déséquilibrantes » ayant un ratio d'environ 8, parce qu'elles sont très (soja) ou peu (olive, tournesol oléique) pourvues en oméga-6.

2. Le détail des calculs qui suivent peut être fourni par les auteurs.

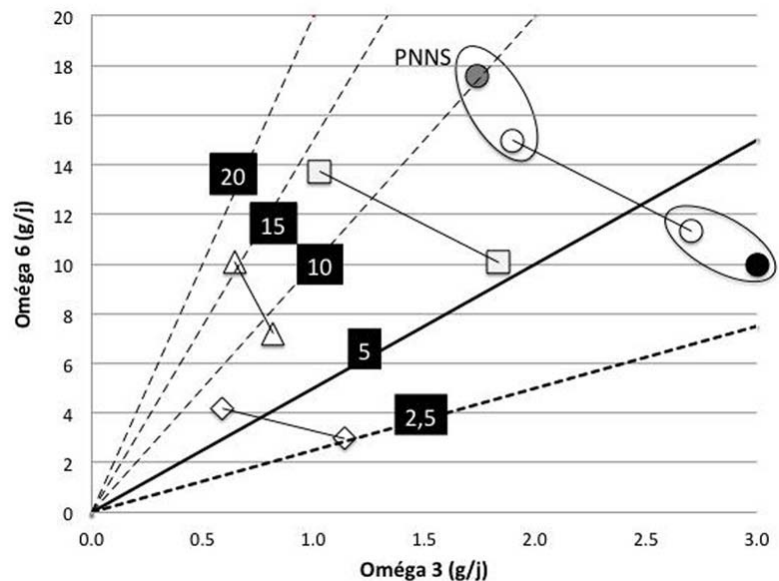


Figure 3. Quantités d'oméga-6 et 3 apportées par les principaux aliments (produits animaux et huiles) en France.

Quantités d'oméga-6 et -3 apportées par jour par les produits animaux (\diamond), les huiles végétales (\triangle), leur cumul (\square) et le cumul avec les poissons et autres ressources en oméga (\circ) ; comparaison avec les recommandations (\bullet) et les quantités consommées d'après le PNNS (\bullet). Deux mêmes symboles blancs reliés par une droite correspondent au mode d'alimentation actuel (à gauche) et au scénario alternatif (à droite). L'ellipse du haut entoure les quantités consommées selon notre mode d'alimentation actuel d'après le PNNS et selon nos calculs ; les quantités consommées dans le scénario alternatif et les recommandations apparaissent dans l'ellipse du bas. Les droites obliques indiquent différentes valeurs du rapport oméga-6/oméga-3.

Sur la base des teneurs et des quantités d'huiles consommées (28,7 g par jour selon nos estimations, dont presque les deux tiers sous forme d'huiles cachées), les quantités d'oméga-6 et -3 ingérées sont respectivement de 7,21 et 0,82 g par jour. Au sein des huiles végétales, celle de tournesol non oléique contribue le plus à la fourniture en oméga-6 (69% à elle seule), l'huile de colza en oméga-3 (77%) et l'huile de palme en acides gras saturés (40%). Relativement aux recommandations pour la composition de l'assiette, l'huile de tournesol non oléique apporte à elle seule 60% des oméga-6 et celle de colza 13% des oméga-3.

Maîtriser les acides gras de notre assiette : simulation de scénarios

Nous avons comparé les apports en oméga-3 et -6 du régime alimentaire courant : produits animaux issus de modes d'élevage conventionnels, principales huiles végétales consommées (rappe- lées ci-dessus) et poissons dont une fonction est de rééquilibrer le ratio oméga-6/oméga-3. Puis, nous avons construit un scénario alternatif d'un régime alimentaire où seuls ont été changés le mode d'alimentation des animaux et le type d'huiles, les quantités consommées de produits animaux, d'huiles et de poissons restant identiques. Pour cela, nous avons pris comme référence dans la composition de l'alimentation des animaux des formules riches

en oméga-3, issues d'une alimentation à l'herbe toute l'année (pour les ruminants et correspondant aux modes d'alimentation dominants des années 1950), ou correspondant à une complémentation d'aliments riches en oméga-3, tels que des graines de lin (pour les ruminants et monogastriques). Ce scénario alternatif préfigure ce que pourrait être une révision des systèmes d'alimentation des animaux favorisant des formules riches en oméga-3. Pour les huiles, ce scénario s'appuie sur l'hypothèse suivante : une réduction de 50% des huiles de tournesol non oléique et de palme, une augmentation de celle de tournesol oléique ($\times 2,1$, à concurrence d'une même quantité d'huile de tournesol au total), une augmentation de l'huile de colza ($\times 2,15$) et une réduction de 20% de l'huile de soja. Ce scénario alternatif, comparé à une alimentation conventionnelle induit les variations suivantes sur la composition en oméga-6 et -3 (fig. 3) :

- pour les produits animaux, le passage d'une alimentation conventionnelle à une alimentation à base d'herbe ou enrichie en lin augmente l'apport journalier d'oméga-3 de 0,57 à 1,15 g (plus du tiers des besoins quotidiens) et réduit celui en oméga-6 de 4,18 à 2,97. Le ratio oméga-6/oméga-3 diminue alors de 7,3 à 2,6, passant donc d'une valeur supérieure à la norme recommandée à une valeur inférieure.

- pour les huiles, celle de tournesol non oléique contribue toujours le plus à la fourniture en

oméga-6, mais dans une proportion moindre (51%). Relativement aux recommandations pour la composition de l'assiette, l'huile de tournesol non oléique apporte encore 30% des omégas-6, et celle de colza 19% des oméga-3.

Dans ce scénario alternatif, l'analyse par type d'aliment montre que ce sont les œufs et l'huile de colza qui augmentent le plus la composition de notre assiette en oméga-3, alors que c'est la réduction de la consommation des huiles de palme et de tournesol non oléique qui réduisent le plus la consommation d'oméga-6. Au final, en considérant la consommation actuelle de poissons, le régime alternatif composé de produits animaux ayant un système d'alimentation plus équilibré relativement aux acides gras et un changement du type d'huile pourvoit à la quantité minimale d'oméga-6 requise et assure environ 90% des besoins totaux en oméga-3 : le rapport oméga-6/oméga-3 est alors inférieur à 5.

Leviers pour connecter agriculture et nutrition-santé

La simulation d'un mode d'alimentation alternatif nous permet d'identifier et de hiérarchiser plusieurs leviers pour rééquilibrer notre alimentation, interpellant directement nos modes de production agricole dans une perspective de reconnexion des enjeux agricoles et de nutrition-santé. Une vision plus intégrée nécessite de s'appuyer sur des approches dites « co-évolutionnistes » développées par les économistes (Foxon *et al.*, 2013), qui insistent sur l'imbrication des différentes composantes de nos systèmes de production pour comprendre les stratégies d'acteurs qui gouvernent les choix technologiques et de consommation. Les théories de la transition vers la durabilité (Geels, 2011) insistent alors sur l'étude des processus d'innovation pour comprendre comment une dynamique du changement peut s'enclencher, en fonction du cadre institutionnel et des niches d'innovation (encadré 1).

Encadré 1. Les dynamiques de changement dans les théories de la transition

Pour l'essentiel, les approches sur la transition s'inspirent des courants évolutionnistes (Dosi et Nelson, 2010) en visant une compréhension systémique des modes de production, par une analyse couplant les réseaux d'acteurs et les technologies.

Le concept de régime sociotechnique proposé dans la théorie multi-niveaux (Geels, 2011) illustre cette approche : il désigne l'ensemble des règles définies dans un complexe de produits, de qualifications et de procédures qui sont imbriqués eux-mêmes dans des institutions et des infrastructures technologiques en place. Bien souvent, ces travaux montrent que les régimes socio-techniques, caractérisant les différents secteurs d'activité de nos économies occidentales, sont « verrouillés », dans le sens où ils se maintiennent bien qu'ils soient reconnus comme présentant des conséquences négatives importantes. Ces systèmes continuent en fait de se renforcer en cherchant cependant à s'améliorer, mais selon une trajectoire technologique incrémentale qui laisse peu de place à l'émergence d'innovations plus radicales par une reconception profonde des modes de production afin d'atteindre des objectifs de durabilité plus élevés. L'explication de ce verrouillage s'analyse généralement dans une perspective historique en montrant comment la structuration progressive des acteurs et de leurs choix technologiques se renforce au fil des années (Meynard *et al.*, 2013) via différents mécanismes dit d'auto-renforcement (Foray, 1989), tels que :

- les logiques d'économie d'échelle (plus une technologie est déployée à grande échelle, plus elle est rentable) ;
- des économies d'apprentissage (plus le nombre d'utilisateurs augmente, plus les progrès d'usage se renforcent) ;
- de compatibilité des standards productifs (les normes et les règles s'établissent en fonction du régime dominant) ;
- des logiques de lobbying.

À ce jour, le secteur agro-alimentaire reste particulièrement peu étudié (Markard *et al.*, 2012). Les enjeux sont pourtant d'ampleur, car ce secteur interagit avec de nombreuses ressources naturelles, influençant la biodiversité et le changement climatique, et impacte aussi notre alimentation et notre santé. Marsden (2012) rappelle ainsi l'importance de reconsidérer l'agriculture et l'alimentation comme étroitement liées, pour définir les leviers d'une co-transition amont-aval. Les travaux de Magrini *et al.* (2014) illustrent par exemple ces mécanismes de verrouillage dans les systèmes agricole et agro-alimentaire français qui ont marginalisé les espèces légumineuses à graines, alors qu'elles présentent des bénéfices environnementaux et nutritionnels importants. Meynard et Durmand (2014) insistent aussi sur le poids des routines et des procédures institutionnalisées dans le verrouillage agricole qui freine l'adoption de pratiques innovantes vers plus de durabilité.

Face à ces verrouillages, il existe deux grands types de leviers pour y remédier. Le premier est le cadre institutionnel : les pouvoirs publics peuvent adopter de nouvelles politiques, normes et règles pour inciter les acteurs à changer leur comportement, ou au moins à formuler des recommandations nouvelles (par exemple nutritionnelles pour le consommateur), au regard des grands enjeux contemporains. Certains acteurs plus enclins à s'orienter vers la nouveauté saisiront ces recommandations pour construire des innovations plus radicales. Ces dernières, souvent à la marge du système dominant, constituent le deuxième levier majeur dénommé les « niches d'innovations » dans ces approches. Elles peuvent s'appuyer sur des nouveaux produits, standards, techniques et technologiques permettant de proposer une réorientation profonde des modes de production. Citons par exemple la filière BBC en alimentation animale. L'enjeu est alors de comprendre comment ces niches d'innovation peuvent émerger, se structurer et se diffuser face au poids du régime dominant. Pour cela, au-delà des innovations produits et techniques qu'elles proposent, ces niches doivent souvent s'appuyer sur de nouveaux modes d'organisation pour fédérer les acteurs et contribuer à la diffusion des pratiques innovantes proposées.

Nous proposons d'appliquer ce cadre d'analyse pour identifier les innovations techniques, organisationnelles mais aussi institutionnelles pouvant contribuer à faire évoluer l'ensemble du système agro-alimentaire, y compris dans la recherche.

Des filières animales et végétales très connectées et largement internationalisées

Comprendre les logiques d'acteurs suppose en premier lieu d'identifier leurs relations au travers, par exemple, des flux des produits agricoles entre et au sein des filières animales et végétales, entre circuits de transformation et de distribution, mais aussi entre pays. La quantification de ces flux reste complexe car, outre leur utilisation directe à domicile ou en restauration hors domicile, les produits animaux et surtout les huiles, pour la moitié environ, constituent des ingrédients (ou servent à la fabrication) de produits transformés (margarines, sauces, frites, gâteaux, etc.).

Les huiles végétales proviennent principalement des cultures d'oléoprotéagineux (colza, tournesol) et d'oléagineux (lin, olivier, palmier à huile). Les matières grasses animales proviennent des élevages de monogastriques et de ruminants qui sont nourris de plus en plus à partir d'aliments concentrés, particulièrement pour la production laitière et l'engraissement des animaux. Ces aliments concentrés sont composés, tous élevages confondus (Agreste, 2011), à 60% de céréales (essentiellement blé-maïs) et à plus d'un quart de tourteaux (pour moitié de soja, le reste essentiellement de colza et tournesol). Selon le type d'animal (monogastrique, ruminant), les performances visées et la ration de base choisie (maïs ou herbe pour les ruminants), le besoin de complémentation en protéines est plus ou moins élevé. Les graines des oléo-protéagineux sont donc à la fois des sources d'huiles pour l'alimentation humaine et de co-produits pour l'alimentation animale (les tourteaux) utilisés pour compléter la ration en protéines des élevages, en particulier de porcs et de volailles. Autrement dit, les tourteaux sont la charnière des filières animales et végétales et la nature des huiles produites conditionne la nature des tourteaux disponibles. En conséquence, sans une considération conjointe des deux systèmes d'une valorisation des espèces riches en oméga-3, aucun acteur n'est incité à changer ses sources d'approvisionnement.

Or l'analyse des importations et exportations montre aussi que l'insuffisante production française d'espèces riches en oméga-3 est amplifiée par les échanges commerciaux. Ainsi pour le tournesol, les échanges d'huiles sont très importants en valeur relative de la production (exportation de près de 50% du volume produit

et importation d'environ un tiers). L'importance de ces échanges nous a conduits à faire l'hypothèse (pas de statistiques trouvées) que l'huile oléique est plus fortement exportée qu'importée, en relation avec une consommation française de l'oléique bien moindre que celle du non-oléique alors que les productions des deux types d'huiles sont équivalentes. Pour le soja, si les flux d'huiles sont très faibles, les importations de tourteaux restent massives (sur les 8 millions de tonnes de tourteaux consommés en France, 4 millions sont issus du soja importé d'après FranceAgriMer). Par contre, pour le colza, les échanges sont très faibles relativement aux quantités produites, tant pour les huiles que les tourteaux. La production de colza a triplé depuis 2000, du fait d'une forte demande pour l'utilisation de biocarburant ; on utilise ainsi aujourd'hui 2 millions de tonnes de tourteaux de colza.

Pour autant, les enjeux actuels de la réduction de la vulnérabilité des élevages conduisent à rechercher de nouvelles sources d'approvisionnement en France, y compris pour le tourteau de tournesol. Ces considérations montrent donc qu'il est aussi fondamental de prendre en compte conjointement une large gamme d'enjeux : économiques, depuis l'autonomie alimentaire pour l'élevage français jusqu'aux enjeux de nutrition-santé.

De l'analyse succincte des flux, il ressort que cinq grands types d'opérateurs structurent la chaîne agro-alimentaire qui lie les agriculteurs aux consommateurs (Rastoin et Ghersi, 2010) : l'agrofourniture, les organismes de collecte et de stockage, les fabricants d'aliments du bétail, les tritrateurs et huiliers, les transformateurs et distributeurs (fig. 4). Une particularité de cette chaîne est de ne pas être linéaire : les tritrateurs et les fabricants d'aliments du bétail ont un statut amont/aval entre eux, ce qui constitue une difficulté pour un changement des flux de produits. Les acteurs du système agro-alimentaire, outre ceux de la chaîne agro-alimentaire (c'est-à-dire des filières), comprennent aussi les acteurs de la recherche et des politiques publiques (fig. 4). En effet, la recherche peut impacter la chaîne agro-alimentaire par les connaissances, les analyses et les innovations qu'elle produit. Les politiques publiques ont un impact par les normes, les réglementations et les incitations qu'elles mettent en place. C'est cet ensemble d'acteurs que nous proposons de considérer pour examiner les changements et les innovations en cours aux niveaux du cadre institutionnel, du régime sociotechnique et des niches (encadré 1), afin de révéler les comportements et logiques d'acteurs qui sont susceptibles de favoriser ou non une dynamique de changement en faveur de systèmes de production contribuant à un meilleur équilibre global des acides gras.

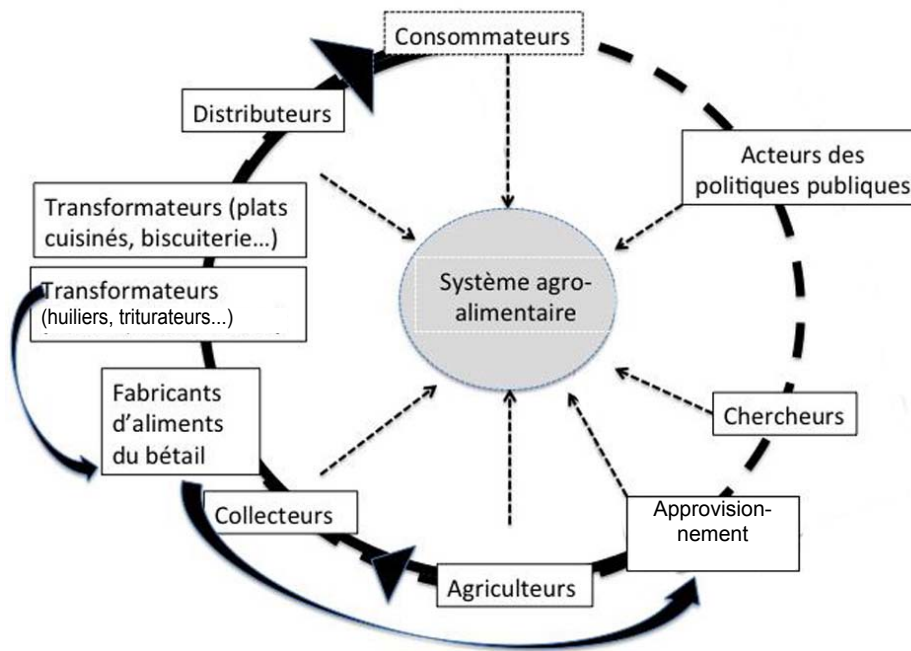


Figure 4. Le système agro-alimentaire. Les flèches en trait plein représentent les flux physiques de la chaîne agro-alimentaire ; les flèches en pointillés représentent les flux d'information et réseaux d'influence.

Forces motrices institutionnelles

- *Politiques publiques : quelles avancées ?*

L'équilibre en acides gras est reconnu comme un problème de santé publique, tant au niveau international (Bellagio Report, voir Simopoulos *et al.*, 2013) que national (ANSES, 2003 ; Groupe Lipides PNNS, 2009 ; Lessirard, 2009).

Ces groupes de travail ont eu le mérite de sensibiliser les acteurs du système agro-alimentaire à ces enjeux de nutrition-santé. Ils ont permis aussi des innovations incrémentales (changement de formules en huile de certaines industries agro-alimentaires) et de faire connaître certaines filières de niche telles que Bleu Blanc Cœur (BBC³). Malgré ces avancées, il n'y a pas de projet de réglementation visant par exemple un affichage des teneurs en omégas des profils lipidiques des produits

3. S'appuyant sur de nouvelles connaissances scientifiques relatives à la qualité spécifique du lin oléagineux (richesse en oméga-3), pour son impact positif sur le profil lipidique des produits animaux et, en retour, des effets nutritionnels bénéfiques pour l'homme, un fabricant d'aliments (Valorex) a développé une nouvelle gamme d'aliments à partir de graines de lin extrudées pour compléter la ration des animaux. L'organisation commerciale de cette nouvelle chaîne alimentaire orchestrée par l'association Bleu-Blanc-Cœur (BBC) a eu depuis sa création des impacts importants sur la stratégie de nombreuses filières. Cet enjeu d'élargissement de la production BBC est d'autant plus fort que la filière est engagée auprès du ministère de l'Agriculture et de l'alimentation pour augmenter la disponibilité des produits BBC auprès du consommateur.

agro-alimentaires, ou un label public qui viserait à mieux identifier les produits engagés dans une telle démarche d'amélioration nutritionnelle.

- *Comportement des consommateurs : quelle marge de manœuvre ?*

Le consommateur dispose d'une marge de manœuvre limitée pour équilibrer son alimentation en acides gras à partir de l'offre existante. Ce choix est compliqué car la part de l'alimentation que le consommateur peut directement maîtriser s'est réduite, compte tenu du développement de l'alimentation hors domicile et de la place importante prise par les produits transformés. En France, la restauration hors foyer se répartit pour moitié entre restauration collective et commerciale, représentant en moyenne 1 repas sur 7 consommés par an et par habitant en dehors du foyer, avec des fréquences différentes selon les âges et les catégories socio-professionnelles.

Dans l'offre agro-alimentaire actuelle, seul le label BBC apposé sur des produits animaux permet aujourd'hui de garantir au consommateur une composition en acides gras équilibrante. Cette filière de niche initiée dans les années 2000 tend à se développer (certains établissements de santé ont même adopté des menus BBC pour leurs patients⁴), mais son impact commercial reste encore très limité. Le choix en rayon de produits issus de certaines races à viande (par exemple Charolais)

4. Par exemple, la clinique Pasteur à Toulouse.

ou de produits laitiers sous AOC, de même que celui de produits animaux bio peut aussi augmenter la probabilité de consommer des produits d'animaux de finition à l'herbe, et donc d'une présence supérieure d'oméga-3.

Pour les huiles végétales, les « équilibrantes » comme le colza ou le lin (rapport oméga-6/oméga-3 < 5) permettent de corriger l'apport trop élevé en oméga-6 provenant des autres sources d'acides gras. Les huiles annoncées en rayon comme « équilibrées » ne le sont qu'en elles-mêmes et ne participent pas à l'amélioration de notre équilibre en acides gras. L'huile de noix, riche en oméga 3 (10%), n'est pas équilibrante car trop riche en oméga 6 (70%) pour lequel notre régime est déjà excédentaire. L'étiquetage permet aussi de repérer les produits transformés comportant de l'huile de palme, mais qui bien souvent reste inconnue pour le consommateur sous la mention vague « huiles végétales » (biscuits, conserves, etc.).

Au regard de ces considérations, un levier à fort impact potentiel est donc de fortement réduire la consommation d'huile de tournesol non oléique ou de produits en contenant et, dans le même temps, de réduire la consommation de produits animaux dont le mode d'alimentation n'est pas connu au profit d'une alimentation plus diversifiée en protéines végétales. Et ce d'autant plus que nos régimes alimentaires présentent un excès de calories animales (Combris *et al.*, 2011) remettant en question la durabilité de nos systèmes alimentaires (Esnouf *et al.*, 2011). Ces leviers d'action permettent au consommateur de constituer une assiette plus équilibrée en acides gras.

Mais la généralisation de tels comportements reste toutefois difficilement envisageable car elle suppose une connaissance fine par le consommateur de ces considérations nutritionnelles, de l'origine des produits et des processus de transformation agro-alimentaire. Une prise de conscience progressive par un plus grand nombre de consommateurs reste un moyen de faire pression sur certains maillons de la chaîne agro-alimentaire, comme l'hypothèse en a été faite pour la réduction des aliments contenant de l'huile de palme (Weill, 2014).

Innovations dans la chaîne agro-alimentaire : une faible considération des enjeux oméga

• Au niveau des filières animales

Les changements de ces dernières années dans les pratiques de la formulation restent déconnectés des enjeux oméga.

L'optimisation par la seule considération des prix (Charrier *et al.*, 2013) conduit à favoriser les tourteaux de soja pour équilibrer les rations en protéines, et plus récemment les tourteaux d'huile de palme, et ce d'autant plus que la contribution du maïs grain reste élevée dans l'alimentation des monogastriques et celle d'ensilage de maïs continue à augmenter pour les ruminants. Cette dynamique correspond à une évolution « silencieuse » du rapport oméga-6/oméga-3, qui est aussi dégradé par d'autres considérations environnementales déconnectées des enjeux en acides gras.

Ainsi, les teneurs en huiles des formules ont augmenté car l'adjonction de lipides réduit les émissions de méthane par rapport aux glucides (Doreau *et al.*, 2011) mais au profit d'huiles riches en oméga-6 (tournesol non oléique) ou en acides gras saturés (huile de palme). La filière BBC, axée sur une amélioration nutritionnelle et environnementale conjointe, a fait en revanche le choix de valoriser d'autres sources lipidiques telles que les graines de lin.

D'autres voies d'innovation plus directement axées sur la composition en acides gras, telles que l'amélioration génétique (projet Phénofinlait, Govignon-Gion *et al.*, 2012), restent aussi essentiellement incrémentales et ne visent pas une reconception profonde de l'organisation de la production agricole dans ses choix d'approvisionnement, alors que la filière BBC propose de réorganiser certaines des filières lait pour favoriser une amélioration « naturelle » de la chaîne alimentaire par des choix adaptés des matières premières utilisées dans les formules animales (Lessirard, 2009). Cette démarche d'innovation se situe donc plus en rupture⁵ (Magrini et Duru, 2014a, b).

Cependant, si plusieurs autres systèmes de production présentent des modes d'alimentation permettant un équilibre des oméga-6 et -3 proches des recommandations (bovins-lait sous AOC dont la part de l'herbe est importante), des entretiens réalisés auprès de ces éleveurs révèlent qu'ils ne perçoivent pas un intérêt à valoriser un affichage nutritionnel spécifique sur ces considérations qui sont encore mal comprises par le consommateur et peu médiatisées par les pouvoirs publics.

5. Notons aussi qu'il existe d'autres innovations de rupture potentielle en cours d'étude telle que par exemple la production de lapins à l'herbe.

La plupart des innovations restent donc incrémentales en visant un objectif unique d'amélioration de l'efficacité économique ou technique, ou d'un moindre impact environnemental. Les enjeux de nutrition-santé ne sont considérés conjointement à ces objectifs que par certains acteurs qui s'orientent alors vers des innovations plus radicales. Une vision multicritères des enjeux peut donc conduire à des choix différents pour une reconception plus durable de nos systèmes. Mais leur reconnaissance et diffusion dépendent aussi de la capacité des institutions publiques à fournir un cadre stimulant.

• *Au niveau des filières d'oléoprotéagineux et protéagineux*

Les cultures de colza et de tournesol sont encouragées respectivement pour leur intérêt énergétique et le faible besoin en traitements phytosanitaires, mais peu au regard de leurs propriétés nutritionnelles. Les deux innovations de rupture observées ces dernières décades sont liées à la génétique : le colza sans acide érucique des années 1970, le tournesol oléique (teneur réduite en oméga-6) des années 1990. La plupart des innovations sont aussi de nature incrémentale et visent, par la conduite agronomique et la génétique, à augmenter le rendement en graines, leur teneur en huile et maintenant la teneur en protéine pour mieux valoriser les tourteaux (Labalette *et al.*, 2012), mais visent peu à améliorer les impacts nutritionnels sur l'ensemble de la chaîne alimentaire.

Si l'industrie des huiles s'est cependant plus adaptée aux nouvelles normes nutritionnelles en « lançant » comme innovation-santé les huiles de mélanges « équilibrées », elle continue à promouvoir les autres. C'est le cas en particulier de l'huile de tournesol non oléique dont est vantée la « richesse » en oméga-6 en tant qu' « acide gras indispensable », l'argumentaire promotionnel omettant de mentionner que notre régime alimentaire en est déjà très excédentaire...(!). La permanence de l'utilisation de l'huile de tournesol non oléique reste donc surprenante, alors que sa substitution avec d'autres huiles ne pose pas a priori de problème technologique.

Inversement, des industriels de la transformation, comme McCain (Gondé et Morin, 2012) ou Findus, ou encore de la restauration rapide, par exemple McDonald's, ont remplacé l'huile de palme par d'autres huiles, dont le tournesol oléique et le colza. Le choix de telles innovations reste motivé par un intérêt économique via la recherche d'une différenciation des produits sur le marché pour répondre à de nouvelles attentes sociales. Il tend aussi à montrer une pression de l'aval du système plus forte sur les orientations productives prises en amont qui, à terme, est sus-

ceptible d'avoir un impact sur la disponibilité en tourteaux de l'alimentation animale, de par la forte connexion entre ces systèmes de production.

Verrous : des cloisonnements entre filières à l'absence d'études intégrées

Si certaines innovations incrémentales dans l'agriculture et l'agro-alimentaire initient aujourd'hui un cercle vertueux en mettant en cohérence les enjeux agricoles et de nutrition-santé, certaines sont freinées pour des raisons réglementaires ou économiques. Ainsi, l'écart des prix rend difficile le choix de réduire la production d'huile de palme et d'huile de tournesol non oléique. Selon Gondé et Morin (2012), l'huile de tournesol oléique est 30% plus chère que l'huile de tournesol non oléique, elle même 60% plus chère que l'huile de palme. Un différentiel de prix qui tient en partie à la forte demande de tournesol oléique à défaut d'une offre suffisante. En outre, la réglementation européenne sur les allégations nutritionnelles ne permet plus de mettre en avant ce volet nutrition-santé comme le proposait la filière BBC car l'augmentation en oméga-3 contenus dans ses produits finis n'est pas considérée comme suffisante au regard du taux d'augmentation requis par la norme européenne (Magrini et Duru, 2014b). Enfin, le différentiel de compétitivité qui s'est construit au fil du temps entre cultures majeures et mineures (Meynard *et al.*, 2013) ne favorise pas la culture d'espèces telles que les protéagineux pouvant rendre les élevages moins dépendants des tourteaux, ou d'espèces riches en oméga-3 telles que le lin oléagineux ou la luzerne. Ces dynamiques résultent de la construction progressive d'un schéma cohérent d'organisation de la production et de la consommation agro-alimentaire. Une forte standardisation des pratiques s'est développée selon le schéma dominant décrit. Elles conduisent à une situation de verrouillage dont il est aujourd'hui difficile de sortir à moins que plusieurs des maillons du système agro-alimentaire ne changent en même temps.

Or, il est difficile d'envisager des changements coordonnés qui améliorent à la fois la compétitivité économique, la souveraineté (en protéines) tout en prenant en compte les impacts nutrition-santé potentiels des choix effectués. D'autres freins technologiques existent aussi, ainsi que des réticences à fournir au consommateur une information supplémentaire perçue comme « compliquée ».

Enfin, le cloisonnement des recherches, entre le domaine des pratiques agricoles et la composition des produits d'une part, la composition nutritionnelle de l'assiette et la santé humaine d'autre part, contribue aussi à rendre difficile la compréhension du système et son évolution. Le

cloisonnement de la recherche par produit (oléagineux, oléoprotéagineux, céréales, etc.) ou par enjeu (économie, environnement, alimentation) favorise des innovations le plus souvent incrémentales visant l'augmentation des performances du système en place via la génétique (composition en acides gras du lait ou des oléoprotéagineux) ou par l'efficacité des intrants (conduite agronomique pour la teneur en huile des oléoprotéagineux, sans par exemple distinguer les deux types de tournesol). Considérer l'ensemble du système nécessite aussi de s'intéresser aux pratiques même des élevages : dans le cas des ruminants, par exemple, examiner les équilibres entre types de ration de base (maïs vs. herbe) et types de complémentation (tourteaux, protéagineux, légumineuses). À l'échelle des élevages, l'évaluation multicritère (économique, environnemental et nutrition-santé) des différentes voies pour renforcer l'autonomie en protéines des élevages de ruminants, nourris à l'herbe ou au maïs, par différents types de protéagineux et tourteaux, devrait être une priorité.

Conclusion

Le maintien d'un déséquilibre entre oméga-6 et oméga-3, malgré des recommandations qui font la quasi-unanimité des scientifiques, laisse perdurer un problème majeur de santé publique. Le consommateur, à moins qu'il ne soit informé et très avisé, ne peut se constituer une assiette équilibrée, et de toute façon cette voie n'est pas généralisable sans des changements majeurs au niveau de la chaîne agro-alimentaire. Cet état de fait interroge à la fois les politiques publiques et la recherche, pour faire évoluer le régime sociotechnique.

Au cours des quinze dernières années, des innovations, principalement incrémentales, ont permis d'améliorer la composition en acides gras de plusieurs produits. Cependant, les changements défavorables dans les modes d'alimentation (toujours plus de lipides d'origine végétale cachés

dans les aliments) et la réduction de l'alimentation à l'herbe des élevages ruminants, et une augmentation de la part du maïs pour les monogastriques, limitent l'impact de telles innovations sur l'amélioration de la composition de l'assiette.

Des recherches établissent des relations entre alimentation et composition des produits animaux en acides gras, d'autres tentent d'améliorer le rendement et la teneur en huile de tel ou tel protéagineux, d'autres encore établissent des relations entre composition en acides gras de notre assiette et maladies de civilisation. Mais ces travaux, conduits le plus souvent indépendamment les uns des autres, ont laissé des espaces de recherche vacants, voire ont abouti à des orientations de recherche peu cohérentes, et divergentes les unes par rapport aux autres, en privilégiant un point de vue unique.

Nous insistons donc sur la nécessité d'une analyse globale, recouvrant les produits depuis leur élaboration (alimentation des animaux) jusqu'à leur mise en marché, prenant en compte les interdépendances entre filières végétales et animales. Son absence limite, voire empêche actuellement le développement de filières et de recommandations nutritionnelles capables de répondre à la fois à des objectifs de production agricole et de santé publique et de faire sauter les verrous et blocages.

Ce sont donc des études intégrées des filières incluant la composante nutrition-santé humaine qu'il convient de promouvoir : *a minima* pour mieux contextualiser les recherches dans le champ des sciences agronomiques ou de nutrition-santé, mais surtout pour développer des recherches dans le « *no man's land* » actuel des interfaces ■

Remerciements

Nous tenons à remercier Delphine Leenhardt, ainsi que les éditeurs du *Courrier* pour leurs remarques constructives faites sur une version préliminaire de ce texte.

Références bibliographiques

- Adams R.B., Demmig-Adams B., 2013. Impact of contrasting food sources on health versus environment. *Nutrition and Food Science*, 43, 228-235.
- Agreste, 2011. Les matières premières dans les aliments composés pour animaux de ferme en 2009. *Agreste Primeur*, 258.
- Ailhaud G., Massiera F., Weill P., Legrand P., Alessandri J.M., Guesnet P., 2006. Temporal changes in dietary fats: role of n-6 polyunsaturated fatty acids in excessive adipose tissue development and relationship to obesity. *Progress in Lipid Research*, 45, 203-236.
- Agence française de sécurité des aliments (ANSES), 2003. Acides gras de la famille oméga 3 et système cardiovasculaire : intérêt nutritionnel et allégations. Rapport public, juin 2003. ANSES-La Documentation française, Paris, 135 p., <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/054000125>
- Astorg P., Arnault N., Czernichow S., Noisette N., Galan P., Hercberg S., 2004. Dietary intakes and food sources of n-6 and n-3 PUFA in French adult men and women. *Lipids*, 39, 527-535.
- Bousquet M., Calon F., Cicchetti F., 2011. Impact of ω -3 fatty acids in Parkinson's disease. *Ageing Research Reviews*, 10, 453-463.

- Brasky T.M., Darke A.K., Song X., Tangen C.M., Goodman P.J., Thompson I.M., 2013. Plasma phospholipid fatty acids and prostate cancer risk in the SELECT trial. *Journal of the national cancer institute*, 105, 1132-1141.
- Charrier F., Magrini M.B., Charlier A., Fares M., Le Bail M., Messéan A., Meynard J.M., 2013. Alimentation animale et organisation des filières : une comparaison pois protéagineux-lin oléagineux pour comprendre les facteurs freinant ou favorisant les cultures de diversification. *Oléagineux, corps gras, lipides*, 20(4), 10 p.
- Combris P., Goglia R., Henini M., Soler L.G., Spiteri M., 2011. Improvement of the nutritional quality of foods as a public health tool. *Public Health*, 125(10), 717-724.
- Dawczynski C., Massey K.A., Ness C., Kiehnkopf M., Stepanow S., Platzer M., Grün M., Nicolaou A., Jahreis G., 2013. Randomized placebo-controlled intervention with n-3 LC-PUFA-supplemented yoghurt: effects on circulating eicosanoids and cardiovascular risk factors. *Clinical Nutrition*, 32(5), 686-696.
- Doreau M., Martin C., Popova M., Morgavi D.P., 2011. Leviers d'action pour réduire la production de méthane entérique par les ruminants. *Productions animales*, 24, 461-474.
- Dosi G., Nelson R.R., 2010. Technical change and industrial dynamics as evolutionary processes. *Handbook of the Economics of Innovation*, 1, 51-127.
- Esnouf C., Russel M., Bricas N. (coords.), 2011. *Pour une alimentation durable. Réflexion stratégique du ALIne*. Éditions Quae, 288 p.
- Foray D., 1989. Les modèles de compétition technologique. Une revue de la littérature. *Revue d'économie industrielle*, 48, 16-34.
- Foxon T.J., Köhler J., Michie J., Oughton C., 2013. Towards a new complexity economic for sustainability. *Cambridge Journal of Economics*, 37(1), 187-208.
- Geels F., 2011. The multi-level perspective on sustainability transitions. Responses to seven criticisms. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 1 (1), 24-40.
- Gerber M., 2012. Omega-3 fatty acids and cancers: a systematic update review of epidemiological studies. *The British Journal of Nutrition*, 107 suppl., 228-239.
- Gondé P., Morin O., 2012. Optimisation du choix de l'huile en friture industrielle: l'exemple Mc Cain. *Oléagineux, corps gras, lipides*, 19(2), 96-100.
- Govignon-Gion A., Fritz S., Larroque H., Chantry-Darmon C., Lahalle F., Brochard M., Boichard D., 2012. Estimation de paramètres génétiques et recherche de QTL affectant la composition du lait en acides gras dans trois races bovines laitières françaises. XIX^e Rencontres Recherche Ruminants, Paris, mai 2012, 65-72.
- Groupe PNNS Lipides, 2009. *Rapport du groupe sur les lipides*. Synthèse MAAP DGAL, <http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/synthese-rapport-groupePNNS-lipides.pdf> septembre 2009
- Hermier J.D., Huneau F., Tomé D., Mariotti F., 2010. Évaluation de l'intérêt nutritionnel d'isolats de protéines de colza chez le rat et l'Homme: application à la prévention du syndrome métabolique. *Oléagineux, corps gras, lipides*, 17(5), 325-332.
- Hurtaud C., Faucon F., Couvreur S., Peyraud J.L., 2010. Linear relationship between increasing amounts of extruded linseed in dairy cow diet and milk fatty acid composition and butter properties. *Journal of dairy science*, 93, 1429-1443.
- Kiecolt-Glaser J.K., Belury M.A., Andridge R., 2012. Omega-3 supplementation lowers inflammation in healthy middle-aged and older adults: a randomized controlled trial. *Brain, Behavior, and Immunity*, 26, 988-995.
- Labalette F., Jouffret P., Merrien A., 2012. Oleic Sunflower production: current situation and trends. *XVIIIth International sunflower Conference*, Mar del Plata, Onidol-Cetiom, 6p.
- Lang T., Barling D., 2013. Nutrition and sustainability: an emerging food policy discourse. *Proceedings of the Nutrition Society*, 72(01), 1-12.
- Legrand P., 2013. Nouvelle approche pour les recommandations nutritionnelles en lipides nécessaires. *Oléagineux, corps gras, lipides*, 20, 75-78.
- Lessirard J., 2009. *Amélioration de la qualité nutritionnelle des produits alimentaires*. Rapport du Conseil général de l'agriculture, de l'alimentation et des espaces ruraux, CGAAER, 1824.
- Madore C., 2014. Nutritional n-3 PUFAs deficiency during perinatal periods alters brain innate immune system and neuronal plasticity-associated genes. *Brain Behavior and Immunity*, 41, 22-31.
- Magrini M.B., Duru M., 2014a. Dynamiques d'innovation dans l'alimentation des bovins-lait : une analyse du processus de diffusion de la démarche Bleu-Blanc-Cœur et de ses répercussions. *Fourrages*, 217, 79-90.
- Magrini M.B., Charrier F., Duru M., 2014b. Transition agroécologique et synergies des filières du végétal et de l'animal. Une analyse de la niche d'innovation Bleu-Blanc-Cœur. *Innovations agronomiques*, 39, 139-161.
- Magrini M.B., Voisin A.S., Anton M., Cholez C., Duc G., Hellou G., Jeuffroy M.H., Meynard J.M., Pelzer E., Walrand S., 2014. La transition vers des systèmes agro-alimentaires durables : quelle place et qualification pour les légumineuses à graines? La grande transformation de l'agriculture, vingt ans après. Montpellier 16-17 juin 2014. <http://prodinra.inra.fr/record/264943>
- Markard J., Raven R., Truffer B., 2012. Sustainability transitions: an emerging field of research and its prospects. *Research Policy*, 41(6), 955-967.
- Marsden T., 2012. The problems of sustainability and food security: exploring the new disorder and its scientific and spatial responses. *The 10th European IFSA Symposium*, 1-4 July 2012, Aarhus, Denmark., p.7. http://ifsa2012.dk/wp-content/uploads/Final_BookOfAbstractUpdatedPlan.pdf

- Meynard J.M., Messéan A., Charlier A., 2013. Freins et leviers à la diversification des cultures : étude au niveau des exploitations agricoles et des filières. *Oléagineux, corps gras, lipides*, 20, D403, doi: 10.1051/oc1/2013007
- Meynard J.M., Dourmand, J.Y., 2014. L'innovation en élevage : de nouvelles démarches pour de nouveaux enjeux. *Inra Productions animales*, 27(2), 77-88.
- Molendi-Coste O., Legry V., Leclercq I., 2011. Why and how meet n-3 PUFA dietary recommendations? *Gastroenterology research and practice*, 36, 4040.
- Rastoin J.L., Gheri G., 2010. *Le système alimentaire mondial*. Editions Quae.
- Schutter (de) O., 2011. *Agro-ecology and the right to food*, Rapport aux Nations Unies. La Documentation française, Paris, <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/054000125/0000.pdf>
- Servan-Schreiber D., 2010. *Anticancer: les gestes quotidiens pour la santé du corps et de l'esprit*. Robert Laffont, Paris.
- Simopoulos A.P., 2010. The omega-6/omega-3 fatty acid ratio : health implications. *Oléagineux, corps gras, lipides*, 17, 267-275.
- Simopoulos A.P., Faergeman O., Bourne P.G., 2011. Action plan for a healthy agriculture, healthy nutrition, healthy people. *Journal of Nutrigenetics and Nutrigenomics*, 4, 65-68.
- Simopoulos A.P., Bourne P.G., Faergeman O., 2013. Bellagio Report on Healthy Agriculture, Healthy Nutrition, Healthy People. *Nutrients*, 5(2), 411-423.
- Weill P., 2010. *Mon assiette, ma santé, ma planète*. Plon, Paris.
- Weill P., 2014. *Mangez, on s'occupe du reste*. Plon, Paris.
- Woods V.B., Fearon A.M., 2009. Dietary sources of unsaturated fatty acids for animals and their transfer into meat, milk and eggs: A review. *Livestock Science*, 126, 1-20.