

Le Bio peut-il nourrir le monde ?¹

Marc Benoit^(a), Marc Tchamitchian^(b), Servane Penvern^(b), Isabelle Savini^(c), Stéphane Bellon^(b)

^(a) INRA UMRH Clermont-Ferrand

^(b) INRA UR Ecodéveloppement Avignon

^(c) INRA DEPE Paris

¹ Ce texte est fondé sur une présentation faite lors de l'Exposition universelle de Milan 2015, dans le cadre du Cycle de conférences-débats organisé par le Commissariat Général de la France à l'Institut français de Milan, en partenariat avec l'Alliance nationale de recherche pour l'environnement (AllEnvi). Les thèmes des 40 conférences cherchaient à répondre à la question « Comment assurer à l'ensemble des habitants de la planète une alimentation suffisante, de qualité, saine et durable ? », en lien avec le thème de l'Exposition « Nourrir la planète, énergie pour la vie ». Cette conférence sur l'AB a ouvert le cycle, le 13 mai 2015. Son enregistrement est disponible : http://www6.inra.fr/comite_agriculture_biologique/Accueil/Actualites/le-bio-peut-il-nourrir-le-monde.

Résumé

Les besoins alimentaires futurs à l'échelle de la planète vont augmenter fortement, avec une prévision de 9 milliards d'habitants en 2050. Parallèlement l'humanité va devoir faire face à de nombreux défis, dont ceux touchant aux impacts des activités humaines sur l'environnement. Aussi, il est nécessaire de proposer des pratiques agricoles plus respectueuses de l'environnement, en lien avec les principes proposés par l'agroécologie. L'Agriculture Biologique (AB), souvent présentée comme prototype de mise en œuvre de ces pratiques vertueuses, est directement questionnée par ce défi : peut-elle nourrir la planète ? Ce texte vise à aborder la question au-delà des seuls aspects quantitatifs, en reprenant la question des performances de l'AB en termes de productivité, mais aussi du point de vue de ses impacts sur l'environnement et la santé humaine, et en termes socio-économiques. Nous montrons qu'une des difficultés de l'analyse tient au fait qu'un changement d'échelle significatif de l'AB modifierait les réflexions associées à la question initiale, en termes par exemple d'acquisition de connaissances, d'organisation des filières et de recherche, etc. Un développement important de l'AB questionnerait les fondamentaux du fonctionnement de nos sociétés : modes d'alimentation, utilisation de l'énergie, échanges commerciaux, occupations de territoires, organisation de l'agriculture et activités économiques périphériques, etc. Ces éléments nous paraissent plus importants dans le débat que les verrous techniques qui peuvent persister, et qui pourraient mettre au second plan la question de la capacité de l'AB à nourrir la planète. A l'heure où l'agroécologie figure comme une orientation nécessaire face aux enjeux environnementaux, l'AB, de par ses principes et sa réglementation reconnus et harmonisés au niveau international, peut fournir un cadre de réflexion précieux pour accompagner l'évolution des systèmes agri-alimentaires de la planète.

Codes JEL :

O13

O33

Q00

Mots clé :

Agriculture biologique

Agroécologie

Monde

Prospective

Sécurité alimentaire mondiale

Agricultures durables

Société

INTRODUCTION

L'agriculture fait aujourd'hui face à des enjeux majeurs de réduction de ses effets négatifs, notamment sur l'environnement, et de renouvellement de ses liens avec la société, au-delà des enjeux d'alimentation d'une population mondiale en très forte croissance – nécessitant une augmentation de la production agricole de 70% d'ici 2050 (FAO, 2009). La mobilisation de principes et de fonctions écologiques dans les processus de la production apparaît comme une voie potentielle de transformation de l'agriculture mondiale pour répondre à ces formidables enjeux (De Schutter, 2010). Or l'agriculture biologique (AB) peut être considérée comme prototype d'une agriculture durable (Bellon and Pervern, 2014). L'AB revendique une approche globale touchant tout à la fois (i) les acteurs classiques du secteur agroalimentaire (production, transformation, distribution), (ii) le consommateur, soucieux de sa santé, (iii) le citoyen, largement sensibilisé aux questions d'environnement, en particulier celles liées à l'usage des pesticides, (iv) la société en général, confrontée à des questions globales à fortes implications socio-économiques et éthiques.

Il est donc légitime de s'interroger sur la capacité d'un tel mode de production agricole à nourrir le monde, à satisfaire ses besoins alimentaires dans un modèle social, économique et écologique durable. Cette question est toutefois d'autant plus difficile à aborder qu'elle se décline certes en termes de quantités produites, mais aussi de répartition géographique et sociale, d'autonomie et de compétences des acteurs, de reconfiguration des systèmes alimentaires et des filières, voire en termes culturels (modification des régimes alimentaires). Or la littérature la plus visible sur cette question de la capacité de l'AB à nourrir le monde se limite souvent à des estimations grossières (car planétaires) des rendements comparés entre AB et une agriculture dite conventionnelle (Connor, 2008).

Notre approche se veut donc positionnée sur le long terme, à l'échelle de nos pays développés mais aussi au-delà, et englobe des questions sociétales qui doivent être traitées en cohérence avec celle de la satisfaction des besoins alimentaires des populations. L'enjeu de la question posée revient à analyser en quoi l'AB pourrait répondre à la large gamme d'enjeux fondamentaux qui concerneront nos sociétés dans les décennies à venir, avec le souci de mettre en avant la cohérence des éléments de cette réponse multisectorielle.

Pour cela, il est nécessaire d'aborder l'ensemble des performances de l'AB, des aspects productifs à la qualité de ses produits, en passant par ses différents impacts, environnementaux et sociétaux. Ayant mis en avant l'intérêt de l'AB à ces divers niveaux, nous chercherons à identifier, dans un second temps, les principaux freins au développement de l'AB et les conditions de celui-ci. Nous montrerons enfin qu'un développement significatif de l'AB conduirait à une reformulation de plusieurs questionnements, touchant tant aux éléments techniques de sa mise en œuvre qu'à des approches d'organisation des territoires, des filières et des acteurs.

Le cadre de l'AB et sa place dans le monde

L'AB se démarque fortement des autres types de productions agricoles, dont l'agriculture conventionnelle bien entendu, mais aussi celles couplées à divers signes officiels de qualité. L'AB se caractérise en effet par un cahier des charges strict interdisant notamment l'utilisation de tout produit chimique de synthèse (sauf pour la santé animale). Elle fait d'autre part l'objet d'une reconnaissance internationale, avec une harmonisation de la réglementation au niveau européen (Union Européenne, 2007, 2008) ou en Amérique du Nord (Canadian CFIA-USDA equivalency

amendment 2009). Notre travail se fonde essentiellement sur la notion d'AB certifiée par des organismes tiers, qui est de façon générale celle retenue dans les statistiques officielles traitant de l'AB ; si cette notion recouvre une pluralité d'AB, elle ignore de vastes surfaces agricoles de la planète qui sont cultivées sans intrants de synthèse mais ne font pas l'objet d'une reconnaissance AB. Elle ne prend ainsi pas en compte des modes de production fondés sur les principes de l'agroécologie dont elle est très proche et qui peuvent répondre aux mêmes types d'enjeux globaux. Nous ferons souvent un rapprochement entre AB et agroécologie. En effet, même si l'on peut mettre en évidence différentes acceptions de chacun de ces deux termes, leurs principes fondamentaux convergent fortement (Bellon *et al.*, 2009; Allaire and Bellon, 2014).

L'AB a commencé à avoir une réelle visibilité dans les années 70 avec la création de l'IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements) en 1972. Cette structuration du développement de l'AB dans le monde s'est accompagnée d'une forte progression de la consommation de produits biologiques certifiés. Toutefois, celle-ci ne représente encore qu'une très faible part de la consommation alimentaire totale : elle atteint, par exemple, 2,6% en France (Agence Bio, 2013) et 4,2% aux Etats-Unis. Elle est négligeable en dehors de l'Europe et les Etats-Unis qui consomment ensemble 93% de la production biologique certifiée mondiale. La part relative de l'AB par rapport à la production agricole globale est également très faible : elle représente 4% de la SAU nationale française fin 2013, 5% en Europe, seulement 1,1% en Amérique Latine, et moins de 0,3% en Afrique et Asie (Willer *et al.*, 2013) malgré une progression importante depuis 2007.

Il faut noter par ailleurs que c'est justement sur ces continents que se situe l'essentiel de la population mondiale, que les situations de sous-nutrition sont les plus fréquentes et que le nombre d'actifs agricoles est le plus élevé, avec 94% de l'ensemble (soit 1,3 milliard), utilisant chacun, en moyenne (2003), moins de 2 ha (Agrimonde, 2010). A l'opposé, les actifs agricoles des pays de l'OCDE ne représentent que 1,7% de l'ensemble, avec 20 ha par actif. Enfin, l'importance du modèle agricole intensif des pays développés est à relativiser, la production agricole des Etats-Unis et de l'Europe ne représentant que 12% de la production mondiale.

Il est donc nécessaire de reposer les enjeux de l'AB à l'échelle de la planète, par rapport à l'ensemble des systèmes agricoles, et en particulier les plus intensifs (du point de vue des surfaces, des animaux, et de la productivité du travail) qui concernent les pays les plus riches, mais ne contribuent à nourrir qu'une minorité de consommateurs. A l'inverse, la majorité de la production agricole est réalisée par des petites structures familiales dont l'avenir sera déterminant du futur contexte agricole et plus globalement socio-économique de la planète (Mazoyer M., 1997).

Un impératif d'élargissement de la question

De nombreux auteurs ont traité de la question du potentiel de l'AB à nourrir la planète. Certains d'entre eux s'en tiennent essentiellement à des aspects quantitatifs, et en concluent que les rendements plus faibles de l'AB ne lui permettront pas de nourrir 9 milliards d'habitants en 2050 (Connor, 2008; Kirchmann and Bergstrom, 2008; Connor and Mínguez, 2012). Les questions sociétales associées aux types d'agricultures mis en place ne sont abordées par ces auteurs que de façon marginale ou partielle, sur un nombre limité de situations et/ou d'indicateurs.

D'autres références, relativement nombreuses, élargissent la question, tant du point de vue des impacts globaux, des modes de production, que des panels de situations et d'indicateurs pris en compte. Il s'agit soit de publications scientifiques (Halberg *et al.*, 2006; de Ponti *et al.*, 2012; Seufert *et al.*, 2012; Ponisio *et al.*, 2014), soit de contributions très étayées d'un point de vue agronomique et

ouvertes à un public plus large (Caplat, 2012; Herren *et al.*, 2015), soit d'expertises nationales ou internationales (MEA, 2005; FAO, 2007; IAASTD, 2008; Agrimonde, 2010). Ces études abordent la question en termes de compromis entre production et autres services écosystémiques rendus par les agro-écosystèmes, et introduisent par exemple les notions de gaspillage alimentaire (estimé à 30% par la FAO (2011)), de mode de consommation, ou de souveraineté alimentaire. Plus globalement, elles s'attachent à identifier les freins et les leviers (facteurs économiques, sociaux, politiques) de la transition vers une agriculture fondée sur les principes de l'agroécologie dont l'AB est citée comme exemple phare. Cet élargissement des problématiques et du champ géographique est en lien avec les considérations sur les limites de la planète face aux impacts des activités humaines (Rockström and Steffen, 2009), qui questionnent notamment les activités agricoles et nos modes de consommation. Un point important des débats concerne la part des produits animaux dans l'alimentation humaine. L'animal est en effet souvent considéré comme en concurrence avec l'Homme pour l'utilisation des terres arables aptes à produire des végétaux directement consommables par les humains (Schader *et al.*, 2013; SOLAGRO, 2013; Pfimlin and Faverdin, 2014; Thaler *et al.*, 2015). La consommation directe de produits végétaux permet de nourrir 2 à 4 fois plus de personnes que s'ils sont utilisés pour produire des monogastriques ou des poissons, et 6 à 10 fois plus dans le cas des ruminants. Ces derniers sont par ailleurs largement mis en cause pour leurs émissions de méthane. Ces éléments de diagnostic sont toutefois à tempérer en considérant l'intérêt des animaux pour valoriser par le pâturage des surfaces non cultivables ou pour utiliser les sous-produits des grandes cultures (Tifton *et al.*, 2015), ou encore pour leur rôle dans la gestion du cycle des minéraux et de la fertilité des sols. Enfin, les animaux remplissent aussi d'autres fonctions (transport, épargne...) dans de nombreuses civilisations (Alary *et al.*, 2011), sans parler de la valeur culturelle associée à la consommation de leurs produits.

Les performances de l'AB

Dans les pays développés, la contribution de l'AB certifiée à l'agriculture en général reste très faible malgré une croissance significative. Cette faible contribution est-elle le reflet de faibles performances ? Dans le cadre de demandes sociétales multiples, nous nous proposons de balayer une large gamme de performances de l'AB, depuis sa productivité jusqu'aux impacts sur la santé humaines ou en termes socio-économiques, en passant par les impacts environnementaux.

En ce qui concerne la **productivité**, plusieurs références montrent, à très grande échelle, que le rendement d'une culture donnée est en moyenne plus faible si elle est produite en AB plutôt qu'en agriculture conventionnelle (AC). Une méta-analyse réalisée sur la base de 362 études (de Ponti *et al.*, 2012) évalue que les cultures en AB ont un rendement inférieur en moyenne de 20% à celui des cultures conventionnelles, mais avec une forte variabilité selon les études (donc les cultures et les régions). A l'échelle d'un territoire, la baisse de la production pourrait être plus importante, en raison de difficultés à satisfaire les besoins de nutriments en AB, et de la diversification nécessaire des cultures de la rotation qui réduit par exemple la place des céréales. Ponisio *et al.* (2014), dans une étude basée sur 115 publications, abordent cette question des rotations, importante en AB, et montrent que les écarts de rendements avec l'AC se réduisent si l'on considère seulement les systèmes en AB qui mettent en œuvre des rotations longues. Seufert *et al.* (2012) cherchent à identifier les facteurs de variation des écarts de rendements entre AB et AC mais se heurtent également à la diversité des situations et à la prise en compte de l'antériorité de la conversion. Au-delà des rotations, il faudrait comparer culture par culture, en tenant compte de l'expérience et de

l'âge des agriculteurs, des situations pédoclimatiques et des divers moyens de production mobilisés. A titre d'exemple, dans les pays en développement, Seufert et al. notent un écart de productivité de 43% en faveur de l'AC, mais dans l'échantillon analysé, l'AC pratique plus souvent l'irrigation, favorisant des rendements élevés et réguliers. En réduisant les cas étudiés aux situations les plus comparables entre AB et AC, ces auteurs ne constatent plus alors d'écart de productivité.

Dans une étude plus ancienne, Pretty *et al.* (2003) comparent les niveaux de productivités associés à la mise en œuvre de pratiques agroécologiques (dont la majorité sont en AB) à ceux de situations de références traditionnelles peu productives. Ils notent de très fortes augmentations de rendements lors de la mise en œuvre de ces pratiques, de 48% en moyenne, voire 93% dans les situations où les données sont les plus fiables (Pretty *et al.*, 2003). De façon générale, la productivité de l'AB est d'autant meilleure que le processus de production est diversifié et complexe, en accord avec les principes de l'agroécologie (bouclage des cycles des minéraux, association élevage et culture) (Khumairoh *et al.*, 2012). Comparer « toutes choses égales par ailleurs » supposerait également de prendre en compte la trajectoire évolutive de l'exploitation, les systèmes de production en AB tendant à s'améliorer dans le temps en réduisant leur écart de productivité avec le conventionnel (Martini *et al.*, 2004). Notons que les bases de références utilisées dans ces différentes méta-analyses ne sont pas les mêmes selon les auteurs ce qui explique en partie les écarts de résultats publiés.

Concernant la **résilience** des systèmes de production en AB, leur plus forte autonomie de fonctionnement (en lien avec les principes, la réglementation, le coût des intrants) peut être un élément générateur de risque. Ainsi, par exemple, les systèmes de production animale sont très dépendants de la production herbagère, et donc sensibles aux aléas climatiques tels que les épisodes de sécheresse ; cette vulnérabilité impose des marges de sécurité (stock de fourrage notamment) ou une flexibilité (adaptation de la taille du cheptel) plus importantes. Néanmoins, concernant toujours les phénomènes de sécheresse, les systèmes de culture en AB seraient moins sensibles compte tenu des caractéristiques de leurs sols, plus riches en matière organique (Pimentel *et al.*, 2005). Par ailleurs, la diversité des cultures mises en place dans un système procure une meilleure résilience vis-à-vis d'évènements extrêmes (tempêtes, ouragans) (Milestad and Darnhofer, 2003; Altieri *et al.*, 2011). Cette même diversité des ressources utilisées (en lien avec la diversité génétique) et la complexité des systèmes permettraient une meilleure adaptation aux évolutions du climat (Borron, 2006; Altieri and Koohafkan, 2008; Chappell and LaValle, 2011). En revanche, compte tenu de la non-utilisation de pesticides de synthèse, les systèmes en AB pourraient être plus vulnérables à l'apparition de nouvelles maladies ou ravageurs, liée à l'évolution du climat et à la généralisation des échanges internationaux, avec un temps d'adaptation plus long qu'en conventionnel.

La plus forte autonomie des exploitations en AB (moins d'intrants et de produits en AB qu'en AC, pour un revenu comparable), la diversification attendue des productions au sein de la ferme, le renforcement de la part la production écoulee dans les circuits courts, permettent à l'AB de s'affranchir plus facilement des fluctuations de conjoncture vis-à-vis desquelles elles présentent donc une meilleure résistance que l'AC.

Globalement, on peut considérer que les systèmes de production en AB peuvent afficher une meilleure résilience s'ils mettent en œuvre une diversité élevée de cultures et de productions.

Les **performances environnementales** de l'AB sont globalement meilleures que celles de l'AC, en raison tout d'abord de la non-utilisation des pesticides de synthèse, qui ont de forts impacts sur les écosystèmes et la qualité des eaux souterraines et de surface. En l'absence de produits chimiques de synthèse, les producteurs misent davantage sur les processus de régulation naturelle et mettent en place un ensemble de pratiques et d'infrastructures favorables à la biodiversité (Fleury, 2011). Concernant la contribution au réchauffement climatique, l'AB est globalement plutôt mieux positionnée que l'AC, malgré la très grande variabilité des situations et des estimations, et selon les indicateurs retenus. Ainsi par exemple, les émissions de GES en élevage de ruminants seront largement inférieures à celles de l'AC lorsqu'elles sont exprimées par hectare utilisé, mais seulement peu inférieures voire comparables si elles sont exprimées par kg de produit mis en marché (Tuomisto *et al.*, 2012), car les émissions de méthane, premier poste du bilan de GES, sont affectées à des quantités produites plus faibles qu'en AC. La consommation d'énergie non renouvelable apparaît en moyenne inférieure en AB, ce bilan final résultant le plus souvent de compensations. Par exemple², sur la base d'un rendement en AB inférieur de 50%, la consommation d'énergie par quintal de céréale produit (approche ACV – Analyse en Cycle de Vie) est comparable entre AB et AC : la consommation d'énergie liée aux produits pétroliers est supérieure de 115% par quintal produit en AB (consommation de fuel à l'hectare assez comparable entre AB et AC, pour une récolte deux fois moindre en AB), mais elle est compensée par les économies importantes réalisées sur le poste fertilisation (inférieur de 90% par quintal produit en AB) et la suppression des pesticides de synthèse. Sur cet exemple, globalement, l'énergie non renouvelable consommée par quintal de grain produit est légèrement supérieure en AB (+4%), mais elle est inférieure de 54% lorsqu'elle est calculée par hectare cultivé. Sur ce même échantillon toujours, les émissions de GES par quintal produit sont inférieures de 40% en AB avec, pour les exploitations en AC, une très forte contribution du N₂O lié à l'utilisation d'engrais azotés de synthèse.

La préservation de **la santé** est l'une des trois motivations majeures d'achat de produits issus de l'AB énoncées par les consommateurs, avec la protection de l'environnement et le goût des produits (Agence Bio, 2013). De nombreuses études scientifiques font le lien entre l'exposition aux produits chimiques (dont les pesticides, et les organophosphorés en particulier) et le développement de pathologies graves (cancers, maladies neurodégénératives, etc.). Or, en France par exemple, 80 000 tonnes de pesticides sont épandues tous les ans. Le citoyen-consommateur est exposé à ces produits, soit par la consommation d'aliments (ou d'eau en réseau), soit par leur diffusion dans l'air lors des pulvérisations. Les analyses montrent que les produits AB peuvent contenir des pesticides de synthèse, mais à des doses très inférieures à celles mesurées dans des produits de l'AC (Baranski *et al.*, 2014). Un fort développement de l'AB réduirait nécessairement cette présence résiduelle qui est associée aux pratiques de AC. La même étude montre par ailleurs que la teneur en cadmium (liée à la fertilisation phosphatée en AC) est plus basse de 50% en AB. Enfin, les teneurs en nitrate sont inférieures de 30% et celles en nitrites de 87%.

Concernant la **qualité nutritionnelle** des produits bio, le bilan est globalement positif, selon cette même méta-analyse (Baranski *et al.*, 2014) : les produits végétaux affichent des taux supérieurs de 18 à 69% pour les antioxydants, reconnus pour leur intérêt vis-à-vis de la prévention de maladies

² Résultats (non publiés) issus de l'observatoire des fermes d'élevage de l'UMR Herbivore de l'Inra de Clermont-Ferrand, 55 fermes en conventionnel et 12 en AB dans le centre de la France, de la Creuse à la Nièvre, moyenne de 5 années (2010-2014)

neurodégénératives et cardio-vasculaires et de certains cancers. Parallèlement à ces approches analytiques, l'étude Bionutrinet (Kesse-Guyot *et al.*, 2013; Baudrya *et al.*, 2015), portant sur un panel de 54 000 consommateurs français (dont 14% consomment régulièrement des produits bio et 51% de façon occasionnelle) montre que les consommateurs de produits bio connaissent moins de problème de surpoids et d'obésité et de pathologies associées, - corrélation établie après correction des facteurs associés à la consommation de produits bio (catégories socio-professionnelles, mode de vie, etc.). Cependant, ce travail doit être poursuivi pour affiner les conclusions, car il est difficile d'isoler des effets stricto sensu de l'alimentation sur la santé, les consommateurs de bio ayant un mode de vie globalement plus sain que les autres consommateurs (Eisinger-Watzl *et al.*, 2015).

D'un point de vue **socio-économique**, les exploitations en AB françaises génèrent relativement plus d'emploi que les conventionnelles, avec 2,4 travailleurs par exploitation contre 1,5 en conventionnel (INRA, 2013). Bien entendu, cet indicateur varie fortement selon les types de production et selon les circuits de commercialisation utilisés, les cultures maraichères et les circuits courts nécessitant par exemple plus de main d'œuvre (Massis and Hild, 2015). Néanmoins, il est souligné que les conditions de travail peuvent être plus difficiles en AB, même si une plus grande satisfaction y est trouvée.

Une des questions essentielles pour l'avenir de l'AB est la reconnaissance et la rémunération, directe ou indirecte, des **aménités** qu'elle produit, comme l'absence de pollution des eaux par les produits chimiques, la préservation de la biodiversité ou l'impact favorable sur la santé humaine. L'évaluation économique de ces externalités est difficile. En Nouvelle Zélande, les services écosystémiques (hors production agricole) rendus par des systèmes de culture ont été estimés à 1516 \$ par ha en AB contre 615 \$ en AC (Sandhu *et al.*, 2008). Les mêmes auteurs (Sandhu *et al.*, 2015) estiment qu'à l'échelle de 15 grandes régions de la planète, la valeur économique des services écosystémiques de contrôle des ravageurs et maladies et de fourniture d'azote rendus par les 10% de surfaces cultivées selon les principes de l'AB, couvrirait le coût des pesticides et engrais de l'ensemble des 90% restant. En France, le Commissariat Général au Développement Durable (CGSP, 2011) a évalué le coût du traitement de l'eau pour en éliminer le nitrate et les pesticides à 70 €/kg nitrate et 60 000 €/kg pesticide (sans prise en compte des effets directs et induits). Le même rapport cite la Cour des Comptes qui *dénonce les défauts du modèle français qui traite les effets plutôt que les causes, ce modèle ayant un coût beaucoup plus élevé qu'en procédant par prévention*. Plusieurs exemples de contractualisation de collectivités avec les agriculteurs des bassins d'alimentation en eaux (Lons le Saunier, Munich, New York, Vittel), ont montré que l'adoption de pratiques AB ou s'en approchant peut avoir des effets tangibles sur la qualité de la ressource (Hellec *et al.*, 2013).

Finalement, l'AB, même si elle affiche une productivité par hectare en moyenne significativement inférieure à l'AC, présente des aspects favorables d'un point de vue environnemental et ses atouts semblent également réels pour ce qui concerne ses impacts socio-économiques (en particulier en termes d'emplois générés) et pour ses effets, directs ou indirects, sur la santé humaine. Ces impacts positifs pour la collectivité ne sont cependant que peu rémunérés actuellement, même s'il l'on peut souligner un niveau de plus-value significatif sur la vente des produits (très variable cependant selon les productions) et l'existence d'aides spécifiques (du type « aide au maintien » en France par exemple).

Les freins au développement de l'AB

Malgré la reconnaissance et l'intérêt sociétal que peut présenter l'AB au travers de ses multi-performances, sa place dans la production agricole reste très modeste dans les pays développés. Différents éléments contribuent à expliquer cet état de fait.

La production en AB repose sur des **principes assez fondamentalement différents de ceux de l'AC**. Ces principes sont mis en œuvre sous la forme de pratiques qui peuvent aller à l'encontre des schémas économiques habituels, avec des intérêts divergents.

Le tableau 1 souligne les éléments de divergence des principes de l'AB en comparaison de ceux de l'AC, ceci de façon schématique, compte tenu de la très grande diversité des situations.

Tableau 1 : Comparaison des principes de l'AB et de l'AC

Agriculture biologique	Agriculture conventionnelle
Lien au sol, économie d'intrants avec recherche d'autonomie	Utilisation d'intrants, dont produits chimiques de synthèse
Techniques adaptées au contexte	Techniques standardisées
Diversification des exploitations et de l'activité des territoires	Spécialisation des exploitations et des territoires
Economie de gamme	Economie d'agglomération
Génétique adaptée aux contextes et sélection multicritère (résistances)	Génétique tournée vers la spécialisation et privilégiant la productivité
Utiliser (et produire) de la biodiversité	« Sanctuariser » la biodiversité sur certains espaces
Liens forts au consommateur	Plutôt production de masse et exportations

Ces différences de principes concernent les systèmes de production mais aussi l'ensemble des organisations qui les encadrent, qu'elles aient des activités techniques (conseil), réglementaires, financières, d'approvisionnement ou de commercialisation. Les **enjeux économiques** sont importants (Tittonell, 2013). Dans les pays développés où l'organisation de l'agriculture est la plus structurée, les organisations périphériques, en particulier les syndicats agricoles et les grandes coopératives, sont très liées (mêmes représentants et/ou fortes interactions dans les instances dirigeantes), ce qui rigidifie les postures vis-à-vis d'un modèle agricole alternatif. Les organisations syndicales agricoles majoritaires entretiennent aussi des liens étroits avec les instances publiques pour "cogérer" la politique agricole, au moins jusqu'aux années 80 (Cordellier and Le Guen, 2008), période à partir de laquelle les stratégies se diversifient à l'occasion des renégociations régulières de la PAC (Pesche, 2009). Dans les pays en développement, les firmes internationales d'agrofourniture sont de plus en plus présentes et cherchent à y implanter fortement leur activité via la mise en place de réseaux locaux incluant les instances politiques.

A l'AC est associé un secteur d'agrofourniture très important, couvrant les secteurs de la protection des cultures, de la sélection génétique et des semences, des fertilisants, des équipements. Le développement d'une agriculture plus durable et plus autonome peut aller à l'encontre des intérêts de ces firmes qui peuvent chercher à freiner ce mouvement.

Même si elles recherchent une autonomie de fonctionnement, les agricultures plus autonomes, biologique ou fondées sur l'agroécologie, font appel à des services et intrants spécifiques. Il peut

s'agir i) de moyens d'observation et de prévention facilitant une prise de décision, ii) de moyens alternatifs aux intrants chimiques, en particulier de nouveaux outils mécaniques et de la robotisation (désherbage en maraîchage par exemple), et de moyens biologiques de protection des cultures, iii) de supports d'information et de communication performants, pour favoriser, via des réseaux, les échanges de savoirs et d'expérience, fondamentaux dans ces types d'agricultures fortement situées et complexes réclamant des solutions adaptées. L'AB a donc besoin de services et d'équipements, mais le plus souvent de types différents de ceux utilisés par l'AC, au moins en termes d'intrants. Quelles firmes pourront subvenir à ces besoins, et quels moyens financiers et de recherche seront mis en place ?

De nouvelles technologies et des compétences spécifiques sont essentielles pour accompagner le développement de ces agricultures. Leur acquisition ne peut cependant pas s'envisager de la même manière dans les pays développés, où les agriculteurs disposent de moyens et de ressources plus nombreux et diversifiés (ainsi que d'une formation initiale souvent poussée), et dans les pays d'Afrique ou d'Asie par exemple. Dans ces situations, les freins au développement d'une agriculture vivrière plus productive sont avant tout liés à la diffusion de savoirs (pour l'application des principes de l'agroécologie) et au financement de ce type d'agriculture, aux niveaux de la production et de la commercialisation (De Schutter, 2010). Un défi important apparaît cependant : la certification de l'AB, gage de sa crédibilité et de son unité, ne concerne qu'une partie infime de l'agriculture mondiale à ce jour, et essentiellement les pays développés.

Le prix plus élevé des produits Bio apparaît comme un réel frein au développement de l'AB. Dans les pays développés, le constat est clair, au moins dans les circuits longs, de prix des produits AB sensiblement plus élevés que ceux issus de l'AC. Différents éléments expliquent cet état de fait, sachant qu'un certain nombre de leviers existent, à disposition des consommateurs ou des décideurs, pour y pallier.

Les produits AB supportent des coûts supplémentaires, liés en particulier à des filières de moindre dimension (moins d'économie d'échelle) et à la certification intervenant à tous les niveaux (production, transformation, distribution). Ces coûts de certification peuvent d'ailleurs être rédhibitoires pour des exploitations de pays en développement, de faible dimension économique, et dont les débouchés ne mettraient pas en valeur cette certification. Dans ces situations, il faut souvent plutôt comparer le prix des produits issus d'une agriculture vivrière sans intrants au prix des produits importés.

L'estimation du coût d'une alimentation bio doit tenir compte des modifications de régime ou de pratiques culinaires qui y sont souvent (ou peuvent y être) associées. La réduction de la part des produits animaux et des produits transformés, plus onéreux en général, limite le surcoût de l'alimentation bio. Par ailleurs, les consommateurs fréquents de produits AB font aussi souvent des arbitrages budgétaires différents, entre alimentation et achat d'autres types de biens.

Les externalités positives produites par l'AB (par exemple la qualité de l'eau) sont reconnues mais ne sont pas rémunérées à la hauteur de l'intérêt qu'elles représentent pour la collectivité. Si elles l'étaient ou si, à l'inverse, des taxes étaient instaurées sur les productions agricoles conduisant à des externalités négatives, les produits issus de l'AB seraient concurrentiels vis-à-vis des produits conventionnels.

La question de la compétitivité (prix) des produits issus de l'AB est ainsi à associer directement à des politiques publiques et alimentaires adaptées.

Des **freins techniques** existent toujours en AB. Ils affectent peu les productions animales, même si l'acquisition de connaissances supplémentaires reste nécessaire dans certains domaines comme la santé (parasitisme des petits ruminants et mammites des vaches laitières par exemple) (Cabaret and Nicourt, 2009) ou l'alimentation (équilibre en acides aminés dans les rations 100% en AB, pour les monogastriques en particulier) (Prunier and Lebret, 2009). Des freins importants touchent surtout les productions végétales et ce, d'autant plus qu'elles relèvent de systèmes spécialisés, sans élevage et pratiquant des rotations courtes (David, 2010). En effet, les deux questions agronomiques déterminantes en AB sont la disponibilité des nutriments, accrue par le meilleur recyclage que permet la présence d'animaux (Nesme *et al.*, 2015), et le statut sanitaire des cultures, amélioré par des rotations longues et diversifiées (comportant des prairies, alternant cultures de printemps et d'automne, etc.) qui permettent de réduire les risques pathologiques, d'adventices et de ravageurs. Par ailleurs, des impasses techniques subsistent en cultures pérennes. La protection des vignobles contre la flavescence dorée, dont l'agent est un phytoplasme transmis par une cicadelle, est difficile sans recours aux insecticides de synthèse. La lutte contre le mildiou de la vigne est toujours réalisée avec des préparations à base de cuivre (métal lourd qui s'accumule dans les sols) : aucune alternative réelle n'est aujourd'hui disponible, même si les doses d'épandage ont pu être réduites. Enfin, les échanges commerciaux et le changement climatique induisent des déplacements planétaires de ravageurs qui font apparaître des espèces contre lesquelles, à court terme, seule la lutte chimique peut être utilisée. L'arboriculture est particulièrement concernée avec par exemple la bactérie *Xylella fastidiosa* qui affecte l'olivier, la vigne et les agrumes, ou le charançon *Rhynchophorus ferrugineus* sur les palmiers dattiers. Des solutions techniques « naturelles » existent pour lutter contre les ravageurs des cultures, mais elles ne couvrent pas toutes les situations et peuvent être insuffisamment sélectives. C'est le cas de *Bacillus thuringiensis* (bacille qui produit des cristaux protéiques mortels pour les larves d'insectes), largement utilisé en AB par exemple contre la larve de la pyrale du maïs, mais qui peut aussi affecter des larves d'insectes utiles.

Dans la seconde moitié du XX^{ème} siècle, l'économie agricole a été structurée de façon à répondre aux défis d'alimenter une population en forte croissance et de modernisation de l'agriculture. Les politiques économiques et industrielles mises en œuvre ont permis de répondre à ce défi. Cependant, elles sont peu compatibles avec les enjeux actuels d'une agriculture plus économe en ressources, préservant l'environnement, compatible avec un développement économique préservant les emplois locaux, renforçant le lien entre producteurs et consommateurs. Des conflits apparaissent ainsi, qui sont autant de freins au développement de l'AB qui est par ailleurs confrontée à la faiblesse des investissements de recherche, privée comme publique. La difficulté d'évaluation économique des externalités de l'agriculture handicape par ailleurs ce mouvement. Leur chiffrage faciliterait le développement de politiques publiques, levier essentiel au développement de l'AB (Guyomard, 2009).

Anticiper les nouveaux questionnements liés au changement d'échelle de l'AB

L'AB représente actuellement, dans la très grande majorité des pays de la planète, moins de 5% de la production agricole totale (4% par exemple en France). En observant les dynamiques à l'œuvre dans les zones françaises les plus avancées sur le développement de l'AB, ou dans certains pays d'Europe

comme l’Autriche, nous faisons l’hypothèse qu’un développement significatif de ce mode de production peut modifier ou exacerber certains questionnements qui y ont trait, tant au niveau de la production que de la transformation, la distribution et l’encadrement. Quelques-uns d’entre eux sont repris dans le tableau 2 de façon très synthétique ; nous comparons, plutôt dans un contexte de pays développés, la situation actuelle de l’AB à celle d’une AB qui représenterait une part plus importante de la production totale, avec un seuil empirique retenu de 20% (soit quatre fois le niveau actuel).

Certaines régions françaises présentent une densité importante de producteurs en AB. Tous les départements touchant la Méditerranée, excepté les Alpes Maritimes, affichent ainsi entre 10 et 20% de leur SAU en AB. Dans ces conditions, une véritable dynamique, technique et commerciale, peut s’enclencher, pour la poursuite du développement de l’AB. En revanche, de nombreux départements, en particulier dans le Nord de la France, très orientés vers les grandes cultures, ont aujourd’hui moins de 1% de leur SAU en AB. Les producteurs bio y sont très isolés, que ce soit d’un point de vue technique, commercial ou psychologique (Nizet *et al.*, 2011).

Tableau 2 : Evolution des questionnements autour de l’AB selon son importance relative dans la SAU (situation des pays occidentaux)

AB minoritaire (<5% SAU)	AB significative (20% et plus de la SAU)
Maintien de prix rémunérateurs	Risque de tension sur les prix (concurrence des importations)
Circuits courts possibles et lien avec le consommateur	Part de la grande distribution importante →Risque de tension sur les prix ?
Taille critique des filières d’amont (approvisionnement ; ex : semences) et d’aval (transformation et commercialisation-distribution)	Economie d’échelle pour les filières Quelles modifications de l’organisation territoriale des filières ?
Transferts de fertilité AC → AB (fumiers et composts)	Quelle gestion de la fertilité des cultures ? Diversification indispensable des systèmes de grande culture ?
« Dilution » des ravageurs et maladies (grâce au conventionnel) ?	Pression plus élevée des ravageurs... ou optimisation des processus biologiques à grande échelle ?
Isolement technique et social des producteurs	Dynamique collective
Des systèmes de production largement fondés sur les principes de l’AB	Cohabitation de 2 types de systèmes de production et « une bio à 2 vitesses » (fermes familiales et principes de l’AB ; grandes fermes plus opportunistes) ?
Formation agricole et volet Recherche limités	Quelles adaptations de la formation, de la recherche ?

Les prix des produits bio, compte tenu de la demande actuelle soutenue et du faible niveau de production, restent en général attractifs pour les producteurs, en particulier ceux privilégiant la commercialisation en circuits courts. Ces derniers, souvent associés à la transformation des produits à la ferme, concernent près de 25% des exploitations en AB en France (Agence Bio, 2013). En revanche, ces faibles volumes sont un réel problème en termes de structuration des filières et de développement des outils de transformation dédiés. En l’absence d’une modification des comportements d’achat des consommateurs, un fort développement de l’AB pourrait se traduire par un poids beaucoup plus important des circuits de grande distribution dans la vente de produits AB, avec un risque élevé de tension sur les prix pour les producteurs. Malgré les économies d’échelle procurées par ces plus gros volumes, la rémunération des producteurs pourrait en être affectée. Sur le plan agronomique, certains systèmes de culture en AB profitent actuellement d’un transfert de fertilité depuis des systèmes d’élevage intensifs conventionnels, en situation d’excédent de déjections à épandre (Nowak *et al.*, 2015). Avec une forte extension de l’AB, ces situations se

raréfieraient, nécessitant, pour ces systèmes de culture en AB, de développer de nouvelles solutions techniques (complexification des rotations, association plus systématique de l'élevage, au niveau de l'exploitation ou à échelle de collectifs d'agriculteurs). Concernant la maîtrise des ravageurs et des maladies, deux scénarios s'affrontent (Bianchi *et al.*, 2013). Le premier soutient que les systèmes en AB profitent indirectement de l'utilisation de pesticides des producteurs conventionnels qui contribuent à réduire les populations de ravageurs ; le second fait l'hypothèse que la non-utilisation de produits chimiques à grande échelle (fort développement du bio) permettrait la construction d'une régulation globale, en particulier par la diversité des cultures déployées et par des structures paysagères adaptées connectant des espaces biologiques dans une perspective agroécosystémique.

Un des traits qui pourrait marquer le plus fortement le paysage de l'AB à moyen terme serait le développement, schématiquement, de deux formes d'exploitations agricoles en AB, comme cela semble déjà amorcé, en particulier en relation avec les filières longues et l'import/export. En effet, le développement à plus grande échelle, avec l'augmentation des volumes et l'arrivée de nouveaux acteurs, pourra coïncider avec le développement de modes de production en AB plus intensifs, dans des structures importantes, avec des filières longues et des opérateurs de grande dimension économique permettant d'écouler ces volumes vers de nouveaux consommateurs. Le terme de « conventionnalisation » de l'AB est ainsi souvent utilisé (Guthman, 2000; Darnhofer *et al.*, 2010). Ce développement reprend une partie des caractéristiques des systèmes agri-alimentaires conventionnels, y compris en termes de calibration des produits, de production à contre saison, de pression sur les prix et sur la main d'œuvre, de mise en concurrence des territoires, avec des productions d'importation (par ex : produits maraîchers d'Espagne ou d'Afrique du nord vers le reste de l'Europe). On pourrait ainsi, à terme, aboutir à la coexistence de deux formes d'AB, selon la théorie de la bifurcation développée par Guthman (2004) sur la base des observations faites en Californie : i) des fermes familiales de dimension modeste, mettant en œuvre les principes de l'AB, avec des pratiques exigeantes, la valorisation fréquente en circuits courts et ii) de grandes, voire très grandes exploitations, s'attachant seulement au respect du cahier des charges de l'AB, dans des systèmes de production le plus souvent spécialisés, que ce soit en production animale ou végétale. Les coûts de production étant différents entre ces deux types de fermes, il pourrait y avoir une forte concurrence sur les marchés, en particulier ceux contrôlés par la grande distribution.

La notion de dichotomie peut aussi être déclinée autour de la notion de certification à l'AB. Ce concept, issu des pays développés et fortement contraignant, ne pourra de toute évidence pas s'appliquer en l'état à très grande échelle sur la planète, dans la diversité des situations socio-économiques, en particulier dans les pays en développement.

Conséquences en termes de recherche

Quels investissements et orientations de la recherche ?

Compte tenu des concepts de l'AB et des pratiques qui en découlent, il s'agit avant tout de privilégier une approche systémique des questionnements, ce qui sous-entend des recherches pluridisciplinaires (Bellon *et al.*, 2014) plutôt que les recherches de type analytique aujourd'hui majoritaires (ex : une pathologie / une solution / une molécule). Il s'agit en effet d'anticiper et de prévenir les problèmes potentiels. La vision temporelle est différente de celle de l'agriculture conventionnelle, en privilégiant le temps long. Celui-ci est nécessaire pour étudier l'adaptation et la

stabilisation des systèmes de production, pour suivre l'évolution des caractéristiques des sols, autour de leurs propriétés microbiologiques et de leur teneur en matière organique (Henneron *et al.*, 2014). En parallèle, face à l'interdiction de certains intrants, il s'agira plutôt de reconcevoir un système de production (le complexifier, modifier la saisonnalité de la production, etc.) que de travailler sur la recherche d'une solution autorisée alternative (ex : ne rechercher qu'une solution par la phytothérapie à la limitation de l'utilisation de molécules de synthèse, en pathologie animale ou végétale). Comme il s'agit avant tout de développer un concept d'agriculture « située », en valorisant au mieux les potentialités des milieux, le choix des génotypes devra être très large et les critères de sélection étendus aux facultés d'adaptation et de rusticité, contrairement à la vision conventionnelle privilégiant quelques génotypes spécialisés et productifs, nécessitant l'utilisation d'intrants pour valoriser leur potentiel de production. Cette vision de l'amélioration génétique modifie en profondeur l'organisation de la sélection, ses outils, ses modes de diffusion.

L'étude des déterminants **socio-économique** est essentielle ; de nouvelles questions pourraient émerger dans le cadre d'une dynamique de développement de l'AB et de son changement d'échelle.

La rémunération des externalités apparaît décisive. Elle ne pourra pas être fondée seulement sur le prix du Bio et devra être portée par les politiques publiques. La prise en compte des externalités, positive ou négatives, nécessitera d'avoir plus d'éléments sur leur évaluation économique.

Les politiques publiques seront au centre des débats. Elles peuvent être déterminantes d'une part sur la compétitivité des fermes en AB et leur capacité à mettre sur le marché des produits accessibles au plus grand nombre, d'autre part sur les développements de régimes alimentaires en adéquation avec ce mode de production, enfin sur l'accès au foncier, pour favoriser par exemple l'installation d'agriculteurs sur des exploitations de faible dimension misant sur la création de valeur ajoutée par transformation et vente en circuit court.

Une bifurcation de l'AB, déjà amorcée, pourrait renforcer certaines évolutions. Si elle se confirme, on pourrait voir se développer de nouveaux standards AB plus stricts, poussés par les « pionniers ». La coexistence de deux modes de production en AB pourrait coïncider avec une segmentation des filières, dédiées, ce qui pourrait limiter une concurrence directe entre ces deux modes de production.

La grande distribution sera a priori un acteur important d'une forte extension de l'AB. Cependant, sa stratégie pourrait avoir différents contours, depuis celle de considérer l'AB comme produit d'appel ou pour son image, à celle de développer une réelle stratégie d'expansion de la Bio, ceci en mettant en place une communication structurée sur ce mode de production, et en proposant éventuellement des produits bio sous ses marques.

Le transfert de la notion d'économie d'agglomération vers celle d'économie de gammes peut avoir de fortes incidences au niveau des exploitations (diversification des productions), en termes agronomiques mais aussi sociaux (constitution des collectifs de travail, construction des savoirs et compétences) et au niveau des territoires (organisation des filières).

Au-delà des travaux de recherche à mobiliser, l'affinement de ces questions pourrait passer par des études prospectives sur les voies de développement de l'AB (Fernandez, 2014) afin de mieux cerner les enjeux majeurs que nous avons essayé de dessiner, pour préparer cette évolution.

Conclusion

Même si la part de la population mondiale sous-nutrie a baissé depuis quelques années, elle concerne encore 867 millions de personnes (FAO, 2013). Le système mondial actuel ne permet donc pas de répondre totalement à cet enjeu. Par ailleurs, d'autres préoccupations deviennent majeures, comme le changement climatique et la raréfaction des ressources. Le paradigme de l'agroécologie, dont on peut donner l'AB comme archétype, peut aider à élargir le périmètre de la question posée et le champ des réponses (Schaller, 2013).

Le développement de l'AB renvoie à des questions touchant à de nombreux domaines, techniques mais surtout socio-économiques. De nouvelles connaissances sont à acquérir et de nouveaux équilibres à construire, au niveau des fermes et des territoires. La construction de ce futur nécessite une approche systémique, qui doit être mise en œuvre par tous les acteurs, depuis les plus concernés (agriculteurs) à ceux qui les conseillent (Développement et Recherche), et plus encore à ceux qui mettent en œuvre les politiques nécessaires à ces transitions (décideurs politiques).

Cette nécessité d'une évolution vers une agriculture plus durable, basée sur les principes de l'agroécologie, renvoie à la notion d'autonomie des systèmes, à diverses échelles, et nous amène à suggérer de reconsidérer les modes de développement économiques, dans la lignée de réflexions déjà anciennes (Keynes, 1933).

Il n'est pas possible de donner une réponse directe à la question initiale ni de proposer une réponse scientifique tranchée. En effet, la question se situe dans une perspective de moyen à long terme et à l'échelle de la planète ; elle doit prendre en compte de très nombreuses autres préoccupations sociétales comme les impacts environnementaux, la santé humaine, l'éthique, la souveraineté alimentaire. Les impacts économiques sont ainsi considérables et sont donc en relation étroite avec les politiques, économiques en particulier.

La posture nécessaire face à une telle question est obligatoirement systémique et multisectorielle. Des réponses peuvent aussi être données sous forme de scénarios (Reilly and Willenbockel, 2010), et/ou en utilisant des approches adaptées tels la preuve de concept ou le concept d'interdépendance (Paavola and Adger, 2005), et en mettant en avant la notion de principe de précaution dans les situations de grande complexité décisionnelle (Kriebel *et al.*, 2001).

En retenant ces approches, et dans une vision très globale de la question, il nous semble possible d'envisager une généralisation des principes de l'agroécologie voire de l'AB à l'échelle mondiale, tout en satisfaisant l'ensemble des besoins alimentaires. Cependant, cela nécessite de larges bouleversements socio-économiques, tant au niveau du consommateur (régime alimentaire par exemple) qu'à celui du citoyen (modes de consommation, alimentaires ou énergétique), des firmes, et de façon majeure, des états et de leurs politiques.

L'AB, grâce à ses principes forts et sa reconnaissance internationale (IFOAM) peut être considérée comme le prototype d'une agriculture pouvant relever ces défis sociétaux (Bellon *et al.*, 2000; Bellon and Penvern, 2014). Certains utilisent même le terme de « locomotive de l'innovation » (Conseil National de l'Alimentation, 2014) à l'échelle de l'ensemble du secteur agri-alimentaire.

Agence Bio, 2013. Chiffres clés. Edition 2013. L'agriculture biologique. Ses acteurs, ses produits, ses territoires. 240p.

Agrimonde, 2010. Scénarios et défis pour nourrir la planète en 2050. Editions Quae S.Paillard, S.Treyer, B.Dorin coord., 295p.

Alary, V., Duteurtre, G., Faye, B., 2011. Élevages et sociétés : les rôles multiples de l'élevage dans les pays tropicaux. INRA Prod. Anim. 24, 145-156.

Allaire, G., Bellon, S., 2014. L'AB en 3D : diversité, dynamique et dessein de l'agriculture biologique. *Agronomie, environnement & sociétés* 4 (1), p79-90.

Altieri, M., Koohafkan, P., 2008. Enduring Farms: Climate Change, Smallholders and Traditional Farming Communities. Environment & Development Series 6. Third World Network, 72p.

Altieri, M., Monzote, F., Petersen, P., 2011. Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty. *Agronomy for Sustainable Development* 32, 1-13.

Baranski, M., Srednicka-Tober, D., Volakakis, N., Seal, C., Sanderson, R., Stewart, G.B., Benbrook, C., Biavati, B., Markellou, E., Giotis, C., Gromadzka-Ostrowska, J., Rembialkowska, E., Skwarlo-Sonta, K., Tahvonen, R., Janovska, D., Niggli, U., Nicot, P., Leifert, C., 2014. Higher antioxidant and lower cadmium concentrations and lower incidence of pesticide residues in organically grown crops: a systematic literature review and meta-analyses. *Br J Nutr* 112, 794-811.

Baudrya, J., Méjeana, C., Péneau, S., Galana, P., Herberga, S., Lairon, L., Kesse-Guyot, E., 2015. Health and dietary traits of organic food consumers: results from the NutriNet-Santé study. *British Journal of Nutrition* 114, 2064-2073.

Bellon, S., Cabaret, J., Debaeke, P., Ollivier, G., Penvern, S., 2014. Promoting organic research & development: lessons from an interdisciplinary group from France (2000-2013). Proceedings of the 4th ISOFAR Scientific Conference. Rahmann G & Aksoy U (Eds.) Organic World Congress 2014, 13-15 Oct., Istanbul, Turkey, 299-302.

Bellon, S., Gautronneau, Y., Riba, G., Savini, I., Sylvander, B., 2000. L'Agriculture Biologique et l'INRA : vers un programme de recherche. Document Inra, 26p.

Bellon, S., Lamine, C., Ollivier, G., de Abreu, L.S., 2009. The relationships between organic farming and agroecology. ISOFAR conférence.

Bellon, S., Penvern, S., 2014. Organic Farming, Prototype for Sustainable Agricultures. Springer, 1-19.

Bianchi, F.J.J.A., Ives, A.R., N.A., S., 2013. Interactions between conventional and organic farming for biocontrol services across the landscape. *Ecological Applications* 23, 1531-1543.

Borron, S., 2006. Building resilience for an unpredictable future: how organic agriculture can help farmers adapt to climate change. FAO, 25p.

Cabaret, J., Nicourt, C., 2009. Les problèmes sanitaires en élevage biologique : réalités, conceptions et pratiques. INRA Prod. Anim. 22, 235-244.

Caplat, J., 2012. L'agriculture biologique pour nourrir l'humanité. Démonstration. Ed. Actes Sud, 480p.

CGSP, C.G.a.D.D., 2011. Coûts des principales pollutions agricoles de l'eau. Etudes et Documents. Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du logement N°52, septembre 2011, 34p.

Chappell, M., LaValle, L., 2011. Food security and biodiversity: can we have both? An agroecological analysis. *Agriculture and Human Values* 28, 3-26.

Connor, D., 2008. Organic agriculture cannot feed the world. *Field Crops Research* 106, 187-190.

Connor, D., Mínguez, M., 2012. Evolution not revolution of farming systems will best feed and green the world. *Global Food Security* 1, 106-113.

Conseil National de l'Alimentation, 2014. Le Bio en France : situation actuelle et perspectives de développement Avis N°74, 94p.

Cordellier, S., Le Guen, R., 2008. Organisations professionnelles agricoles : histoire et pouvoirs. *Pour* 196-197, 64-79.

Darnhofer, I., Lindenthal, T., Bartel-Kratochvil, R., Zollitsch, W., 2010. Conventionalisation of organic farming practices: from structural criteria towards an assessment based on organic principles. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 30, 67-81.

David, C., 2010. Grandes cultures biologiques, des systèmes en équilibre instable. in *Transitions vers l'agriculture biologique*, Editions QUAE-Educagri, coord Lamine et Bellon, 129-141.

de Ponti, T., Rijk, B., van Ittersum, M., 2012. The crop yield gap between organic and conventional agriculture. *Agricultural Systems* 108, 1-9.

De Schutter, 2010. Report submitted by the Special Rapporteur on the right to food. General Assembly, United Nations, 21p.

Eisinger-Watzl, M., Wittig, F., Heuer, T., Hoffmann, I., 2015. Customers Purchasing Organic Food - Do They Live Healthier? Results of the German National Nutrition Survey II. *European Journal of Nutrition & Food Safety* 5, 59-71.

FAO, 2007. Conférence internationale sur l'agriculture biologique et la sécurité alimentaire Rome, 3 - 5 mai 2007 - RAPPORT. 14p.

FAO, 2009. How to feed the world 2050. High-level expert forum, Rome 12-13 October 2009, 4p.

FAO, 2011. Pertes et gaspillages alimentaires dans le monde. Ampleur, causes et prévention. (Congrès International SAVE GOOD!, Düsseldorf), 41p.

FAO, 2013. *FAO Statistical Yearbook 2013. World food and agriculture*. 289p.

Fernandez, S., 2014. Bio'NDays 2014. Organic Cluster. Prospective 2025 : l'avenir de la bio en 4 scénarios clé. *Bio Linéaires*, 13-15.

Fleury, P., 2011. *Agriculture biologique et environnement. Des enjeux convergents*. Educagri Editions, 272p.

Guthman, J., 2000. Raising organic : an agro-ecological assessment of grower practices in California. *Agric. and Human Values* 17, 255-266.

Guthman, J., 2004. The Trouble with 'Organic Lite' in California: a Rejoinder to the 'Conventionalisation' Debate. *Sociologia Ruralis* 44, 301-316.

Guyomard, H., 2009. Politiques publiques et agriculture biologique. *Innovations Agronomiques* 4, 499-511.

Halberg, N., Sulser, T.B., Høgh-Jensen, H., Rosegrant, M.W., Knudsen, M.T., 2006. The impact of organic farming on food security in a regional and global perspective. CABI Publishing, Wallingford, UK.

Hellec, F., Barataud, F., Martin, L., 2013. Protection de l'eau et agriculture : une négociation au long cours. *Natures Sciences Sociétés* 21, 190-199.

Henneron, L., Bernard, L., Hedde, M., Pelosi, C., Villenave, C., Chenu, C., Bertrand, M., Girardin, C., Blanchart, E., 2014. Fourteen years of evidence for positive effects of conservation agriculture and organic farming on soil life. *Agronomy for Sustainable Development* 35, 169-181.

Herren, H.R., Hilbeck, A., Hoffmann, U., Home, R., Levidow, L., Muller, A., Nelson, E., Oehen, B., Pimbert, M., 2015. Feeding the people - Agroécologie for nourishing the world and transforming the agri-food system. Technical Report, IFOAM EU Group, 45p.

IAASTD, I.A.o.A.K., Science and Technology for Development, 2008. *Agriculture at a Crossroads. Synthetis Report*. 106p.

INRA, 2013. Vers des agricultures à hautes performances : comment rendre l'agriculture biologique française plus productive et plus compétitive ? Synthèse 1. 40p.

Kesse-Guyot, E., Peneau, S., Mejean, C., Szabo de Edelenyi, F., Galan, P., Hercberg, S., Lairon, D., 2013. Profiles of organic food consumers in a large sample of French adults: results from the Nutrinet-Sante cohort study. *PLoS One* 8, e76998.

Keynes, J., 1933. National Self-Sufficiency. *The Yale Review* 22, 755-769.

Khumairoh, U., Groot, J., Lantinga, E., 2012. Complex agro-ecosystems for food security in a changing climate. *Ecol Evol* 2, 1696-1704.

Kirchmann, H., Bergstrom, L.E., 2008. *Organic Crop Production - Ambitions and Limitations*. Kirchmann, Holger, Bergstrom, Lars (Eds.) Springer, 244.

Kriebel, D., Tickner, J., Epstein, P., Lemons, J., Levins, R., Loechler, E., Quinn, M., Rudel, R., Schettler, T., Stoto, M., 2001. The Precautionary Principle in Environmental Science. *Environmental Health Perspectives* 109, 871-876.

Martini, E.A., Buyer, J.S., Bryant, D.C., Hartz, T.K., Denison, R.F., 2004. Yield increases during the organic transition: improving soil quality or increasing experience? *Field Crops Research* 86, 255-266.

Massis, D., Hild, F., 2015. La pratique de l'agriculture biologique créatrice d'emploi ? Evaluation de l'impact sur la quantité de travail agricole. Actes des douzièmes Journées de Méthodologie Statistique de l'Insee, Paris du 31 mars au 2 avril 2015, 24p.

Mazoyer M., R.L., 1997. *Histoires des agricultures du monde. Du néolithique à la crise contemporaine*. Edition du Seuil, 545p.

MEA, M.E.A., 2005. Rapport de synthèse de l'Évaluation des Écosystèmes pour le Millénaire 59p.

Milestad, R., Darnhofer, I., 2003. Building Farm Resilience: The Prospects and Challenges of Organic Farming. *Journal of Sustainable Agriculture* 22, 81-97.

Nesme, T., Senthikumar, K., Mollier, A., Pellerin, S., 2015. Effects of crop and livestock segregation on phosphorus resource use: A systematic, regional analysis. *European Journal of Agronomy* 71, 88-95.

Nizet, J., Van Dam, D., Streith, M.D., 2011. *L'agriculture bio en devenir. Le cas alsacien*. Bruxelles, Peter Lang, coll. « Ecopolis », 141p.

Nowak, B., Nesme, T., David, C., Pellerin, S., 2015. Nutrient recycling in organic farming is related to diversity in farm types at the local level. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 204, 17-26.

Paavola, J., Adger, W.N., 2005. Institutional ecological economics. *Ecological Economics* 53, 353-368.

Pesche, D., 2009. Fondement et mécanismes de l'influence des céréaliers au sein du syndicalisme agricole en France. *Economie Rurale* 312, 66-79.

Pfimlin, A., Faverdin, P., 2014. Les nouveaux enjeux du couple vache - prairie à la lumière de l'agroécologie. *Fourrages* 217, 23-35.

Pimentel, D., Hepperly, P., Hanson, J., Douds, D., Seidel, R., 2005. Environmental, energetic, and economic comparisons of organic and conventional farming systems. *Bioscience* 55, 573-582.

Ponisio, L., M'Gonigle, L.K., Mace, K.C., Palomino, J., de Valpine, P., Kremen, C., 2014. Diversification practices reduce organic to conventional yield gap. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 282, 20141396.

Pretty, J., L., M.J.I., Hine, R., 2003. Reducing food poverty by increasing agricultural sustainability in developing countries. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 95, 217-234.

Prunier, A., Lebret, B., 2009. La production biologique de porcs en France : caractéristiques des élevages, impacts sur la santé, le bien-être et la qualité des produits. *INRA Prod. Anim.* 22, 179-188.

Reilly, M., Willenbockel, D., 2010. Managing uncertainty: a review of food system scenario analysis and modelling. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 365, 3049-3063.

Rockström, J., Steffen, W., et al, 2009. Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. *Ecology and Society* 14, 32p.

Sandhu, H., Wratten, S., Costanza, R., Pretty, J., Porter, J.R., Reganold, J., 2015. Significance and value of non-traded ecosystem services on farmland. *PeerJ* 3, e762.

Sandhu, H., Wratten, S., Cullen, R., Case, B., 2008. The future of farming: The value of ecosystem services in conventional and organic arable land. An experimental approach. *Ecological Economics* 64, 835-848.

Schader, C., Muller, A., Scialabba, N., 2013. Durabilité et élevage biologique -Modèle (SOL-m) . Impacts de la transition vers un élevage biologique à faible intensité d'intrants à l'échelle mondiale. *FAO*, 13p.

Schaller, N., 2013. *L'agroécologie : des définitions variées, des principes communs*. Centre d'Etudes et de Prospective, Analyse 59, 4p.

Seufert, V., Ramankutty, N., Foley, J., 2012. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature* 485, 229-234.

SOLAGRO, 2013. *Afterre 2050. Un scénario soutenable pour l'agriculture et l'utilisation des terres en France à l'horizon 2050*. 63p.

Thaler, S., Zessner, M., Weigl, M., Rechberger, H., Schilling, K., Kroiss, H., 2015. Possible implications of dietary changes on nutrient fluxes, environment and land use in Austria. *Agricultural Systems* 136, 14-29.

Tittonell, P., 2013. *Farming Systems Ecology. Towards ecological intensification*

of world agriculture. Inaugural lecture. Inaugural lecture. Wageningen University, 44p.

Tittonell, P., Gérard, B., Erenstein, O., 2015. Tradeoffs around crop residue biomass in smallholder crop-livestock systems – What's next? *Agricultural Systems* 134, 119-128.

Tuomisto, H.L., Hodge, I.D., Riordan, P., Macdonald, D.W., 2012. Does organic farming reduce environmental impacts?--a meta-analysis of European research. *J Environ Manage* 112, 309-320.

Union Européenne, 2007. RÈGLEMENT (CE) No 834/2007 DU CONSEIL du 28 juin 2007 relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques. 38p.

Union Européenne, 2008. 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. 84p.

Willer, H., Lernoud, J., Kilcher, L.e., 2013. *The World of Organic Agriculture Statistics and Emerging Trends 2013. FiBL-IFOAM Report.*, 340p.