



Evolution des fonctions de l'agriculture : quelles conséquences pour l'agronomie

Michel Duru¹ et Mathieu Capitaine²

¹ UMR 1248 AGIR, INRAE, Université Toulouse, INPT, 31326 Castanet Tolosan, France
² Université Clermont Auvergne, VetAgro Sup, UMR Territoires, 63370 Lempdes, France

Résumé

L'agriculture est confrontée à de nouveaux défis (climat, énergie, pollutions, vitalité des territoires) qui dépassent sa fonction nourricière. Cet élargissement des fonctions de l'agriculture pose de nouvelles questions aux agronomes : quelle quantité de biomasse produire et comment la produire ? Quelles synergies entre cultures et élevages ? Comment produire de l'énergie sans entrer en compétition avec l'alimentation ? Quelle place et quel rôle des agriculteurs dans les territoires ? Nous montrons que la réponse à ces questions conduit à développer des synergies entre processus et activités au sein des territoires, nécessitant un changement de paradigme pour tous les acteurs.

Mots clefs : agroécologie, énergie, territoire

Abstract

Agriculture is faced with new challenges (climate, energy, pollution, vitality of rural areas) which go beyond its nourishing function. This expansion of these functions addresses new questions to agronomists: how much biomass to produce and how to produce it; what synergies between crops and livestock; how to produce energy without competing with food; what place and what role for farmers in territories. We show that the answer to these questions leads to the development of synergies between processes and activities within rural areas, requiring a change of paradigm for all actors.

Keywords: agroecology, energy, territory

Introduction

Dans les pays industrialisés, l'agrandissement et la spécialisation des structures agricoles, voulus à partir des années 1960, a conduit à multiplier par sept l'utilisation d'engrais azotés et phosphatés minéraux. Les flux d'azote et de phosphore à l'échelle mondiale ont été démultipliés, entraînant d'importants problèmes de perturbations des écosystèmes telles que l'eutrophisation (Cordell et al., 2009). En parallèle, la production de pesticides a pratiquement triplé entre 1960 et 2000 (Tilman et al., 2001). Leur utilisation intensive a eu d'importantes conséquences négatives sur la biodiversité, les régulations biologiques (Geiger et al., 2010), le développement de résistances des bioagresseurs (Powles et Yu, 2010), mais aussi sur la santé humaine (Nicolopoulou-Stamati et al., 2016). La mécanisation et l'utilisation intensive des pesticides ont permis aux agriculteurs de simplifier les séquences de culture via le développement de rotations courtes ou de monocultures (Bennett et al., 2012). Dans le même temps, la réduction de la superficie des habitats non cultivés et l'augmentation de la taille des parcelles ont conduit à une forte simplification de la composition et de la configuration des paysages, ce qui a aussi réduit la biodiversité et les services de régulation biologiques associés (Rusch et al., 2016).

Cette période des trente glorieuses, avec, dans la société, un nouveau rapport à la consommation, se caractérise également par l'instauration d'une dépendance toujours plus forte aux énergies fossiles. Dépendance que les chocs pétroliers successifs n'ont pas entamée. Difficile de faire abstraction du dérèglement climatique, de la « fin du pétrole » ou du coût de plus en plus élevé d'accès à de nouvelles ressources notamment du fait des externalités négatives que leur extraction engendre.

Les trente glorieuses se sont aussi accompagnées d'un déclin de la population rurale jusqu'à la fin des années 1990. La fin du XX^e siècle et ce début de XXI^e marquent un regain d'intérêt de la population pour les espaces ruraux d'abord à proximité des pôles urbains. Ces populations n'ayant plus de lien avec l'activité agricole et mobilisant les espaces ruraux pour un usage résidentiel portent un regard différent sur ces espaces générant des usages ou ayant des attentes qui peuvent entrer en conflit avec les usages productifs agricoles.

Etant donné ces évolutions, l'agriculture est face à des défis qui doivent l'amener à se questionner sur ses fonctions. Parce qu'elle occupe et utilise près de 50 % de la surface métropolitaine française, elle a une responsabilité au-delà du maintien d'une capacité à assurer une sécurité alimentaire en élargissant la gamme des fonctions de production et en prenant en charges des fonctions de régulation (séquestration du carbone dans les sols, paysages, biodiversité), tout en assumant un rôle dans le maintien des paysages pour la fourniture d'espaces récréatifs de qualité. Il est aussi attendu de l'agriculture qu'elle contribue à la fourniture de produits biosourcés dont l'énergie. Ces évolutions des fonctions assignées à l'agriculture posent des questions aux agronomes et par là même interrogent le positionnement de l'agronomie.

De nouveaux défis à relever nécessitant d'élargir les fonctions de l'agriculture

Climat et énergie

Plusieurs pays dont ceux de l'Union européenne se sont engagés à atteindre la neutralité carbone en 2050. En France, les experts s'accordent à dire qu'il faut diviser les émissions des gaz à effet de serre au minimum par deux en agriculture pour tenir ces engagements (MTES, 2020). Cette réduction n'ayant été que de 5% sur la période 1990-2015 devrait être de 46% d'ici 2050 ; son rythme doit donc être considérablement accéléré (x 7). Les émissions de l'agriculture pour les années récentes sont estimées entre 88 (MAAF¹) et 108 Mt CO₂eq (Climagri-Ademe) selon qu'il est ou non tenu compte de l'énergie nécessaire à la fabrication des intrants. De récentes estimations montrent un potentiel de réduction des émissions par les bonnes pratiques en agriculture et en élevage de 13Mt CO₂eq (Pellerin *et al.*, 2013), soit seulement 12 à 15% environ des émissions du domaine. Les bonnes pratiques et la génétique à elles seules ne permettront pas de diviser par deux les émissions de gaz à effet de serre à l'horizon considéré. Cet objectif nécessite donc d'envisager des innovations plus systémiques et de rupture.

Outre la réduction des émissions, il est attendu que l'agriculture séquestre plus de carbone dans les sols. En France, selon les hypothèses retenues, l'agriculture stocke ou déstocke du carbone (Pellerin *et al.*, 2019). La généralisation de pratiques agroécologiques (cultures intermédiaires, réduction de travail du sol) permettrait un stockage supplémentaire d'environ 31 Mt eqCO₂ par an pendant 30 ans, ce qui est toutefois insuffisant pour compenser les émissions de l'agriculture et a fortiori celles d'autres secteurs économiques. Il faut donc aussi imaginer des changements plus radicaux comme l'agroforesterie ou l'afforestation, ce qui suppose de libérer des surfaces.

L'agriculture est aussi sollicitée pour fournir des produits biosourcés : énergie et biomatériaux. A ce jour, moins du 1/4 des besoins en énergie est fourni par la biomasse (agrocarburant : 2M /10 Mt tep (tonne équivalent pétrole). Par ailleurs, les agrocarburants, notamment le diester de colza, sont critiqués pour leur faible efficacité énergétique : en Europe, 85% des surfaces ne produisent pas suffisamment pour que le rapport énergie produite/énergie utilisée soit supérieur à 2 (van Duren *et al.*, 2015). Outre la question des carburants, la décarbonation des matériaux par l'agriculture est

¹ <https://agriculture.gouv.fr/infographie-le-secteur-agricole-et-forestier-la-fois-emetteur-et-capteur-de-gaz-effet-de-serre>

un enjeu tant pour le secteur du bâtiment (fourniture de matériaux biosourcés) que pour la fabrication de polymères (chimie verte). En outre, les deux tiers des terres cultivées nécessaires pour satisfaire la consommation de biomasse non alimentaire de l'UE sont situés dans d'autres régions du monde, en particulier en Chine, aux États-Unis et en Indonésie, ce qui entraîne des impacts potentiels sur des écosystèmes éloignés ; cela représente 13,6 des 28,2M ha utilisés à des fins non alimentaires (Bruckner *et al.*, 2019). Il faut donc imaginer des façons de produire plus efficaces qui n'entrent pas en compétition avec l'alimentation.

Biodiversité, pollutions et sécurité alimentaire

L'intensification de l'agriculture, la réduction du nombre d'espèces cultivées (4 espèces annuelles, hors prairies, occupent 90% des terres arables), mais aussi la diminution des infrastructures écologiques et l'augmentation de la taille des parcelles ont réduit la fourniture des services écosystémiques à l'agriculture et à la société (Therond et Duru, 2019). En agriculture, cette dynamique soutient un cercle vicieux dans la mesure où toutes choses égales par ailleurs, plus d'intrants de synthèse sont nécessaires pour maintenir les rendements agricoles. Concevoir des agroécosystèmes plus complexes, permettant de fournir habitat et nourriture à une diversité d'espèces, est essentiel dans un contexte où, pour des raisons de santé, le recours aux produits phytosanitaires va s'avérer de plus en plus compliqué et coûteux. La richesse des trames paysagères par leur diversité en espèces et en infrastructures, par les liens possibles entre elles constitue un indicateur de cette complexité écosystémique à recréer. Identifier les bons niveaux de biodiversité pour fournir des services à l'agriculture et à la société est un enjeu pour les agronomes.

Pour faire face à cette érosion de la biodiversité, l'UE s'est fixée comme objectif de diviser par deux les fertilisants et pesticides, ainsi que de doubler les surfaces en agriculture biologique (Guyomard *et al.*, 2020). Cela devrait aussi permettre de réduire les émissions de polluants dans l'eau et l'air.

En outre, l'externalisation massive de la production de produits de base pose des problèmes éthiques puisqu'elle entraîne la destruction d'habitats et le transfert de pressions environnementales vers d'autres systèmes socio-écologiques (Cadillo-Benalcazar *et al.*, 2020). A cet effet, il est prévu des plans protéines par le développement des légumineuses fourragères et à graine pour renforcer l'autonomie protéique des élevages, mais aussi réduire les achats d'azote minéral.

Enfin, l'analyse de notre régime alimentaire montre un fort déficit de consommation de fruits et légumes, ainsi que de légumineuses. La consommation de légumineuses devrait quintupler pour des raisons de santé, ce qui serait bon aussi pour l'environnement si elles remplacent une partie des protéines animales. En effet, de très nombreuses études montrent la nécessité de réduire la consommation de protéines animales dans les pays occidentaux pour des raisons de santé mais aussi d'environnement (Tilman et Clarke, 2014). Mais si de telles recommandations sont affichées dans le Plan National Nutrition Santé en France, elles ne se traduisent pas par une révision de la place de l'élevage des régions à forte densité animale dans les politiques publiques.

Recomposition des territoires ruraux et multi-usage de l'espace

Le retour de population dans les territoires ruraux est visible à l'échelle de la France métropolitaine depuis les années 1990 (Schmitt et Perrier-Cornet, 1998). Ce phénomène ne s'est pas arrêté ensuite. Dans la période 2009-2015 rares sont les territoires à ne pas connaître d'augmentation de population (Le Bras et Schmitt, 2020). Deux constats peuvent caractériser à grands traits ces évolutions : une augmentation de l'activité résidentielle et donc des mouvements pendulaires vers les pôles urbains créant une dissociation entre espace de travail et espace de vie (l'emploi reste plutôt concentré dans les pôles urbains et notamment les emplois qualifiés) et une diversification des activités économiques liée essentiellement à la diminution drastique du poids de l'agriculture dans la population active rendant lisible l'existence d'autres activités qui pouvaient déjà préexister. Les territoires ruraux doivent donc composer entre d'une part une population agricole peu nombreuse mais qui tient l'espace et d'autre part une population rurale qui n'a plus de filiation avec

l'agriculture, qui habite le territoire mais n'y travaille pas ou y travaille dans d'autres secteurs que celui de l'agro-alimentaire. Si les questions du bruit des cloches et du chant du coq peuvent paraître anecdotiques (et devraient s'estomper avec le vote récent de la loi 2021-85 sur le patrimoine sensoriel des campagnes françaises), elles sont révélatrices de visions différentes de la ruralité. Les usages supplémentaires à l'usage productif (usages récréatifs, mobilisation non agricole du foncier) qui viennent se superposer dans un même espace génèrent des concurrences et des nuisances qui sont source de conflits (Caron et Torre, 2002). L'émergence et le renouvellement de ces tensions autour des usages de l'espace et désormais de l'usage des ressources sont un indicateur de ces recompositions des territoires ruraux. Ces situations perturbent l'activité agricole et obligent les agriculteurs à questionner leurs choix de production et leurs pratiques. Elles signalent les difficultés à faire cohabiter des usages différents dans un contexte de déconnexion entre groupes sociaux habitant un même territoire. Les agriculteurs n'ont plus le pouvoir d'intervenir sur le milieu comme ils l'entendent, même quand ils ont le soutien des pouvoirs publics. Le citoyen s'estime désormais informé et légitime pour exprimer et revendiquer des avis sur l'agriculture et ses formes. Les contestations de décisions publiques ou de pratiques locales font l'objet de fortes médiatisations voire de contentieux de plus en plus fréquents.

L'activité agricole se trouve donc insérée dans un environnement social et territorial qui a évolué, qu'elle ne peut ignorer et qui va conditionner ses fonctions et les façons de produire. L'insertion socio-territoriale des activités agricoles est devenue un enjeu important.

Concevoir des systèmes agricoles multifonctionnels

Les différents enjeux, pour certains identifiés depuis plusieurs décennies et pour d'autres plus récents, sont autant de défis à intégrer dans l'activité agricole. Plus que des mesures correctives à convoquer, ils viennent questionner les fonctions associées à l'activité agricole. Ils affirment finalement et de nouveau (puisque c'était au cœur de la loi d'orientation agricole de 1999), une nécessaire multifonctionnalité de l'agriculture (Landais, 1998). En effet, l'agriculture est un secteur économique qui, parce qu'il génère des externalités, mobilise des ressources et surtout occupe l'espace et fait les paysages, est visible (sans forcément être lisible par tous) et fait l'objet d'attention et de surveillance. Ces fonctions que se doit d'assurer l'agriculture sont autant de questions posées aux agronomes et sans doute à l'agronomie. Nous examinons ici les questions suivantes :

- quelle quantité de biomasse produire et comment la produire : faut-il viser une production sub-optimale pour réduire drastiquement les externalités négatives ou au contraire est-il possible de découpler production et impacts, et si oui, est-il possible en même temps de fournir des services à la société ?
- quelles synergies entre cultures et élevages ?
- comment produire de l'énergie sans entrer en compétition avec l'alimentation ?
- quelle place et quel rôle des agriculteurs dans les territoires ? Comment insérer les exploitations agricoles dans leur environnement local ?

Produire durablement de la biomasse

Pour fournir une production agricole ayant un impact faible sur l'environnement, il est nécessaire de découpler la production de biomasse des impacts, tout en fournissant des services à la société (Wang *et al.*, 2018). Trois grandes stratégies génériques sont généralement considérées (Hill et MacRae, 1996).

Une première stratégie consiste à optimiser l'apport d'intrants en fonction des besoins spatio-temporels des plantes (efficacité), limitant ainsi les apports de fertilisants et de pesticides. Cette stratégie ne remet pas en cause les systèmes agricoles simplifiés qui reposent sur un petit nombre de cultures. La réduction des impacts est alors basée sur la génétique et l'agriculture de précision. C'est la voie dominante, soutenue jusqu'il y a peu par la PAC (Dedieu *et al.*, 2020). La seconde stratégie vise à développer un mode de production reposant autant que possible sur un usage de

fertilisants d'origine organique et de technologies de biocontrôle : biopesticides, stimulateurs de santé des plantes et du sol, apport d'organismes développés industriellement pour améliorer la nutrition des sols et les régulations biologiques (Duru *et al.*, 2015). Dans les deux cas, la voie de l'efficacité d'utilisation des intrants exogènes à l'exploitation étant privilégiée, on parle d'intensification soutenable (Lal, 2020). Le degré de découplage entre pratiques et impacts mériterait cependant d'être précisé. En effet, si ces stratégies permettent de réduire certains des impacts de l'agriculture sur l'environnement, elles fournissent moins de services qu'une agriculture biodiversifiée (Drinkwater et Snapp, 2007).

La troisième stratégie regroupe des formes d'agriculture basées sur la biodiversité (cultures intermédiaires, cultures associées dont agroforesterie, infrastructures paysagères). Cette biodiversité planifiée permet une meilleure capture des ressources (eau, nutriments, lumière) et génère une biodiversité associée dans les sols et les paysages (Power, 2010). La biodiversité dans le sol permet aussi une meilleure capture des ressources et rend les plantes moins vulnérables aux perturbations dont les bioagresseurs. Autrement dit, elle est une composante essentielle de la santé des sols, elle-même contribuant à la santé des plantes (Vieweger et Döring, 2014). A l'échelle du paysage, que ce soit par les infrastructures écologiques ou la diversité des cultures, la biodiversité favorise des régulations biologiques permettant de contrôler les bioagresseurs (Sirami *et al.*, 2020). Ces différentes formes et sources de biodiversité fournissent donc des services écosystémiques "intrants" permettant ainsi de remplacer tout ou partie des intrants de synthèse. Le choix des espèces cultivées, la teneur en matières organiques des sols, les mycorhizes ainsi que la mosaïque paysagère jouent un rôle clef pour la fourniture de ces services à l'agriculture et à la société (Duru *et al.*, 2015). Le rapport matière organique/ teneur en argile est considéré comme un indicateur synthétique de la structure et plus généralement de la qualité du sol (Johannes *et al.*, 2017). De tels systèmes biodiversifiés ont généralement de meilleures performances environnementales. Ainsi, une synthèse de 98 méta-analyses montre que 4 leviers (la fertilisation organique, la diversification des cultures et des infrastructures écologiques, la réduction du travail du sol et dans une moindre mesure l'apport de microorganismes au sol) ont un effet très majoritairement positif sur la fourniture de huit services écosystémiques et la production de biomasse. Dans 63% des cas analysés, il y a augmentation à la fois de la production et de plusieurs services (Tamburini *et al.*, 2019). Les performances économiques sont souvent aussi meilleures (van der ploeg *et al.*, 2019 ; Grémillet et Fosse, 2020).

A ce jour, l'agriculture biologique et l'agriculture de conservation des sols, deux formes d'agriculture agroécologique, mobilisent certains de ces leviers. En agriculture biologique où les intrants de synthèse sont interdits, l'objectif n'est pas d'atteindre le potentiel de rendement permis par le pédoclimat. En comparaison d'un système simplifié, les émissions de gaz à effet de serre sont faibles par unité de surface, mais pas toujours par unité de produit (van der Werf *et al.*, 2020). Le contrôle des adventices se fait par le travail du sol, ce qui en limite la biodiversité (Bongiorno *et al.*, 2020). En agriculture de conservation des sols, qui repose sur trois piliers (non travail du sol, rotation diversifiée, couverture permanente du sol), la vie biologique dans le sol est favorisée par le non travail du sol (Palm *et al.*, 2014), mais elle est susceptible d'être limitée par l'utilisation des pesticides (Meena *et al.*, 2020).

Ces formes d'agriculture n'exploitent cependant pas tous les leviers. La dimension paysagère est quasiment toujours absente, d'une part les acquis scientifiques sont récents, d'autre part, leur mobilisation nécessiterait des coordinations entre agriculteurs. Par ailleurs, il y a des antagonismes entre techniques, si bien que des compromis sont à trouver, par exemple entre réduction du travail du sol et réduction des intrants de synthèse, notamment les herbicides, l'un et l'autre étant défavorables à la biodiversité dans le sol. Pour dépasser ces antagonismes, la combinaison de tout un ensemble de techniques est nécessaire. Par exemple, la simple substitution d'herbicide par un outil alternatif unique n'est pas envisageable. Pour réduire la dépendance aux herbicides et maintenir la productivité des cultures, la gestion intégrée des adventices cherche à optimiser la synergie entre un ensemble diversifié d'outils de gestion combinant des méthodes biologiques,

chimiques et culturelles. L'augmentation de la diversité des cultures pourrait permettre une plus grande tolérance aux adventices en évitant des dynamiques explosives (Adeux *et al.*, 2019). Ces différentes formes d'agriculture ne répondent pas aux mêmes objectifs de production de biomasse. En agriculture biologique, des objectifs de production moindre permettent de supprimer les intrants de synthèse. En agriculture de conservation des sols, des objectifs de production élevés nécessitent malgré tout des intrants de synthèse, mais permettent de fournir plus de services à la société que l'agriculture conventionnelle (Duru et Therond, 2021). C'est surtout le cas lors de la phase de transition nécessaire à l'établissement de nouveaux équilibres biologiques au niveau du sol, et des apprentissages qui tiennent compte des contextes pédoclimatiques. Ces complexités font qu'un enjeu majeur pour les agronomes est de mettre au point des outils d'accompagnement pour trouver des compromis propres à une diversité de situations. A cet effet, des évaluations multi-critères prenant en compte la production de biomasse, mais aussi les impacts et les services, constituent une base pour éclairer les choix et mettre en avant les atouts de telle ou telle forme d'agriculture. Les agronomes doivent s'employer à affiner ces méthodes, les déployer et en valoriser les résultats. Ce peut-être en situation dans le cadre de dispositifs d'accompagnement des agriculteurs (par exemple GIEE) ou bien en appui des politiques publiques.

Renforcer les synergies entre cultures et élevages

Beaucoup de scénarios de systèmes alimentaires s'accordent sur la nécessité de réduire la consommation de protéines animales, en particulier de viande, pour des raisons d'environnement et aussi de santé (Tilman et Clarke, 2014). La réorganisation des filières est donc nécessaire, en privilégiant des formes d'élevages qui n'entrent pas en compétition avec l'alimentation humaine (prairies permanentes, coproduits, couplage avec des cultures annuelles) ou qui fournissent des services d'intérêt en termes de santé pour la société.

Favoriser le couplage de l'élevage avec les productions végétales est un levier dont les agronomes devraient plus se saisir. L'intégration culture-élevage peut être organisée au-delà du niveau de l'exploitation (Moraine *et al.*, 2014). Des groupes d'agriculteurs voisins peuvent négocier des schémas d'allocation de l'utilisation des terres et échanger des matières telles que le fumier, les céréales et la paille. Les formes d'intégration mises en œuvre définissent la nature, la surface et la configuration spatiale des cultures, des prairies et des animaux ainsi que leurs modes de conduite. Ces configurations influencent la fourniture de services écosystémiques. Les prairies temporaires à base de légumineuses pourraient jouer un rôle important pour réduire les intrants dans les systèmes de grande culture. En effet, ces prairies sont à même de fournir des services à l'agriculture (qualité du sol, fourniture et recyclage des nutriments, rétention de l'eau du sol, lutte biologique contre les ravageurs) et à la société (purification de l'eau, régulation du climat, fourniture d'habitats pour la conservation de la biodiversité) selon leur insertion spatiale et temporelle dans les systèmes de culture (Martin *et al.*, 2020).

Les formes synergiques de l'intégration favorisent la fertilité des sols, le contrôle de l'érosion et les services de régulation biologique par la coordination organisationnelle entre les agriculteurs et à l'intégration spatio-temporelle entre les cultures, les prairies et les animaux (Martin *et al.*, 2016). Ce type de synergie reste à documenter pour tenir compte d'une diversité de contextes et des multiples façons possibles de les mettre en œuvre.

De façon plus anecdotique, le pâturage de cultures intermédiaires en cultures annuelles ou d'inter rang en cultures pérennes permet de ne pas utiliser de surfaces dédiées à l'élevage, et les animaux peuvent fournir plusieurs services aux cultures comme le contrôle du parasitisme et des adventices (Martin *et al.*, 2020). La production de viande devient alors un co-produit des cultures et fournit en outre des services à ces cultures. Même si ces filières ne sont pas appelées à devenir la norme, elles mériteraient d'être mieux étudiées.

Produire de l'énergie sans entrer en compétition avec l'alimentation humaine pour l'usage des terres

L'agriculture est à la fois consommatrice et productrice d'énergie. En France, le système alimentaire consomme 32 Mtonnes équivalent pétrole (tep) dont 25% pour l'agriculture avec moitié en énergie

indirecte. Les $\frac{3}{4}$ de l'énergie dépensée sont donc en aval de la ferme (collecte, transformation, distribution, consommation) (Barbier *et al.*, 2018). L'énergie fournie par la biomasse agricole d'environ 2,2 Mtep², essentiellement sous forme d'agrocarburants et secondairement de biométhane (biogaz issu de la méthanisation), est donc bien inférieure à la consommation.

Pour la production d'énergie renouvelable à partir de la biomasse, les deux principales voies sont les agrocarburants et le biométhane.

Les agrocarburants de première génération issus de cultures (cannes à sucre, huile de palme, maïs, colza) sont critiqués pour trois raisons. D'une part ils entrent en compétition avec l'alimentation humaine, d'autre part, si leur culture induit un changement d'utilisation des terres (déboisement, retournement de prairies), ils risquent d'émettre plus de gaz à effet de serre que les énergies fossiles, enfin leur efficacité énergétique est parfois limitée (van Duren *et al.*, 2015), et les émissions de gaz à effet de serre pour les produire sont élevées. Pour ces raisons, l'UE a fixé un seuil de 7 % la quantité de biocarburants à ne pas dépasser pour la consommation finale du secteur du transport. Les agrocarburants de deuxième génération issus de résidus de végétaux (pailles de céréales ou résidus forestiers) ou même d'algues, n'accaparent pas les terres agricoles, sauf à utiliser des cultures dédiées sur des terres de bon potentiel agronomique (Hassan *et al.*, 2019). Les agronomes ont donc un rôle à jouer en contribuant à réaliser des études multicritères pour évaluer la place possible de ces agrocarburants selon le potentiel des sols, de façon à évaluer la dynamique des matières organiques du sol dans ces situations.

Le biogaz issu de la méthanisation correspond à l'utilisation d'un processus biologique naturel qui transforme la matière organique pour produire à la fois de l'énergie renouvelable et un résidu (le digestat) pouvant servir de fertilisant. La production de biogaz ne doit pas détourner les cultures d'une production alimentaire (ce qui est largement le cas par exemple en Allemagne et commence à se développer en France avec l'utilisation du maïs du fait de son efficacité énergétique élevée), ni intensifier une exploitation agricole, auquel cas elle reproduirait l'écueil des agrocarburants de première génération. C'est pourquoi doivent être privilégiées l'utilisation des déjections animales ou les cultures intermédiaires à vocation énergétiques (CIVE), notamment dans les régions où l'élevage a disparu, sous réserve qu'elles ne mobilisent pas d'intrants supplémentaires. Les principaux avantages du biogaz par rapport aux agrocarburants de 1^{ère} génération sont une meilleure efficacité énergétique (rapport entre énergie produite/énergie utilisée). L'utilisation des déjections animales correspond à des émissions évitées par rapport au système de référence qui les épand directement sur les surfaces (Hijazi *et al.*, 2016). La digestion du fumier est le moyen le plus efficace de réduire les émissions de CH₄ et N₂O (Agostini *et al.*, 2016). Les Cive n'engendrent pas non plus de supplément de surface. Des études complémentaires sont nécessaires pour évaluer (i) la valeur fertilisante et amendante des digestats, tout particulièrement en tenant compte des conditions d'épandage qui influent beaucoup sur la volatilisation des composés azotés (ammoniac, N₂O) et donc l'émission de gaz à effet de serre, (ii) l'impact de la suppression d'apports de forme carbonée complexe sur la vie biologique et la dynamique de la matière organique des sols. En France, les ressources mobilisables pour la méthanisation représenteraient selon l'Ademe (2014) un potentiel de mobilisation d'ici 2030 de 4,8 Mtep (déjections, résidus de cultures et cive). Une estimation faite à l'échelle de l'Europe évalue pour la France la possibilité de produire entre 5,8 et 4,4 Mtep à partir des déjections en considérant qu'elles seraient mobilisées à hauteur 50 et 20% du potentiel théorique (Meyer *et al.*, 2018) ; des valeurs donc un peu supérieures aux estimations de l'Ademe.

Un nouveau pacte à construire entre agriculture et société

L'agronome aujourd'hui ne peut plus arrêter sa perception et son analyse au portail de la ferme. Il doit intégrer la question de la place de l'agriculture dans la société mais surtout la place des exploitations dans leur territoire. N'oublions pas que si l'agriculture est majoritaire en termes d'occupation de l'espace, elle est devenue minoritaire en termes d'actifs et d'élus locaux. Les

² <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/agriculture-enr-contributions-opportunités-2018-synthese.pdf>

fonctions qu'elle peut assumer (alimentaire, environnementale, paysagère), les aménités qu'elle peut produire, les relations marchandes ou non marchandes qu'elle peut générer, la maintiennent toujours comme une activité essentielle des espaces ruraux. Cela se traduit par une nécessité de repenser la relation de l'agriculture aux processus et aux politiques publiques. Si un positionnement à l'échelle nationale a été pertinent au sortir de la guerre pour négocier et construire un cadre de développement pour l'agriculture en renouvelant le pacte entre agriculture et société (Hervieu et Viard, 1994), il n'est plus suffisant aujourd'hui. Un travail à l'échelle locale est nécessaire. Ce travail ne peut reposer uniquement sur une stratégie de communication (voulant que la méconnaissance soit l'origine des maux) et doit s'ancrer dans une posture de création de liens, de fabrication de communs voire de sens commun. La demande pour des produits locaux ou à forte identité territoriale (Chiffolleau, 2019), les réflexions sur les usages et la préservation du foncier (Guigon et al., 2020) peuvent y aider. Comment raisonner les choix techniques dans l'exploitation et favoriser les compromis pour passer du « ça nous est dû » au « nous l'avons construit avec vous » ? Il s'agit d'intégrer la coexistence (Bossel, 1999) comme composante constitutive de l'exploitation agricole (moi et les autres). Penser l'agriculture dans une logique d'inclusion et donc accepter de s'éloigner des seules dimensions biotechniques (Capitaine et Jeanneaux, 2016) peut venir bousculer les habitudes de l'agronome et les positionnements de l'agronomie. La construction locale d'alliances, et non de délégations, avec d'autres approches, d'autres disciplines est une manière d'apporter des réponses situées et vraisemblablement adaptées.

Si on prône ici une gestion intégrée par laquelle on cherche à faire prendre en compte les questions par les différents acteurs, une autre solution pourrait être la segmentation de l'espace en fonction des enjeux travaillés. La gestion de l'espace en termes de politiques et dispositifs publics en sera différente (Perrier-Cornet, 2002). Le recours à l'agronomie restera nécessaire mais avec des approches et des outils différents selon la segmentation et les enjeux considérés.

Conclusion

Ces dernières décennies constituent une période où de multiples défis interdépendants amènent à repenser le rôle de l'agriculture. Les attentes sociétales vis-à-vis de l'agriculture se cristallisent autour d'enjeux clefs : climat, biodiversité, énergie, alimentation et santé. Véritables défis pour l'agriculture aujourd'hui qui au-delà des techniques mises en œuvre aux échelles de la parcelle ou des systèmes de culture doit plus encore se positionner aux échelles de l'exploitation et du territoire. On devrait même dire des territoires tant les espaces de concernement et les territoires de gestion devraient être déclinés en fonction de l'enjeu abordé et correspondent à des collectifs d'acteurs pouvant être différents. Raisonner la question du climat et de l'atténuation du changement climatique ne se fait nécessairement pas à la même échelle que la production d'énergie. Si l'un peut se concevoir dans une logique d'autonomie à l'échelle de l'exploitation, l'autre nécessite une réflexion à des échelles continentales (ce qui n'obère pas l'intérêt d'actions au niveau des pratiques agricoles mais seule l'exploitation ne peut rien). Les organisations avec lesquelles les agriculteurs vont devoir travailler, les acteurs engagés autour de ces enjeux, les outils de politique publique mobilisés seront différents.

Que les démarches mobilisées pour répondre à ces défis soient biotechnique ou sociotechnique, elles appellent les agronomes, agriculteurs, chercheurs à changer de paradigme pour penser les processus et les activités de manière synergique et coordonnée au sein des territoires. Elles engagent donc la mise en œuvre d'approches systémiques qui par essence viendront interroger les fonctions assurées par l'agriculture. Ces fonctions peuvent être qualifiées de « nouvelles fonctions » de l'agriculture en regard de sa spécialisation actuelle. Mais rappelons-nous que, pour beaucoup d'entre-elles, elles étaient constitutives des systèmes agraires anciens qui reposaient sur des arbitrages, à différentes échelles, pour l'affectation des terres entre l'ensemble des usages possibles de la biomasse.

L'agronomie se doit d'être présente dans le débat public sans solution normative. Elle doit contribuer à répondre aux enjeux du moment en permettant par l'action d'élargir les fonctions de

l'agriculture. Cette dimension finalisée nécessite d'avoir en permanence une réflexion sur les compétences et les postures des agronomes. Mais comme pour toute science, la production et la diffusion de connaissances et de références restent attendues.

Références bibliographiques

Adeux G., Munier-Jolain N., Meunier D., Farcy P., Carles, S., Barber, P., Cordeau S., 2019. Diversified grain-based cropping systems provide long-term weed control while limiting herbicide use and yield losses. *Agronomy for Sustainable Development*, 39(4), 42. <http://doi.org/10.1007/s13593-019-0587-x>

Agostini A., Battini F., Giuntoli J., Tabaglio V., Padella M., Baxter D., ... Amaducci S., 2015. Environmentally sustainable biogas? The key role of manure co-digestion with energy crops. *Energies*, 8(6), 5234–5265. <http://doi.org/10.3390/en8065234>

Barbier C., Couturier C., Pourouchottamin P. R., Cayla J.-M. R., Silvestre M., Billen G., Pharabodh I., 2018. Le bilan énergétique et carbone de l'alimentation en France de la production à la consommation.

Bennett A. J., Bending G. D., Chandler D., Hilton S., Mills P., 2012. Meeting the demand for crop production: the challenge of yield decline in crops grown in short rotations. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 87(1), 52–71. <http://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2011.00184.x>

Bongiorno G., Bünemann E. K., Brussaard L., Mäder P., Oguejiofor C. U., Goede R. G. M. De., 2020. Soil management intensity shifts microbial catabolic profiles across a range of European long-term field experiments. *Applied Soil Ecology*, 154(March), 103596. <http://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103596>

Bossel H., 1999. Indicators for sustainable development : theory, method, applications. A report to the Balaton group. International Institute for sustainable development.

Bruckner M., Häyhä T., Giljum S., Maus V., Fischer G., Tramberend S., Börner J., 2019. Quantifying the global cropland footprint of the European Union's non-food bioeconomy. *Environmental Research Letters*, 14(4). <http://doi.org/10.1088/1748-9326/ab07f5>

Cadillo-Benalcazar J. J., Renner A., Giampietro M., 2020. A multiscale integrated analysis of the factors characterizing the sustainability of food systems in Europe. *Journal of Environmental Management*. <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110944>

Capitaine M. et Jeanneaux P., 2016. Agriculture en mouvement. Innovations stratégiques et performance globale. Educagri Editions, 118.

Caron A. et Torre A., 2002. Les conflits d'usages dans les espaces ruraux : une analyse économique. In Perrier-Cornet P. (Ed.), *A qui appartient l'espace rural ?* Edition de l'Aube, Datar, 49-78.

Cordell D., Drangert J.O., White S., 2009. The story of phosphorus: Global food security and food for thought. *Global Environ Chang* 19:292–305. doi:10.1016/j.gloenvcha.2008.10.009

Chiffolleau Y., *Les circuits courts alimentaires, entre marché et innovation sociale*. Erès éditions, 176 p.

Dedieu B., Détang-Dessendre C., Dupraz P., Duru M., Guyomard H., Therond O., 2020. PAC et transition agroécologique ; in *Quelle politique agricole commune demain?* Détang-Dessendre C, Guyomard H (coord) *Quelle politique agricole commune demain ?* Versailles, Ed Quae, 306p

Drinkwater L.E., Snapp S.S., 2007. Nutrients in agroecosystems: rethink the management paradigm. *Adv Agron* 92:163-186. doi: 10.1016/S0065-2113(04)92003-2

Duru M., Therond O., Martin G., Martin-Clouaire R., Magne M., Justes E., ... Sarthou J. P., 2015. How to implement biodiversity-based agriculture to enhance ecosystem services : a review. *Agronomy for Sustainable Development*. <http://doi.org/10.1007/s13593-015-0306-1>

Duru M., Therond O., 2021. L'évaluation des systèmes agricoles à l'aune des services écosystémiques et de l'économie circulaire (soumis à AES)

Geiger, F., Bengtsson, J., Berendse, F., Weisser, W. W., Emmerson, M., Morales, M. B., Inchausti, P., 2010. Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic and Applied Ecology*, 11(2), 97–105. <http://doi.org/10.1016/j.baae.2009.12.001>

Grémillet A., Fosse J., 2020. Les performances économiques et environnementales de l'agriculture : les coûts et bénéfices de l'agroécologie. Note d'analyse 94, France Stratégie.

Guigon F., Boyrel S., Boyrel D., Prévost P., (2020). Deux exemples de fermes interrogeant les relations capital-foncier-travail-famille. *Agronomie, Environnement et Sociétés*, 10:2, 5 p.

Guyomard, H., Bureau J.-C. et al., 2020. Research for AGRI Committee – The Green Deal and the CAP: policy implications to adapt farming practices and to preserve the EU's natural resources. European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies, Brussels

Hassan S. S., Williams G. A., Jaiswal A. K., 2019. Moving towards the second generation of lignocellulosic biorefineries in the EU: Drivers, challenges, and opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 101(December 2018), 590–599. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2018.11.041>

Hervieu, B. et Viard, J., 1994. Au bonheur des campagnes. Editions de l'Aube.

Hijazi O., Munro S., Zerhusen B., Effenberger M., 2016. Review of life cycle assessment for biogas production in Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 1291-1300.

Hill S. B., MacRae R. J., 1996. Conceptual framework for the transition from conventional to sustainable agriculture. *Journal of sustainable agriculture*, 7(1), 81-87.

Johannes A., Matter A., Schulin R., Weisskopf P., Baveye P. C., Boivin P., 2017. Optimal organic carbon values for soil structure quality of arable soils. Does clay content matter? *Geoderma*, 302(April), 14–21. <http://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.04.021>

Lal R., 2020. Regenerative agriculture for food and climate. *Journal of soil and water conservation*, 1–2. <http://doi.org/10.2489/jswc.2020.0620A>

Landais, E., 1998, Agriculture durable : les fondements d'un nouveau contrat social. Le Courrier de l'Environnement de l'INRA, n°33, avril 1998, 23-40.

Le Bras H., Schmitt B., 2020. Métamorphose du monde rural. Agriculture et agriculteurs dans la France actuelle. Quae Editions, 150.

Martin G., Moraine M., Ryschawy J., Magne M.-A., Asai M., Sarthou J.-P., ... Therond O., 2016. Crop–livestock integration beyond the farm level: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(3), 53. <http://doi.org/10.1007/s13593-016-0390->

Martin G., Durand J. L., Duru M., Gastal F., Julier B., Litrico I., ... Jeuffroy M. H., 2020. Role of ley pastures in tomorrow's cropping systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 40(3).

Meena R. S., Kumar S., Datta R., Lal R., Vijayakumar V., Brtnicky M., ... Marfo T. D., 2020. Impact of agrochemicals on soil microbiota and management: A review. *Land*, 9(2). <http://doi.org/10.3390/land9020034>

Meyer A. K. P., Ehimen E. A., Holm-Nielsen J. B., 2018. Future European biogas: Animal manure, straw and grass potentials for a sustainable European biogas production. *Biomass and Bioenergy*, 111, 154–164. <http://doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.05.013>

Moraine M., Duru M., Nicholas P., Leterme P., Therond O., 2014. Farming system design for innovative crop-livestock integration in Europe. *Animal*, DOI : 10.1017/S1751731114001189.

MTES, 2020. Ministère de la transition écologique et solidaire., 2020. Stratégie nationale bas carbone https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/2020-03-25_MTES_SNBC2.pdf

Nicolopoulou-Stamati, P., Maipas, S., Kotampasi, C., Stamatis, P., Hens, L., 2016. Chemical Pesticides and Human Health: The Urgent Need for a New Concept in Agriculture. *Frontiers in Public Health*, 4(July), 148. <http://doi.org/10.3389/fpubh.2016.00148>

Palm C., Blanco-Canqui H., DeClerck F., Gatere L., Grace P., 2014. Conservation agriculture and ecosystem services: An overview. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 187, 87–105. <http://doi.org/10.1016/j.agee.2013.10.010>

Pellerin S, Bamière L (pilotes scientifiques) et al., 2019. Stocker du carbone dans les sols français, Quel potentiel au regard de l'objectif 4 pour 1000 et à quel coût ? Synthèse du rapport d'étude, INRA (France), 114 p

Pellerin S, Bamière L, Angers D, Béline F, Benoit M, Butault J. et al., 2013. Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ? Potentiel d'atténuation et coût de dix actions techniques.

Perrier-Cornet P., 2002. A qui appartient l'espace rural et qui le gère ? In Perrier-Cornet P. (Ed.), A qui appartient l'espace rural ? Edition de l'Aube, Datar, 133-137.

Power A. G., 2010. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 2959–2971. <http://doi.org/10.1098/rstb.2010.0143>

Powles, S. B., Yu, Q., 2010. Evolution in action: plants resistant to herbicides. *Annual review of plant biology*, 61, 317-347.

Rusch, A., Chaplin-Kramer, R., Gardiner, M. M., Hawro, V., Holland, J., Landis, D., ... & Bommarco, R., 2016. Agricultural landscape simplification reduces natural pest control: A quantitative synthesis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 221, 198-204.

Schmitt B., Perrier-Cornet P., 1998. Les campagnes et leurs villes. Insee, Inra éditions.

Sirami C., Gross N., Baillod A. B., Bertrand C., Carrié R., Hass, A. Fahrig L., 2019. Increasing crop heterogeneity enhances multitrophic diversity across agricultural regions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(33), 16442-16447.

Tamburini G., Bommarco R., Wanger T. C., Kremen C., van der Heijden M. G. A., Liebman M., Hallin S., 2019. Agricultural diversification promotes biodiversity and multiple ecosystem services without compromising yield. *Submitted to Science Advances*, 10/28/2019, (November).

Therond O., Duru M., 2019. Agriculture et biodiversité : les services écosystémiques, une voie de réconciliation ? *Innovations Agronomiques*, 75, 29–47. Retrieved from <http://institut.inra.fr/Missions/Eclairer-les-decisions/Etudes/Toutes-les-actualites/EFESE-services>

Tilman D., Clark M., 2014. Global diets link environmental sustainability and human health. *Nature*, 515(7528), 518–522. <http://doi.org/10.1038/nature13959>

Tilman D., Fargione J., Wolff B., D'Antonio C., Dobson A., Howarth R., Schindler D., Schlesinger W.H., Simberloff D., Swackhamer D., 2001. Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science* 292: 281–284

van der Ploeg, J. D., Barjolle, D., Bruil, J., Brunori, G., Costa Madureira, L. M., Dessein, J., ... Wezel, A. (2019). The economic potential of agroecology: Empirical evidence from Europe. *Journal of Rural Studies*, (December 2018), 1–16. <http://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2019.09.003>

van der Werf H. M., Knudsen M. T., Cederberg, C., 2020. Towards better representation of organic agriculture in life cycle assessment. *Nature Sustainability*, 3(6), 419-425

van Duren I., Voinov A., Arodudu O., Firrisa M. T., 2015. Where to produce rapeseed biodiesel and why? Mapping European rapeseed energy efficiency. *Renewable Energy*, 74, 49–59. <http://doi.org/10.1016/j.renene.2014.07.016>

Vieweger A., Döring T. F., 2014. Assessing health in agriculture? Towards a common research framework for soils, plants, animals, humans and ecosystems. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(3), 438–446. <http://doi.org/10.1002/jsfa.6708>

Wang L., Cutforth H., Lal R., Cha, Q., Zhao C., Gan Y., Siddique K. H. M., 2018. “Decoupling” land productivity and greenhouse gas footprints: A review. *Land Degradation and Development*, 29(12), 4348–4361. <http://doi.org/10.1002/ldr.3172>



Les articles sont publiés sous la licence Creative Commons 2.0. La citation ou la reproduction de tout article doit mentionner son titre, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue AE&S et de son URL, ainsi que la date de publication.