

URGENCE PLANÉTAIRE ET POTENTIALITÉS DES AGRICULTURES ÉCOLOGIQUEMENT INTENSIVES

Par Jean-Pierre SARTHOU¹

Un objectif commun mais deux visions pour y parvenir

L'augmentation de la population mondiale, prévue pour être à neuf milliards de personnes en 2050, et l'alimentation de plus en plus carnée des habitants des pays émergents, laissent présager la nécessité d'une augmentation de la production agricole mondiale de 70% d'ici 25 ans seulement, si l'on souhaite que non seulement la sous-nutrition mais aussi la malnutrition soient éradiquées sur la planète. Alors que ce discours dominant fait globalement consensus en ce qui concerne l'objectif agricole à atteindre, ce sont les voies pour y parvenir qui laissent entrevoir des dissensions. L'approche la plus simple consisterait à viser une expansion des surfaces cultivées. Cependant, l'accroissement de la production agricole attendue de ce levier ne serait ou ne sera que d'environ 15%. Finalement, c'est bien le même levier que celui activé au sortir de la Seconde Guerre mondiale, soit l'intensification des systèmes de production agricoles, qui le sera de nouveau, et toute la question est alors de savoir quelle forme prendra cette intensification. Le mot d'ordre politique dominant, tant au niveau national qu'au niveau mondial, semble bien être celui de la poursuite d'une intensification agro-industrielle, dont nous connaissons bien aujourd'hui les limites, tant environnementales que sanitaires et sociales. Mais de plus en plus de travaux scientifiques démontrent la pertinence et même la faisabilité d'une intensification écologique des systèmes de production agricoles.

Focus sur des éléments majeurs du contexte agro-alimentaire mondial

Préalablement à la mise en place d'une transition agroécologique généralisée, plusieurs points de contexte global sont à considérer, et tout d'abord celui de la disponibilité alimentaire mondiale. D'un point de vue théorique, la production alimentaire mondiale, qui est en moyenne d'environ 2700 kcal/pers/j, est suffisante pour satisfaire les besoins énergétiques de chacun, soit entre 1800 et 2200 kcal/pers/j. Viennent se greffer à cela des problèmes d'accessibilité à l'alimentation car aujourd'hui encore, plus

1. Communication présentée à l'Académie des Sciences, Inscriptions et Belles-Lettres de Toulouse à la séance du 30 novembre 2023. Une version avec citation des références dans le texte et une liste de ces dernières *in extenso* en fin d'article, est disponible sur simple demande auprès de l'auteur : jean-pierre.sarthou@toulouse-inp.fr

de 780 millions de personnes souffrent de sous-nutrition pendant plus de six mois de l'année, du fait de tensions géopolitiques et d'inégalités socio-économiques au sein et entre de nombreux pays du monde. Toutefois, vouloir augmenter encore les rendements des céréales produites dans les pays développés, alors qu'ils sont déjà élevés, n'est pas justifié pour plusieurs raisons : 1/ cela ne satisferait qu'une très faible part de la demande alimentaire mondiale, car 70 à 80% de l'énergie contenue dans les céréales des pays riches sont perdus lors de la transformation en viande, en bioénergie ou autres produits industriels ; 2/ les grandes zones de production (USA, Brésil, Argentine, Europe, Australie...) délivrent plus facilement leurs productions aux usines de la chimie verte et de la transformation de biomasse en énergie, qu'aux communautés rurales des pays en développement ; 3/ gagner 1t de céréale/ha sur un rendement qui est déjà de 6t/ha coûte beaucoup plus cher énergétiquement et environnementalement, que de la gagner sur un rendement plus bas (1 à 3 t/ha par ex) ; 4/ et enfin cela ferait grimper davantage encore les prix mondiaux des intrants, au détriment des petits paysans. La solution est donc de produire les aliments là où ils sont attendus. Paradoxalement, les populations souffrant le plus de la faim dans le monde vivent en zones rurales de pays du Sud. Ces pays pourraient potentiellement produire leurs aliments, y compris et voire surtout chez les petits paysans, mais la productivité de leurs terres est restée à peu près inchangée depuis environ 50 ans puisque la Révolution Verte des années 1960-1970 ne les a que peu voire pas atteints. De plus, cette productivité est entravée par l'accès aux intrants (y compris organiques), aux savoirs et aux technologies, par le changement climatique et la dégradation des ressources naturelles, et par l'instabilité socio-politique et la faiblesse des institutions nationales. Ces pays ne peuvent donc pas subventionner leur agriculture comme le font les pays riches, car elle représente 70% de leur PIB quand celle des pays riches n'en représente que 3%. Malgré cela, la moitié environ de la production alimentaire mondiale provient de petites fermes familiales, donc d'une agriculture à faibles intrants voire « Bio » par défaut, petites fermes qui n'occupent que 20% environ de la surface agricole mondiale et qui sont souvent situées sur les sols les moins fertiles du pays puisque les plus fertiles sont accaparés par de grosses structures agricoles tournées vers les marchés mondiaux. Le pendant est qu'aujourd'hui la production alimentaire à destination humaine des régions les plus productives du monde ne représente qu'une petite fraction de la production alimentaire mondiale. Dans le cas des céréales par exemple, la production des pays dont le rendement moyen est supérieur à 6t/ha (soit essentiellement en Europe de l'Ouest et en Amérique du Nord), ne représente que 12,5% de la production céréalière mondiale, et seulement 20 à 30% de l'énergie de ces céréales vont directement à l'alimentation humaine, l'essentiel allant à l'alimentation animale, y compris d'animaux naturellement herbivores (ruminants). De ce fait, la moitié de la production céréalière mondiale provient de pays où les rendements moyens sont inférieurs à 3,1t/ha, voire parfois inférieurs à 1t/ha. Une autre conséquence est que la production alimentaire mondiale, particulièrement dans les pays les plus productifs, est globalement déséquilibrée : très déficitaire pour les fruits et légumes, fruits secs et lait (de 10 à près de 60%), très excédentaire pour les céréales et les poissons (d'environ 50%), et très largement excédentaire pour la viande rouge (de plus de 500%, Institute for Health Metrics and Evaluation, www.healthdata.org).

Nécessité d'un changement de paradigme, au Nord comme au Sud

L'intensification de l'agriculture selon le modèle agro-industriel de l'après Seconde Guerre mondiale, a certes permis de multiplier globalement les volumes de production par 2,5 à 3, mais a abouti également aux impasses environnementales, sanitaires, économiques, sociales et même agronomiques que nous connaissons bien désormais, ou tout au moins dont le grand public a vaguement conscience².

La nécessité d'à nouveau intensifier la production agricole doit bien évidemment aujourd'hui aboutir au choix de la voie de l'intensification agroécologique, non seulement pour toutes les raisons exposées dans le texte qui vient d'être évoqué, mais aussi pour des raisons purement économiques : alors que le modèle agro-industriel génère à l'échelle mondiale des coûts cachés estimés, par le dernier rapport institutionnel du *Global Policy Report*, à 15 000 milliards US\$/an, soit 12% du PIB mondial, la généralisation planétaire d'un modèle agroécologique aboutirait selon ses auteurs au contraire à un gain de 10 000 milliards US\$/an. De plus, il est estimé que les coûts de la transition, en plus de devoir n'être supportés qu'une seule fois, ne s'élèveraient qu'à 0,2 à 0,4% du PIB mondial.

Quelques succès agroécologiques de par le monde ou la « preuve du concept »

Synergie entre plantes annuelles et pérennes

À l'image des avantages apportés par les associations céréales-légumineuses, pratiquées de très longue date comme en attestent des écrits d'agronomes romains (e.g. Xénophon, IV^e siècle av. J.-C.), l'association, en Afrique subsaharienne, entre un arbre de la famille des légumineuses (Fabacées), à savoir *Faidherbia albida*, et des cultures vivrières (manioc en culture annuelle, soja, arachide, millet...), sans avoir totalement disparu, fait aujourd'hui l'objet de nouvelles recherches de la part d'organismes institutionnels et d'ONG internationales. Cet arbre offre en effet deux avantages considérables lorsqu'il est associé à des cultures : 1/ étant une légumineuse, il est autonome pour son alimentation azotée et en restitue une partie au sol par la chute de ses feuilles ; 2/ il est à phénologie inverse, i.e. il développe son feuillage pendant la saison sèche lorsque les autres plantes sont à l'arrêt, et le perd en début de saison humide lorsqu'elles démarrent leur cycle, ne subissant de ce fait aucune concurrence de sa part pour l'eau ni pour la lumière. Associé à la culture de blé, il permet d'abaisser le pic de température maximale à la mi-journée de plusieurs degrés, d'augmenter l'humidité du sol en début et fin de cycle notamment lors du remplissage du grain, grâce au fait qu'il diminue l'évapotranspiration du blé d'une part et qu'il provoque une ascension hydraulique au profit de la culture d'autre part, de diminuer l'occurrence et la pression des maladies de la céréale, et finalement d'augmenter de plus de 20% le rendement de la culture à la fois en grain et en paille.

2. Nous ne revenons pas ici sur ces éléments présentés lors d'une précédente communication (24 mars 2022) : Jean-Pierre Sarthou, « L'agriculture et l'agronomie telles que vous ne les avez jamais vues », *Mémoires de l'Académie des Sciences, Inscriptions et Belles-Lettres de Toulouse*, volume 183, 20^e série - tome III, 2022.

Restauration de sols très dégradés

Les sols sont à la base de la productivité naturelle des surfaces agricoles. En Éthiopie, dans la vallée du Rift, après des décennies de dégradation des sols par surpâturage des terres, l'exclusion pendant huit ans des animaux herbivores de certaines parcelles, voire de certaines fermes (animaux qui étaient alors exclusivement nourris de feuillage d'arbres), l'utilisation pour la cuisine du bois de ces mêmes arbres en lieu et place des résidus de culture et des bouses séchées, et l'apport aux sols cultivés de fortes quantités de biomasse (résidus de cultures et bouses ainsi disponibles, compost), ont permis sur ces parcelles et fermes d'améliorer la fertilité des sols (teneur en matières organiques passée de 1,5% à 2,7%), et d'augmenter le rendement en teff (céréale secondaire originaire de l'est de l'Afrique et aujourd'hui cultivée en Afrique du Sud comme plante fourragère) de 70%. Au Zimbabwe, comme dans tout le sud de l'Afrique, les sols sont naturellement très peu fertiles du fait d'une roche-mère granitique. Ils sont donc acides, pauvres en phosphore et soufre, contiennent peu d'argiles (autour de 10%) et beaucoup de sables (plus de 80%), ce qui limite fortement leur capacité de rétention en eau. Depuis plusieurs décennies, la monoculture de maïs avec engrais et pesticides, alimentant les filières agro-industrielles, était pratiquée par les paysans, aux deux tiers installés sur de petites fermes de 3 à 5 ha. Au début des années 2000 les rendements de maïs étaient en très forte baisse, les sols très dégradés et les parcelles finalement abandonnées, au détriment des forêts natives alors défrichées, pour cultiver leur sol rendu fertile par la végétation forestière naturelle. Il fut alors mis en place un programme de recherche participative, le *Soil Fertility Consortium for Southern Africa*, entre l'université du Zimbabwe, la FAO, des ONG nationales et internationales et d'autres partenaires. L'objectif était tout d'abord d'identifier et de sélectionner des légumineuses sauvages annuelles et pérennes à forte productivité naturelle, à caractéristiques fonctionnelles variées mais complémentaires les unes des autres (morphologie des racines, port, phénologie). Il était ensuite de les semer avant une culture de maïs et en tant que couverts végétaux, sur les parcelles agricoles au sol dégradé, sans apport de phosphore, de les détruire autour de leur floraison, et d'y semer le maïs. La technique *indifallow* (pour *indigenous legume fallow*) était née, technique permettant, par rapport à une jachère non semée (végétation spontanée) d'augmenter de plus de 120% les rendements de maïs sans apport de phosphore sur la culture, et de plus de 170% avec apport de phosphore. Sans aucune période de jachère, soit en situation de culture, avec exportation continue des récoltes, les rendements étaient respectivement divisés par neuf et par six par rapport à ceux obtenus avec la technique *indifallow*.

Production de bovins viande sur prairies naturelles

En Amérique du Sud, la *pampa* et les *campos* représentent 500 000 km² de prairies naturelles à cheval sur l'Argentine, le sud du Brésil et l'Uruguay. Ces espaces font vivre environ 500 000 exploitations agricoles de l'élevage ovin et bovin viande, mais sont aussi des « *hotspots* » de biodiversité puisqu'ils renferment plus de 450 espèces de graminées dont beaucoup dites en « C4 » (physiologie particulière rendant la photosynthèse plus efficace en conditions chaudes) et plus de 150 espèces de légumineuses, plantes fixatrices du diazote de l'air. La productivité de ces prairies naturelles étant faible à moyenne, *i.e.* permettant une productivité de 60 à 80 kg de viande/ha/an, de nombreux agriculteurs se mettent à la culture de soja sur de grandes surfaces, conversion se faisant au rythme

de 440 000 ha/an et entraînant une érosion de la biodiversité, une baisse des pluies, une augmentation de la pollution aux produits phytosanitaires, une baisse de la teneur des sols en matières organiques et donc une hausse des émissions de CO₂ (gaz à effet de serre), et enfin une hausse du stress hydrique des cultures. Certains travaux de recherche ont mis en évidence que le surpâturage était la cause principale de la faible productivité des prairies naturelles, notamment sur les exploitations agricoles de type familial où le fait de posséder de nombreux animaux est culturel et constitue un marqueur de rang social. D'autres travaux, sur les solutions techniques à apporter, ont prouvé l'efficacité de la mise en place d'un pâturage différent, consistant à faire entrer plus tardivement les animaux dans une prairie, *i.e.* à un stade de croissance plus avancé, mais aussi à les sortir plus tôt, *i.e.* alors que la végétation est encore « haute », pour que les plantes aient encore des feuilles certes appétibles, mais surtout permettant aux plantes de reprendre un cycle de croissance immédiatement, sans devoir puiser dans leurs réserves pour mettre en place des limbes capables de faire la photosynthèse. Cette technique, appelée « pâturage tournant dynamique », a permis dans un premier temps, sans apporter davantage d'intrants qu'auparavant et donc simplement en respectant mieux le cycle de croissance des plantes, d'augmenter la productivité en viande de 60-80 kg/ha/an à 160-180 kg/ha/an. Dans un second temps, une seconde série d'améliorations, portant d'une part sur l'évitement du pâturage pendant la période de floraison-grenaison des plantes (pour mieux équilibrer le ratio plantes en C3/plantes en C4), et d'autre part sur le contrôle physique de la dominance des graminées peu appétibles (qui forment à moyen terme des monticules), a permis d'atteindre des niveaux moyens de productivité en viande de 230 kg/ha/an. Cette technique, apparue en Argentine, a été exportée en Uruguay où elle a presque doublé le revenu des éleveurs, tout en diminuant l'érosion du sol, en augmentant la séquestration du carbone dans les sols et donc l'atténuation comme l'adaptation au changement climatique, et enfin en augmentant la biodiversité dans les prairies.

Conception de paysages régulateurs de ravageurs des cultures

Jacques Hicter, un céréalier exploitant 320 ha dans l'Aisne, faisait le constat au milieu des années 1980, lorsqu'il se promenait avec ses jeunes enfants sur son exploitation, que les perdrix grises, les faisans et les cailles étaient beaucoup moins abondants que lorsqu'il était lui-même enfant, et que de nombreuses haies avaient été arrachées depuis. Il constatait de même que sur un plan agronomique, les épandages de granulés anti-limaces et les traitements insecticides contre les pucerons étaient devenus systématiques sur ses cultures. Il décida alors de suivre les conseils de l'Office National de la Chasse, à savoir : 1/ redécouper le parcellaire en parcelles plus petites mais surtout plus étroites et toujours longues (pour faciliter le travail), 2/ séparer ces parcelles par des bandes enherbées plantées par intervalles de tronçons de haies et de fruticées (formations buissonnantes basses d'espèces à baies) mais permettant de toujours utiliser le pivot d'irrigation par-dessus ces plantations de ligneux, 3/ replanter des haies et même installer des petits bosquets dans les pointes de parcelles, 4/ et enfin alterner dans l'espace les cultures d'hiver et les cultures d'été. Il compléta ces nouveautés par un changement dans sa gestion du sol et abandonna le labour pour adopter les « techniques culturales simplifiées ». En complément des suivis de gibier à plume effectués par l'ONC, des entomologistes étaient venus de Grande-Bretagne pour suivre l'évolution des communautés d'arthropodes, qui constituent le régime alimentaire de

base des poussins de tous les gallinacés, afin qu'ils aient une croissance rapide et qu'ils puissent très vite marcher aussi vite que leur mère (les gallinacés sont nidifuges une fois l'éclosion des œufs achevée). Les insectes, araignées et autres invertébrés, se sont de ce fait fortement multipliés, particulièrement les espèces de la strate herbacée comme les carabes et les tenthrèdes, et ont permis une alimentation abondante pour les poussins des trois espèces et donc leur bon développement, au point que les perdrix grises, dont les effectifs étaient descendus à 10-15 couples pour 100 ha, sont remontés à 80-100 couples pour 100 ha. Sur un plan agroécologique, les entomologistes ont observé une forte augmentation de la diversité des auxiliaires zoophages, et parallèlement une diminution de la pression des ravageurs, au point que les granulés anti-limaces ont été arrêtés et que la fréquence des traitements anti-pucerons a été divisée par 4 à 5. Un point notable est que tous ces aménagements ne lui ont « coûté » que 3% de sa surface agricole productive mais lui ont permis d'économiser chaque année environ 15 000€ de pesticides.

Régénérer les sols en grandes cultures

Pierre Cogny est agriculteur dans les Deux-Sèvres, sur une exploitation de 80 ha en polyculture-élevage, où les prairies naturelles pour le troupeau de Charolaises côtoient des parcelles en cultures annuelles (blé, orge, colza, tournesol principalement) ou pérennes (luzerne, trèfle violet, lotier corniculé). Le labour a été abandonné il y a plus de 25 ans, et depuis 18 ans c'est tout travail du sol qui est banni. Cela ne va pas sans avoir instauré d'autres changements : le semis direct en effet ne saurait donner de bons résultats agronomiques si une rotation diversifiée et allongée, incluant le positionnement judicieux de couverts végétaux pendant les inter-cultures (période entre la récolte d'une culture de vente et le semis de la suivante) et dont les résidus organiques laissés au sol enrichissent ce dernier en matières organiques, ne venait compléter la stratégie et assurer une couverture continue du sol. Ainsi, les mauvaises herbes sont-elles partiellement contrées d'une part dans leur germination (le sol n'étant plus travaillé, le stock semencier d'adventices, en surface, n'est pas renouvelé par le travail du sol), et d'autre part dans leur développement par la concurrence hydrique et minérale des cultures de vente et surtout des couverts végétaux. Bien entendu, les adventices doivent être contrôlées par des herbicides mais en utilisant une quantité moindre que la moyenne des agriculteurs en travail du sol. Le sol ainsi géré est en bien meilleur état (on parle de « santé du sol ») que lorsqu'il est régulièrement travaillé, et les plantes qui poussent dessus, aussi. Ainsi, Pierre Cogny, alors qu'il n'est pas en « Bio » évidemment, a arrêté tout emploi d'insecticides et de fongicides, depuis plusieurs années. Ce système de régénération des sols par le non travail mécanique du sol (mais biologique !) et par la reconstitution de sa richesse en matières organiques, sources de nutriments à la fois pour les organismes du sol et pour les plantes, permet justement à l'agriculteur de faire des économies également en engrais azotés. Il en épand entre 75 et 80 unités/ha sur une culture de blé, pour un rendement de 70 à 75 quintaux/ha, quand ses voisins en mettent 180 U/ha pour un rendement de 60 à 65 quintaux/ha. Cela n'a rien de magique ni d'impossible : c'est la minéralisation d'une partie du stock de matières organiques, bien plus important chez Pierre Cogny, qui permet d'assurer une grande partie de l'alimentation de la culture en azote, phosphore, soufre, etc. Lorsque ce stock est très réduit, les engrais doivent assurer la quasi-totalité de l'alimentation en ces éléments, au risque, qui plus est, de perdre une partie de ce qui est apporté lors de

périodes pluvieuses importantes. Pour finir, le travail du sol ayant disparu, une puissance moindre du tracteur suffit à assurer la mise en culture, et la consommation de gazole n'est alors plus que de 40 litres/ha, lorsque les voisins en systèmes conventionnels doivent non seulement acquérir des tracteurs plus puissants et donc plus chers à l'achat comme à l'entretien, mais supporter aussi une plus grande consommation de gazole, de l'ordre de 120 litres/ha. Il est certain que ces systèmes de régénération des sols sont plus longs et plus complexes à mettre en place, mais, ultimes récompenses en plus de la meilleure rentabilité économique, ils offrent quasi systématiquement aux agriculteurs l'opportunité de vivre leur métier avec une bien meilleure satisfaction intellectuelle, la possibilité d'avoir un outil de production plus résilient face aux manques ou aux excès, notamment d'eau, liés au changement climatique, et enfin le plaisir d'observer tous les jours ou presque une biodiversité en insectes, oiseaux et mammifères bien plus importante qu'en systèmes conventionnels.

Conceptualisation de l'intensification agroécologique

Les contextes institutionnels et politiques actuels créent des inégalités socio-économiques entre agriculteurs selon les régions du monde, avec des « pièges de pauvreté » pour certains, les rendant incapables de donner à leurs systèmes les facteurs de production nécessaires, et des situations au contraire de suremploi des intrants industriels (au sens où ils sont gaspillés), entraînant inefficience de ces derniers et pollution ou dégradation des ressources naturelles. Le principe de l'intensification écologique de la production agricole, par le biais de la modification des pratiques voire de tout le système de production, consiste d'une part, par son volet intensification, à réduire le plus possible voire éliminer la zone « piège de pauvreté », et d'autre part, par son volet « écologisation », à réduire le plus possible voire éliminer la zone « inefficience et pollutions » (figure 1).

Pour ce faire, il convient de mobiliser un deuxième concept, celui de service écosystémique. Un service écosystémique est la valorisation matérielle, économique

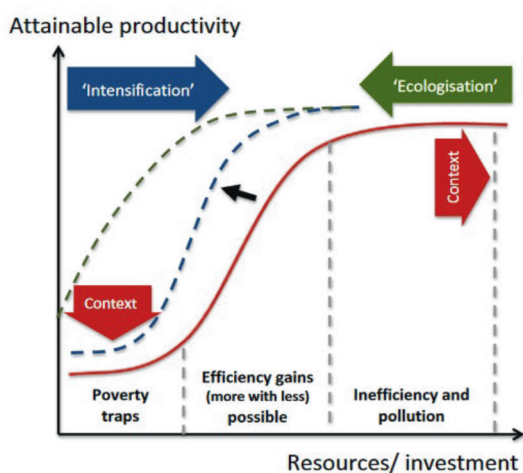


Fig. 1 : Productivité accessible, contextes et voies. La courbe rouge décrit la situation actuelle où les contextes institutionnels et politiques créent d'une part des situations de pièges à pauvreté et des inefficacités et pollutions d'autre part. Les flèches d'intensification écologique décrivent les directions de changement souhaitables : « écologisation » impliquant de maintenir la productivité tout en réduisant les intrants industriels (dont les énergies), et « intensification » d'augmenter la productivité par unité de surface, de manière durable et dès les premières ressources mobilisées (Titttonell *et al.*, 2016).

ou culturelle, ou la jouissance au travers d'un meilleur bien-être, par l'homme, d'une fonctionnalité écologique, elle-même résultat d'un ensemble de processus bio-écologiques assurant le fonctionnement des écosystèmes naturels ou anthropisés. Ainsi un écosystème (sub-)naturel tel qu'une forêt, assure bien voire très bien (selon la gestion) les fonctions profitables directement ou indirectement à l'homme, de production de bois, de préservation des habitats pour la biodiversité, de régulation des crues, de qualité de l'eau, de séquestration du carbone, de qualité de l'air et du climat et de régulation des populations de bioagresseurs. En revanche, cet écosystème forestier assurera très moyennement voire assez mal la fonction de production de nourriture pour l'homme, contrairement à un écosystème cultivé qui sera quant à lui très performant sur ce point, surtout s'il est conduit sur le mode agro-industriel. Il délivrera des services très faibles ou nuls, voire des « contre-services » appelés en fait « disservices », sur tous les autres domaines énumérés précédemment. La transition agroécologique ou intensification écologique de l'agriculture consiste alors à conférer à un agroécosystème la capacité à délivrer ces services non agricoles (préservation des habitats pour la biodiversité, régulation des bioagresseurs...) à un système de production, tout en préservant du mieux possible la fonction de production de nourriture pour l'homme. Il existe même des cas aujourd'hui dans lesquels cette fonction « nourricière » est améliorée alors que les apports d'intrants agro-industriels ont été significativement abaissés. Ceci se produit lorsque les anciennes pratiques portaient trop atteinte à des fonctions et donc à des services écosystémiques de type support (de la fertilité des sols) ou de régulation (pollinisation ou contrôle biologique des bioagresseurs), et qu'elles ont été remplacées par des pratiques ou des modes de gestion du système de production permettant la pleine réalisation des processus bio-écologiques à l'origine de ces fonctions et donc des services écosystémiques. Si l'accent est mis ici sur la dimension bio-physique de la transition agroécologique, il ne faut pas oublier l'importance réellement primordiale, avant, pendant et après cette transition, de sa dimension socio-économique. En effet, la formation des agriculteurs, leur accompagnement technique et souvent psychologique, le recueil et la diffusion des connaissances scientifiques comme empiriques, la mise en place de filières spécialisées visant à valoriser de nouvelles productions ou de nouvelles voies de commercialisation adaptées à la nouvelle organisation des agriculteurs, jouent un rôle déterminant et indispensable à la réussite de la transition agri-alimentaire d'un territoire. La parfaite compréhension de l'importance de cette dimension socio-économique par l'agriculteur lui-même est également indispensable, afin qu'il entreprenne toutes les démarches qui lui permettront d'acquérir les connaissances théoriques et pratiques mais aussi les contacts professionnels essentiels qui le guideront et l'accompagneront pour concevoir puis donner vie à son projet agroécologique.

Au-delà des cas isolés, la transition agroécologique à grande échelle

La plus grande synthèse publiée sur l'efficacité des pratiques agroécologiques par rapport aux conventionnelles est une méta-analyse de second ordre, ayant porté sur l'analyse de 98 méta-analyses de 1^{er} ordre, soit sur 6167 études scientifiques s'étant intéressées à cette question. Il en ressort que les pratiques agroécologiques promeuvent dans 63% des cas des situations « gagnant-gagnant », à savoir une amélioration tant du rendement que d'un ou plusieurs des services écosystémiques étudiés : préservation de la biodiversité, pollinisation, contrôle biologique des ravageurs, régulation du cycle de

l'eau, cycle des nutriments, fertilité du sol, séquestration du carbone et régulation du climat. À l'opposé, la fréquence des cas « perdant-perdant » (*i.e.* baisse du rendement et baisse du ou des services étudiés) n'est que de 10%, et celles des cas intermédiaires (appelés « compromis »), à savoir d'une part hausse du rendement mais baisse du ou des services, et d'autre part baisse du rendement mais hausse du ou des services, ne sont que de 12% et 15% respectivement. Il est à noter qu'en systèmes conventionnels, appliquant le modèle agro-industriel à hauts niveaux d'intrants de synthèse et d'énergie, le compromis de type hausse du rendement mais baisse du service étudié est systématique et traduit un antagonisme fort et intrinsèque, consubstantiel de ce type d'agriculture.

Quels bénéfices directs la société peut-elle attendre de la transition agroécologique ?

Rappelons qu'une récente étude vient de chiffrer les bénéfices globaux annuels d'une généralisation des systèmes de production agroécologiques, du fait de coûts évités (environnement et santé publique préservés), à 10 000 milliards US\$/an, alors même que le coût de cette transition ne représenterait, qui plus est ponctuellement, que 0,2 à 0,4% du PIB mondial. Au-delà des gains par rapport au modèle agro-industriel dominant aujourd'hui, la mise en place de tels systèmes garantirait une meilleure préservation des services écosystémiques à l'échelle mondiale, dont la valeur a été estimée (en 2011) à 145 000 milliards US\$/an. Dans les agroécosystèmes, les services les plus hautement évalués sont ceux du recyclage de la matière organique (plus de 700 milliards US\$/an), de la pollinisation des cultures, de la séquestration du carbone et du contrôle biologique des bioagresseurs (de 100 à 200 milliards US\$/an chacun). Cependant, les changements d'affectation des terres, dont est en partie responsable l'agriculture industrielle, provoquaient déjà, entre 1997 et 2011, la perte de 4 300 à 20 200 milliards US\$/an.

À l'échelle même de l'exploitation agricole, la plus grande valeur économique de certains services écosystémiques est perceptible : dans les systèmes en agriculture biologique (AB), le service de contrôle biologique des ravageurs a été estimé à 68-200 \$/ha/an, mais à une valeur nulle dans les systèmes conventionnels en agriculture conventionnelle (AConv) ; et le service de minéralisation de l'azote à 110-425 \$/ha/an contre 60-244, respectivement. Ainsi, rapporté au niveau mondial, si les systèmes AB étaient déployés ne serait-ce que sur 10% des surfaces arables, la valeur économique de ces deux mêmes services dépasserait le coût actuel de tous les engrais et de tous les pesticides utilisés en AConv.

Concernant les bénéfices non économiques retirés directement et indirectement par les citoyens-consommateurs, les agricultures alternatives au modèle agro-industriel les mieux documentées sont justement l'AB, suivie par l'agriculture de conservation des sols (ACS). Ainsi, même s'il faut, en AB, 25 à 110% de surface en plus qu'en AConv pour produire une quantité donnée de denrée agricole, une personne ayant une alimentation essentiellement d'origine AB a besoin d'une surface en moyenne 23% moindre qu'une autre ne consommant jamais de produits AB, du fait d'un régime davantage basé sur les fruits et légumes que sur les produits carnés et laitiers (9,51 m²/j/pers. contre 12,35 respectivement). En revanche, toujours pour produire une quantité donnée de denrée agricole, les systèmes AB émettent 4% de gaz à effets de serre (GES) en moins qu'en AConv car ils n'utilisent pas d'engrais azotés de synthèse, à l'origine d'émissions

importantes de N_2O , mais recourent en revanche davantage au travail du sol, d'où de plus fortes émissions de CO_2 , et associent plus fréquemment un élevage de ruminants, émetteurs de CH_4 , à leurs systèmes de culture. Toutefois, là encore, une personne ayant une alimentation essentiellement d'origine AB provoque indirectement des émissions de GES 37% plus faibles qu'une autre ne consommant jamais de produits AB (3,17 kg $\text{eqCO}_2/\text{j/pers.}$ contre 5,07). L'ACS permet, elle aussi, de bénéficier d'avantages en termes de lutte contre les GES. Son potentiel de séquestration du carbone ne fait pas l'objet d'un consensus mais une estimation de la part de l'un des meilleurs spécialistes mondiaux de la dynamique du carbone en agriculture (Pr Ratan Lal, Ohio State University) établit que si l'on orientait dès maintenant, au niveau mondial, la gestion des sols vers l'ACS et celle des parcelles vers l'agroforesterie (cela reviendrait à pratiquer ce qui est appelé aujourd'hui « agriculture régénératrice »), ce sont 178 Gt C qui seraient stockées dans les sols et 153 Gt C qui le seraient dans la végétation ligneuse. Cela aboutirait à une concentration atmosphérique en CO_2 inférieure à ce qu'elle était à l'aube de la révolution industrielle (soit 270 ppm, alors qu'elle est de 415 ppm de nos jours). N'atteindre que la moitié de cet objectif permettrait de redescendre au niveau de CO_2 atmosphérique des années 1980. Des exemples ponctuels illustrent ces potentialités : au Brésil, dans le Cerrado, il a été montré qu'après déforestation puis 20 ans d'ACS (très performante, avec forte production de biomasse), le stock de C sur 1 m de profondeur était de 116% par rapport à celui de la forêt tropicale sèche native. Concernant les émissions de N_2O , pour lesquelles l'ACS est souvent montrée du doigt, des travaux au Royaume-Uni montrent que de tels systèmes, âgés de cinq à dix ans seulement, émettent en moyenne 54% de N_2O de plus que des systèmes en AConv mais que leur potentiel de réchauffement global net (*i.e.* tenant compte de toutes les émissions de GES : CO_2 , CH_4 , N_2O) est de 26 à 31% plus faible qu'en systèmes conventionnels. Aux USA, il a même été montré que ces émissions de N_2O pouvaient être de 40 à 57% plus faibles en ACS qu'en AConv lorsque les premiers avaient une ancienneté de plus de 30 ans (grâce à un état de restauration du sol plus avancé). Enfin, concernant d'autres services écosystémiques, à savoir des services de régulation ou de support à la fertilité des sols, donc permettant à l'agriculteur de réaliser des économies sur de nombreux intrants, ou des services environnementaux bénéficiant à la société toute entière, deux études multicritères démontrent que pour la quasi-totalité d'entre eux, les systèmes ACS font preuve de performances meilleures que les systèmes AB et surtout que les systèmes AConv. Elles démontrent par-là que ces systèmes ACS possèdent le meilleur potentiel pour lutter contre l'antagonisme que l'on peut qualifier d'immanent à l'agriculture conventionnelle, entre productivité surfacique et performances environnementales.

Conclusion

À la croisée de multiples enjeux pour l'avenir de l'humanité mais aussi pour la vie quotidienne de chacune et de chacun d'entre nous, l'agriculture a trop longtemps été rangée dans le domaine des sujets annexes et considérée pour sa seule fonction, voire sa seule mission d'apporter à chaque citoyen sa dose quotidienne de calories à un coût économique le plus faible possible. Cette logique très segmentaire et court-termiste a mené au modèle agro-industriel poussé à son extrême aujourd'hui, presque dévoyé de sa mission nourricière première pour embrasser celle de la rentabilité, car ce modèle a été façonné par des décennies de logique capitaliste libérale. Mais avant d'être cet

outil au service des multinationales et de leurs intérêts mercantiles, l'agriculture est une affaire de vivant, de vivant façonné lui aussi mais par des millénaires de paysannerie et géré de nos jours pour parvenir à des niveaux de productivité jamais égalés. Mais la donne a changé. Les équilibres écologiques ne doivent pas être sacrifiés sur l'autel du profit économique des acteurs industriels de l'amont et surtout de l'aval des agrochaînes. Nous savons désormais les potentialités du vivant, son respect doit devenir la nouvelle règle et la norme, nous le devons aux jeunes générations et aux générations à venir.

