

Regard sur trois formes d'agriculture alternative

François Le Tacon

Introduction

L'agriculture est née par observation et raisonnement il y a plusieurs millénaires dans diverses régions du globe. Les progrès se sont considérablement accélérés avec les découvertes scientifiques qui se sont multipliées à partir de la fin du XIX^e siècle. Ces nouvelles connaissances ont entraîné une révolution que certains contestent en la qualifiant de la plus grande escroquerie de l'histoire comme Yuval Noah Harari, professeur d'histoire à l'Université hébraïque de Jérusalem, qui affirme que les chasseurs cueilleurs se nourrissaient amplement et parfaitement bien tout en passant le plus clair de leur temps à philosopher (Sapiens, une brève histoire de l'humanité, 2011). Un peu plus loin, Yuval Noah Harari estime que les agriculteurs ont troqué la vie agréable et libre des fourrageurs pour une vie de travail beaucoup plus dure tout en se nourrissant moins bien et en provoquant une explosion démographique ! L'explosion démographique est bien la conséquence de l'apparition de l'agriculture, mais Yuval Noah Harari oublie que l'espérance de vie des hommes du paléolithique ne dépassait pas trente-cinq ans en raison des difficultés à se nourrir et des dangers de la chasse ! Et grâce à la nouvelle agriculture née des travaux scientifiques de milliers de chercheurs, les hommes ont pu s'extraire du pénible travail de la terre et ainsi s'adonner à de multiples activités dont la philosophie, l'écriture, la poésie et toutes autres formes d'art ou d'activités intellectuelles. La naissance de l'agriculture est bien une révolution qui a changé le cours de l'histoire de l'humanité et permis aux hommes d'être ce qu'ils sont, c'est-à-dire des êtres avant tout pensants.

Si elle n'est pas la plus grande escroquerie de l'histoire, l'apparition de l'agriculture est un évènement considérable, source de désordres que l'on peut assimiler à un désastre écologique. Tant que les hommes ont vécu sans agriculture, ils sont restés en équilibre avec la nature. De faibles possibilités de prélèvement maintenaient de faibles populations qui en outre se déplaçaient. Les empreintes sur l'environnement étaient du même ordre de grandeur que celles laissées par les autres espèces animales. Avec l'apparition de l'agriculture, les écosystèmes naturels ont été définitivement perturbés par la mise en culture et la déforestation. Et comme les hommes pouvaient mieux se nourrir, les populations se sont accrues, ce qui a entraîné la destruction de nouveaux écosystèmes naturels et ainsi de suite. Maintenant, nous nous interrogeons à juste titre sur les conséquences de l'agriculture conventionnelle, encore qualifiée d'intensive ou industrielle, et nous nous interrogeons sur son avenir.

Depuis le début du XX^e siècle, l'agriculture intensive a fait l'objet de multiples critiques et se voit opposée diverses agricultures qualifiées d'alternatives se référant à l'écologie ou à la protection de l'environnement. Ces alternatives, dont il en existe au moins une quinzaine, sont le plus souvent de nature idéologique, sans bases scientifiques.

L'objectif de cette communication n'est pas de proposer de vraies solutions alternatives qui sont en cours d'élaboration dans un ouvrage qui devrait s'intituler *Quelle voies pour l'agriculture de demain* et qui devrait paraître dans deux ans et probablement d'abord en langue anglaise. L'objectif est aujourd'hui d'analyser rationnellement trois formes d'agriculture alternative parmi les plus connues : agriculture biodynamique ou *Biodynamic farming*, agriculture organique ou *Organic farming* et agriculture biologique.

Ces trois concepts d'agriculture ont en commun une forte composante idéologique s'opposant à la réalité scientifique. Pour plus de clarté, nous les traiterons séparément malgré leur similitude et leurs imbrications.

L'agriculture biodynamique

Rudolf Steiner (1861-1925) est un philosophe occultiste autrichien promoteur de l'anthroposophie, un courant de pensée ésotérique s'appuyant sur des éléments empruntés aux religions indiennes (karma et réincarnation) ou au christianisme. Sans aucune formation agronomique, Rudolf Steiner a donné en 1824 à Koberwitz en Pologne alors Koberwitz, en Allemagne, huit conférences sur l'agriculture à des adeptes de l'anthroposophie, dont peu étaient de véritables agriculteurs. Le texte de ces conférences avec des réponses aux questions des auditeurs a été publié confidentiellement en 1926 en allemand sous le titre en français de *Cours aux agriculteurs*. Il s'agit d'affirmations le plus souvent totalement fantaisistes comme celle relatives au rôle des planètes et de leurs liens supposés avec la silice ou le calcaire :

« Voyez-vous, tout ce qui vit dans le siliceux possède des forces qui ne proviennent pas de la terre, mais des planètes dites extérieures, Mars, Jupiter, Saturne. Ce qui émane de ces planètes agit sur la vie des plantes par le biais des substances siliceuses et apparentées. En revanche, de toutes les planètes proches de la terre, lune, Mercure, Vénus, les forces agissent par le détour des substances calcaires sur le végétal comme aussi sur la vie animale. Ainsi, en présence d'un champ cultivé nous pouvons dire : ici agit l'élément silice et ici agit l'élément calcaire. Dans le siliceux agissent Saturne, Jupiter, Mars, dans le calcaire agissent la lune, Vénus, Mercure. » Extrait de la première conférence du 7 juin 1924 à Koberwitz et intitulée « La vie de l'homme et de l'animal s'est émancipée du monde extérieur ».

La quasi-totalité des propos tenus dans les huit conférences de Koberwitz relève de la même dialectique et de la même ignorance du mode de nutrition des plantes. Rudolf Steiner se livre à des considérations totalement délirantes qui n'ont aucun sens. Il vilipende la fertilisation minérale et voit dans les seuls composts la solution à l'amélioration de la fertilité des sols. Il prête aux composts des propriétés éthériques ou astrales :

« Dans notre tas de compost nous avons, du fait de tout ce qui entre dans sa composition, de l'éthérique, du vivant-éthérique, de la vie, mais aussi de l'astral. Certes, l'éthérique vivant et l'astral, nous ne les trouvons pas dans le compost dans une proportion aussi forte que dans le fumier ou dans le purin, mais nous les y trouvons en quelque sorte sous une forme plus stable ; ils s'y installent, l'astral notamment s'y installe davantage à demeure. Et il s'agit seulement pour nous de tenir compte en conséquence de cette présence permanente. Un éthérique par trop exubérant porte immédiatement préjudice à l'action de l'astral sur l'azote. Une vie trop exubérante de l'éthérique ne permet pas, pour ainsi dire, à l'astral de s'implanter dans le tas de compost. » Extrait de la quatrième conférence du 12 juin 1924 à Koberwitz et intitulée « Les forces et les substances qui pénètrent dans le spirituel. La question de la fumure ».

Suivant les cultures, Rudolf Steiner prône l'utilisation de composts spécifiques à base d'achillée, de camomille, d'ortie, d'écorce de chêne, de pissenlit ou de valériane. Obnubilé par la silice, il propose l'utilisation en fumure de ce composé, pourtant minéral, après maturation dans des cornes de vache enterrées dans le sol. Il suggère aussi l'utilisation de bouse de vache ayant également mûri dans des cornes.

Le plus étonnant est que ces propositions délirantes ont eu un certain écho, du moins d'abord dans le cercle restreint des anthroposophes, qui ont tenté de coordonner des pseudo expérimentations et qui n'ont créé le terme de biodynamique qu'après la disparition de Rudolf Steiner. Quelques fermes converties à l'agriculture biodynamique ont été créées en Allemagne orientale puis dans différents pays, Pays-Bas, Autriche, Suisse, Norvège, Angleterre et États-Unis, etc. Dès 1925, les anthroposophes ont organisé, dans le cadre de l'institution

Goetheanum à Dornach en Suisse, un congrès qui s'est ensuite tenu tous les ans. Après la Seconde Guerre mondiale le mouvement de l'agriculture biodynamique a pris une certaine ampleur et il continue à recruter des adeptes, parfois à grand renfort médiatique. Une des dernières recrues est Bernard Arnault, président-directeur général du groupe de luxe LVMH. Le groupe a, en effet, fait l'acquisition en 1999 du très célèbre château d'Yquem et décidé en 2019 de la conversion de ce vignoble en agriculture biodynamique. Par contagion, d'autres grands crus du Bordelais ont suivi comme vont le faire des célèbres Champagne, Dom Pérignon, Ruinart, Moët & Chandon ou Moët Hennessy, dont LVMH détient une partie du capital.

Parallèlement, le mouvement issu des élucubrations de Rudolph Steiner tente de donner une teinture scientifique à la biodynamie en créant des pseudo-instituts de recherche comme l'Institut für Biologisch-Dynamische Forschung de Darmstadt en Allemagne, l'Institut du cercle d'expérimentation scandinave de Järna en Suède, l'Institut Louis-Bolk aux Pays-Bas, le *Michael Fields Agricultural Institute* aux États-Unis. En Suisse, l'institut de recherche indépendant FIBL, compare agriculture conventionnelle, agriculture biologique et agriculture biodynamique. Tous les résultats sont évidemment en faveur des méthodes non conventionnelles. Enfin, depuis la création en 1928 de la marque Demeter, garantissant l'origine biodynamique des produits, cette dernière n'a cessé de se développer. La Fédération *Demeter International*, créée en 1997, opère dans plusieurs pays et contribue à la commercialisation de produits issus de l'agriculture biodynamique.

L'agriculture organique ou *organic farming*

Albert Howard (1873-1947) est un agronome anglais, dont une grande partie de la carrière s'est déroulée en Inde. En 1921, lui et sa femme Gabrielle, ont fondé un Institut de l'industrie végétale afin d'améliorer les méthodes agricoles traditionnelles en Inde. Grâce à leur formation scientifique, ils ont notamment apporté des outils et des méthodes d'élevage améliorés ; puis, en intégrant certains aspects des méthodes traditionnelles indiennes, ils ont mis au point des protocoles pour la rotation des cultures, des techniques de prévention de l'érosion des sols et l'utilisation systématique de composts. Convaincu par ces expériences d'agriculture locale, Albert Howard, de retour en Grande-Bretagne au début des années 1930, a commencé à promulguer un système d'agriculture critiquant vertement l'agriculture occidentale et la recherche agronomique moderne :

« La caractéristique de la fumure de l'Occident est l'utilisation d'engrais artificiels. Les usines engagées pendant la Grande Guerre dans la fixation de l'azote atmosphérique pour la fabrication d'explosifs ont dû trouver d'autres marchés, l'utilisation d'engrais azotés en agriculture a augmenté, jusqu'à ce qu'aujourd'hui la majorité des agriculteurs et des maraîchers basent leur programme de fumure sur les formes d'azote (N), de phosphore (P) et de potassium (K) les moins chères du marché. Ce que l'on peut décrire comme la mentalité NPK domine l'agriculture aussi bien dans les stations expérimentales qu'à la campagne.... Ces produits chimiques et ces machines ne peuvent rien faire pour garder le sol en bon état. Par leur utilisation, les processus de croissance ne peuvent jamais être équilibrés par les processus de décomposition. Tout ce qu'ils peuvent accomplir est le transfert du capital du sol vers le compte courant. On s'en apercevra bien plus clairement lorsque les tentatives faites actuellement pour cultiver sans aucun animal se solderont par un échec inévitable.

Les maladies sont en augmentation. Avec la diffusion de l'artificialisation et l'épuisement des réserves originales d'humus, véhiculées par tout sol fertile, il y a eu une augmentation correspondante des maladies des cultures et des animaux qui s'en nourrissent.

La science a été mise à contribution pour aider la production. Une autre caractéristique de l'agriculture de l'Ouest est le développement de la science agricole. On s'est efforcé d'obtenir l'aide d'un certain nombre de sciences distinctes pour étudier les problèmes de l'agriculture et accroître la production du sol. Cela a entraîné la création de nombreuses stations

d'expérimentation qui, chaque année, déversent un grand nombre de conseils sous forme d'articles. »

En résumé, Albert Howard réfute les grands principes de la science agronomique moderne découverts par des générations d'agronomes et remet en cause les résultats des centres de recherches agronomiques. Comme Rudolf Steiner, il est un adepte de l'apport de matière organique comme seule possibilité d'amélioration de la fertilité des sols. Mais, à la différence de Rudolf Steiner qui n'a aucune compétence en agronomie, Albert Howard est un agronome. Ses théories, pourtant presque aussi erronées que celle de Rudolph Steiner, auront en conséquence plus d'impact dans le monde agricole que celles du promoteur de l'agriculture biodynamique. En juillet 1939, Ehrenfried Pfeiffer, l'auteur de l'ouvrage de référence sur l'agriculture biodynamique est venu au Royaume-Uni à l'invitation de Walter James, 4^e baron Northbourne, pour présenter les principes de l'agriculture biodynamique. L'un des principaux objectifs de la conférence était de réunir les partisans des différentes approches afin qu'ils puissent coopérer au sein d'un mouvement plus large. L'année suivante, Lord Northbourne publie son manifeste *Look to the Land*, dans lequel il utilise pour la première fois les termes d'*organic farming*.

En 1940, Howard publie son ouvrage *An Agricultural Testament*, dans lequel il adopte la terminologie de Northbourne, à savoir *l'Organic farming*. Les travaux de Howard se sont largement répandus et il est devenu le « père de l'agriculture organique ». Aux États-Unis, Jerome Irwin Rodale, qui n'avait aucune formation scientifique et qui était un farouche anti-vaccin, s'est intéressé aux idées de Howard et de Steiner. Il a fondé dans les années 1940 une ferme d'essai et d'expérimentation, *The Rodale Institute*, à Emmaus, en Pennsylvanie, afin d'enseigner et de promouvoir les méthodes organiques auprès du grand public. Ces initiatives ont exercé une influence considérable sur la diffusion de l'agriculture organique. D'autres travaux ont été réalisés par Lady Eve Balfour, auteur du livre *The living soil* au Royaume-Uni et par de nombreuses autres personnes à travers le monde.

Un nouveau terme, celui d'*ecoagriculture* ou encore écoagriculture en français a été inventé en 1970 par un économiste américain, Charles Walters, fondateur d'*Acres Magazine*, pour décrire l'agriculture qui n'utilise pas de « molécules fabriquées par l'homme », ce qui est en fait un autre nom pour l'agriculture organique.

Rodale, avec son fils Robert, a fondé le magazine *Organic Gardening and Farming* qui a eu un immense succès ainsi que divers articles ou magazines sur l'agriculture organique. En 1945, son traité *Pay Dirt* sur le miracle de l'agriculture organique a fait de lui, selon ses propres termes, *M. Organic*. Contrairement à toute attente, les théories de Rodale, héritées de celles de Howard, ont eu un impact important aux États-Unis, en Grande Bretagne et dans le monde

L'agriculture biologique

L'agriculture biologique est l'expression, dans les pays francophones, de l'agriculture organique des pays anglophones ou germaniques. Elle s'est développée en France au début des années 1960 sous l'impulsion de la société Lemaire-Boucher, dont le principal produit était le lithothamne, une algue calcaire vendue comme amendement, puis de l'association Nature & Progrès, fondée par des consommateurs. Les deux structures ont une démarche intégrative : elles autorisent leurs producteurs adhérents à utiliser leur marque s'ils emploient une série de produits et de services fournis par elles. Certains partisans de l'agriculture biologique tentent à cette époque de trouver à leurs pratiques d'autres justifications « scientifiques » que celle de la nutrition organique des plantes : leur théorie la plus contestable est celle des transmutations naturelles des éléments chimiques par les organismes

vivants, comme par exemple la transmutation du calcium ou du magnésium en phosphore, ce qui permettait de dire qu'un amendement à base de lithothamne permettrait aussi de satisfaire aux besoins en phosphore de la plante. Cette théorie de la transmutation naturelle des éléments chez les êtres vivants a été soutenue par Corentin Louis Kervran (1901-1983) et publiée dans plusieurs livres de 1963 à 1965. Kervran a présenté ses résultats à l'Académie d'agriculture de France à deux reprises. Malgré les critiques de la plupart des membres de cette compagnie, les communications ont été publiées dans les mémoires de l'Académie.

Les incohérences de ces trois formes d'agriculture alternative

Fertilisation minérale versus fertilisation organique

L'agriculture biodynamique, organique ou biologique repose d'abord sur un concept erroné qui a longtemps fait débat chez les agronomes. Primitivement, la question a en effet été de savoir d'où provenaient les éléments minéraux constitutifs des végétaux, du sol ou de l'atmosphère, et secondairement s'ils provenaient directement de la matière organique du sol ou des éléments minéraux dissous dans la solution du sol. En 1804, dans son ouvrage *Recherches chimiques sur la végétation*, le Suisse Nicolas Théodore de Saussure oscille entre une origine organique de la nutrition des plantes et une origine minérale. L'origine organique prend corps avec Albrecht Daniel Thaer (1752-1828), un médecin allemand, qui avait créé en 1810, à Möglin, la première école d'agriculture au monde. Thaer définit correctement pour la première fois l'humus dans, en français, *Principes rationnels de l'agriculture* publiés de 1809 à 1812 : « l'humus est constitué des restes putréfiés d'animaux et de végétaux formant un corps noir. »

Reprenant partiellement les résultats de De Saussure, Thaer indique « qu'il s'y forme une certaine matière qui est soluble dans l'eau, et qu'on nomme matière extractive ... De Saussure vit la matière détrempée dans l'eau passer immédiatement dans les racines des plantes ; il paraît donc que cette substance est, après l'acide carbonique, une des matières les plus propres à introduire des aliments, et en particulier du carbone dans les suçoirs des plantes. » C'est la théorie dite de l'humus selon laquelle les plantes acquièrent leurs éléments constitutifs à partir de la matière organique des sols.

En 1826, Carl Sprengel (1787-1859), un agronome et chimiste allemand, réfute la théorie de l'humus, et, en 1828, publie un article plus long sur la chimie du sol et la nutrition minérale des plantes. Les doctrines de Sprengel sont à nouveau présentées dans les livres ou articles publiés par un autre Allemand, Justus von Liebig (1803-1873). Liebig démontre sans contestation possible que le carbone des plantes provient exclusivement de l'assimilation du gaz carbonique de l'atmosphère, alors que les autres éléments proviennent du sol. En 1862, Liebig synthétise l'état des connaissances en quatorze lettres. Dans cette synthèse, il reprend largement les travaux de John Bennet Lawes (1814-1900) et de Joseph Henry Gilbert de Rothamsted en Angleterre. Lawes avait entrepris à partir de 1840 en collaboration avec Gilbert d'exceptionnelles expériences dans sa propriété de Rothamsted à Harpenden près de Saint-Albans à 40 kilomètres au nord de Londres. Une violente controverse a opposé Lawes et Gilbert à Liebig et s'est traduite par un mémoire de 1855 intitulé *Reply to Baron Liebig Principles of Agricultural Chemistry*. La controverse, très complexe, repose sur l'interprétation que Liebig pouvait faire des résultats de Lawes et Gilbert. Le cycle de l'azote était alors très mal connu et l'origine de l'azote utilisé par les plantes prêtait à controverse. Liebig estimait que l'azote des plantes provenait essentiellement de l'ammonium de l'atmosphère arrivant au sol par l'eau de pluie, tout en reconnaissant que sa faible proportion dans l'air posait un problème. Selon Liebig, les composés azotés provenant de la décomposition de la matière organique vivante dans les sols étaient transformés en azote ammoniacal qui s'échappait dans l'atmosphère et était recyclé par les eaux de pluie.

Cependant, les essais de Lawes et Gilbert montraient clairement que des apports de sulfate d'ammonium au sol avaient des effets très positifs, ce qui laissait penser que les plantes s'alimentaient en azote minéral par l'intermédiaire de formes provenant de la décomposition de la matière organique des sols. Les travaux du Français Jean-Baptiste Boussingault (1801-1887) que Liebig a progressivement intégrés dans ses réflexions ont permis d'éclairer le cycle de l'azote. Boussingault s'est livré en Alsace à de nombreux essais dans son exploitation personnelle. Dès 1837-1838, il a démontré que les légumineuses étaient capables de fixer l'azote atmosphérique. Il avait ensuite clairement démontré que tous les végétaux, exceptés ceux appartenant à la famille des légumineuses, utilisaient l'azote minéral du sol provenant de la décomposition de la matière organique. Il a aussi démontré que l'eau de pluie ne contient pas assez d'ammonium pour assurer la nutrition azotée des plantes et il infirme ainsi les idées de Liebig.

En résumé, en dehors du carbone qui provient presque exclusivement du gaz carbonique de l'air, les autres éléments nécessaires aux plantes : azote, phosphore, potassium, calcium et oligoéléments, sont absorbés sous forme minérale par les racines ou leurs associés à partir de la solution du sol. Il existe une exception : celle des plantes qui utilisent l'azote atmosphérique de l'air fixé par des bactéries symbiotiques (légumineuses et quelques autres familles).

Les éléments minéraux de la solution du sol proviennent soit de la décomposition de la matière organique par les microorganismes, soit d'apports atmosphériques (azote) soit d'apports d'engrais minéraux. Pour la plante, l'origine des éléments minéraux n'a aucune importance. Tous sont absorbés sous forme minérale, qu'ils proviennent de la minéralisation de la matière organique ou de l'apport direct d'éléments minéraux. Il n'y a donc aucune raison de proscrire l'utilisation directe d'éléments minéraux par fertilisation. En outre, la seule utilisation de la matière organique comme source d'éléments minéraux est insuffisante pour assurer un rendement satisfaisant en agriculture. Pendant très longtemps en Europe, les sols cultivés ont été enrichis avec de la litière prélevée en forêt, ce qui a d'autant réduit la fertilité des écosystèmes forestiers. Dans les écosystèmes agricoles, il faut restituer au sol les éléments minéraux prélevés par les récoltes. Cette restitution peut se faire sous forme organique : fumier ou autres déchets organiques. Cette restitution ne suffit pas pour compenser les exportations par les récoltes. Il faut donc faire des apports d'éléments minéraux ou des apports de matière organique supplémentaire provenant d'autres écosystèmes qui sont ainsi appauvris. C'est ce qui est prôné par l'agriculture organique ou biologique ; dans ces systèmes on maintient ou on améliore la fertilité des sols en y apportant de la matière organique extérieure. Or cette matière organique extérieure provient directement ou indirectement d'autres écosystèmes qui voient ainsi leur fertilité abaissée, à moins d'avoir recours à la fertilisation minérale.

Toutes les formes d'agriculture organique, y compris l'agriculture biodynamique, reposent donc sur des concepts erronés qui n'ont rien à voir avec la science et ne peuvent apporter une solution durable aux problèmes de l'agriculture.

Pesticides et biopesticides

Les pesticides sont des substances minérales naturelles (soufre, cuivre, etc.) ou des substances organiques naturelles ou synthétisées par l'industrie chimique. Ils sont utilisés en agriculture pour lutter contre les ravageurs des cultures, essentiellement insectes et champignons. Ils sont indispensables à la protection des cultures. Utilisés massivement, ils peuvent avoir des effets nocifs sur l'environnement, la biodiversité et la santé humaine. Par exemple, ils ont entraîné partout dans le monde où est pratiquée l'agriculture intensive une forte diminution des populations de papillons et d'insectes en général, ce qui a provoqué une hécatombe des oiseaux insectivores. La disparition des abeilles et plus généralement des

insectes pollinisateurs est aussi le résultat de l'utilisation massive d'insecticides. En conséquence, les plus dangereux sont interdits, ce qui ne se fait pas sans difficulté. Par exemple, le DDT, synthétisé pour la première fois à l'université de Strasbourg en 1873 par un doctorant autrichien, a été utilisé contre les insectes vecteurs de paludisme, de typhus ou de leishmaniose pendant la Seconde Guerre mondiale, puis massivement contre les insectes en agriculture. Le promoteur de la synthèse à grande échelle du DDT, le Suisse Paul Hermann Muller, a reçu le prix Nobel de médecine en 1948. L'utilisation en masse du DDT partout dans le monde a posé de multiples problèmes. Le DDT, qui est une molécule très stable, peu biodégradable, est maintenant interdit en agriculture, mais il peut encore être utilisé sous contrôle strict pour lutter contre certains insectes vecteurs de maladies selon la Convention de Stockholm de 2004.

Les néonicotinoïdes ont été interdits en Europe en 2018. À la suite d'un arrêt de la Cour de justice de l'Union européenne du 19 janvier 2023, le Conseil d'État français a jugé que les dérogations pour l'utilisation de néonicotinoïdes pour la culture de betteraves sucrières, qui avaient été temporairement accordées en 2021 et 2022 en France, étaient illégales.

En 2016, la Commission européenne a interdit l'utilisation du diméthoate pour lutter contre une mouche asiatique invasive introduite il y a quelques années en Europe et pondant des œufs dans les cerises. En 2022, la Commission européenne a refusé de renouveler l'homologation du phosmet, le remplaçant du diméthoate, en raison de « risques inacceptables pour les opérateurs, travailleurs, passants et résidents ». La décision relevait également « un risque aigu et chronique élevé pour les consommateurs » ainsi que pour la faune.

Les effets des pesticides sur la santé humaine sont souvent difficiles à prouver. Les agriculteurs qui peuvent être soumis à de fortes doses, surtout s'ils ne respectent pas les consignes d'utilisation, sont atteints de maladies graves tels des cancers. On attribue aux pesticides de nombreux méfaits sur les populations, dont les plus courants sont des suspicions d'effet cancérigène, une diminution de la fertilité masculine ou encore des dérèglements hormonaux.

En raison des suspicions sur les dangers des pesticides, il y a consensus général pour réduire au maximum leur utilisation. Comme pour la nutrition des plantes et l'exclusion de l'utilisation d'engrais minéraux, les systèmes d'agriculture non conventionnels excluent l'utilisation de produits de synthèse, qu'ils soient minéraux ou organiques. Ils n'acceptent que les biopesticides, c'est-à-dire des pesticides d'origine naturelle. Mais la réalité est beaucoup plus complexe, et je vais prendre quelques exemples.

Le cuivre et la bouillie bordelaise

La bouillie bordelaise est composée d'un mélange de chaux et de sulfate de cuivre. Ces deux composants, qui n'existent pas dans la nature ou que l'on ne peut rencontrer qu'occasionnellement, sont obtenus industriellement. La chaux est obtenue par calcination à haute température du calcaire ou carbonate de calcium. On obtient de l'oxyde de calcium (CaO) ou chaux vive, qui est ensuite transformée en chaux éteinte ou hydratée, c'est-à-dire en hydroxyde de calcium (Ca(OH)₂) par réaction avec l'eau.

Le sulfate de cuivre (CuSO₄) est obtenu industriellement par action de l'acide sulfurique sur le cuivre. Ce sulfate anhydre est transformé en sulfate pentahydraté (CuSO₄ * 5 H₂O). Au début du XX^e siècle, le sulfate de cuivre a commencé à être utilisé pour traiter diverses semences puis il a été mélangé avec de la chaux pour éviter que le raisin ne tente les voleurs. Vers 1880, dans le Bordelais, on s'est alors aperçu que ce mélange était très efficace contre un des grands fléaux de la vigne, le mildiou. C'est ainsi qu'est née la « bouillie bordelaise » qui est aussi efficace contre d'autres maladies et pour d'autres cultures. Contre toute logique, la bouillie bordelaise et différentes autres formes industrielles de cuivre, l'hydroxyde de cuivre

(Cu(OH)₂), l'oxyde cuivreux (Cu₂O) et le sulfate de cuivre sont autorisés en agriculture biologique, sauf au Danemark et aux Pays-Bas. Le problème est que si les pesticides à base de cuivre n'étaient plus autorisés, la viticulture conduite en agriculture biologique s'effondrerait. C'est la raison pour laquelle les lobbyistes de l'agriculture biologique ont obtenu la prolongation de l'utilisation des pesticides à base de cuivre pour sept ans dans l'Union européenne à partir du 1^{er} janvier 2019.

Le soufre

Le soufre est un élément chimique qui se trouve à l'état natif cristallin dans les formations volcaniques en activité. Il peut également exister sous forme de poudre (ou fleur de soufre) qui se forme après condensation des vapeurs soufrées. C'est un constituant des certains acides aminés indispensables comme la méthionine, et il existe naturellement sous forme de sulfates dans les sols et les eaux.

À dose élevée, le soufre élément perturbe le fonctionnement métabolique des champignons dont l'oïdium, et il est l'un des plus anciens pesticides connus. Il est également efficace dans la lutte contre divers insectes, les acariens, ou les rongeurs. Plus de 30 % des produits utilisés en agro-industrie contiennent un atome de soufre. Le soufre en tant qu'élément est autorisé en agriculture biologique par vaporisation ou sous forme de poudre mouillable ou non.

Le soufre est extrait de gisements où il est natif, des sulfures ou pyrites, des gaz naturels contenant de l'hydrogène sulfuré, des pétroles bruts ou du charbon. Comme le cuivre, c'est un produit de l'agro-industrie et il est cependant autorisé en agriculture biologique.

Les sulfites dans la vinification.

Le soufre peut être oxydé en SO₂ ou dioxyde de soufre. Il se trouve alors sous forme de gaz incolore irritant les yeux, les muqueuses et les poumons. Au contact de l'eau, il s'hydrate et forme l'acide sulfureux H₂SO₃ qui se dissocie en partie en ion bisulfite HSO₃⁻ et en ion sulfite SO₃²⁻. Le soufre a d'abord été utilisé au XVIII^e en vinification par les Hollandais qui ont inventé la mèche à soufre : du soufre est pulvérisé sur une toile de jute qui est ensuite brûlée dans un tonneau. Le soufre se transforme par combustion en dioxyde et il détruit tous les microorganismes indésirables. Dans l'inventaire du château d'Yquem de 1785, on a trouvé des mèches à soufre.

Le soufre est utilisé à d'autres étapes de la vinification. Si on souhaite éliminer les levures naturelles nécessaires à la fermentation du sucre par des souches sélectionnées, on traite le raisin au moment de la vendange au métabisulfite. Du soufre peut aussi être amené au moment du foulage pour éliminer le reste des levures naturelles et pour prévenir l'oxydation du moût. Le plus souvent, le soufre est utilisé en fin de fermentation pour éviter le développement de la fermentation malolactique. Il peut aussi être utilisé au soutirage ou à la mise en bouteille. Les vins doivent être étiquetés avec la mention « contient des sulfites » s'ils ont une teneur totale en sulfites supérieure à 10mg par litre. L'utilisation du soufre est générale en vinification, et l'agriculture biologique autorise cette utilisation. Il existe quelques vigneronns qui n'ajoutent pas de sulfites lors de la vinification. Sur l'étiquette, ils indiquent « sans sulfites ajoutés ».

Les biopesticides

Il existe deux types de biopesticides, les biopesticides microbiens composés de bactéries,

de champignons ou de virus, et les pesticides biochimiques extraits de ces microorganismes ou de plantes par des procédés simples (extraction à l'eau par exemple) ou par des procédés industriels complexes. La plupart du temps, ces molécules ainsi extraites doivent être formulées avant utilisation.

Bacille de Thuringe ou Bt

Un des biopesticides les plus utilisés est le bacille de Thuringe qui représente environ 80% du marché mondial des biopesticides. Les propriétés insecticides de *Bacillus thuringiensis* sont connues depuis longtemps et bien avant l'identification de cette bactérie. Il est même suggéré que les spores de *Bacillus thuringiensis* étaient utilisées dans l'Égypte ancienne. Cette bactérie a été isolée en 1901 sous le nom de *Bacillus sotto* par un biologiste japonais qui travaillait sur une maladie du vers à soie. Dix ans plus tard, la même bactérie a été isolée par un biologiste allemand à partir d'une teigne infectée par ce bacille qu'il a dénommé *Bacillus thuringiensis*, du nom de la province allemande où a été faite cette découverte. La caractéristique de *Bacillus thuringiensis* est sa capacité à produire dans ses spores des cristaux protéiques toxiques pour beaucoup de chenilles. Ces toxines représentent jusqu'à 20 % du contenu protéique des spores. Ainsi, lorsque les insectes ravageurs ingèrent les cristaux, ceux-ci sont solubilisés dans l'intestin et, par des processus complexes, ils forment des trous dans la paroi intestinale, ce qui conduit à la mort des insectes. C'est en France, en 1938, que *B. thuringiensis* fut utilisé pour la première fois à titre d'insecticide sous le nom de Sporéine. La Sporéine a été homologuée comme pesticide aux États-Unis en 1961. À cette époque, d'autres produits Bt tels que le Thuricide étaient déjà sur le marché. Malgré leur intérêt, ces premiers produits Bt n'ont pas pu concurrencer les pesticides chimiques en raison de leurs faibles performances. Les recherches se sont focalisées sur deux stratégies, à savoir le développement de procédés de formulation permettant d'augmenter l'efficacité des produits Bt et l'amélioration des souches ou des procédés d'extraction pour augmenter la toxicité des cristaux. L'amélioration des souches dans les années 1960 a conduit au remplacement des souches initiales par de nouvelles souches qui pouvaient être jusqu'à dix fois plus puissantes que leurs prédécesseurs. La recherche de nouvelles souches plus performantes s'est poursuivie par la création par génie génétique de nouvelles souches bactériennes porteuses de gènes codant de nouvelles toxines et possédant un spectre d'activité élargi et une meilleure toxicité, contre plusieurs ravageurs importants des cultures. Aujourd'hui, le marché des biopesticides Bt est dominé par Abbott et Novartis qui représentent à eux deux plus de 70 % de la production mondiale.

Malgré la domination de ces grandes multinationales de l'agro-industrie sur le marché des pesticides à base de toxines dérivée de *Bacillus thuringiensis* et malgré l'utilisation de méthodes de transgénèse bactérienne, tous ces produits peuvent être utilisés en agriculture biologique. L'idéologie est donc mise de côté ou du moins partiellement. En effet, il est possible d'aller plus loin et d'introduire directement les gènes codant pour les toxines Bt dans les plantes. Mais, pour des raisons idéologiques, il n'est pas possible d'utiliser des plantes transgéniques en agriculture organique ou biologique, ni d'ailleurs en agriculture conventionnelle en Europe, alors que cette méthode est largement utilisée en Amérique du Nord ou du Sud ou en Chine.

Les pyrèthrine

L'effet insecticide de la poudre de fleurs de pyrèthre de Dalmatie est connu depuis longtemps. Cette poudre a par exemple été utilisée en Suisse en 1892 contre la Cochyliis (*Eupoecilia ambiguella*) de la vigne (Gattefossé, 1922). Le pyrèthre (*Tanacetum*

cinerariifolium (Trevir.) Sch. Bip.) est une plante vivace de la famille des Astéracées (anciennement famille des Composées). Il est endémique de la Dalmatie, une province de l'actuelle Croatie. Le pyrèthre synthétise six esters regroupés en deux familles, les pyrèthrines I et II. Ces esters agissent sur la transmission de l'influx nerveux chez les insectes. Environ 94% des pyrèthrines sont produites dans les canaux sécrétoires et les glandes à huile des fruits de la fleur de pyrèthre mature. Les 6% restants sont secrétés dans les feuilles, les tiges ou les racines. Seules les fleurs matures sont récoltées pour la fabrication des pyrèthrines. Il est donc nécessaire de produire de grandes quantités de fleurs. Il faut plus de 100 000 fleurs pour obtenir 50 kg de poudre. Le principe actif peut aussi être obtenu par extraction à l'aide de solvants comme le n-hexane, le dichlorométhane, le méthanol, l'éthanol ou autres. D'autres techniques comme la distillation ou l'extraction à l'aide de fluides supercritiques peuvent être utilisées. Ce sont toujours des méthodes industrielles qui n'ont rien à voir avec le principe d'utilisation de substances naturelles. De plus, les fleurs de pyrèthres sont essentiellement cultivées dans des pays en voie de développement comme la Tanzanie (60 % de la production mondiale), le Kenya, le Rwanda ou la Papouasie Nouvelle-Guinée. Les lobbys bios ont mobilisé de vastes territoires au détriment des cultures alimentaires locales. Les pyrèthres en grande culture sont évidemment l'objet d'attaques d'insectes, de champignons, de bactéries ou autres. Les producteurs traitent avec des pesticides de synthèse comme le difénoconazole qui est particulièrement dangereux. De plus, la main d'œuvre nécessaire à la récolte ou à l'ensachage, essentiellement des femmes, étant sous-payée, les bénéficiaires sont d'autant plus importants pour les exportateurs et les lobbys qui ont vite compris combien il était facile de tirer parti de l'engouement pour les produits dits naturels des consommateurs des pays riches. Le mode de production des pyrèthrines est complètement à l'opposé des principes que prône l'agriculture biologique. Mais peu importe, pourvu que les consommateurs des pays riches croient qu'ils protègent la nature.

La reconnaissance de l'agriculture organique ou biologique par les États

Durant les années 1970, malgré l'absence de bases scientifiques, l'agriculture organique, biologique ou biodynamique est défendue par les mouvements contestataires écologistes, qui y voient une forme de résistance au capitalisme et à la société de consommation. Dans un contexte de prise de conscience des limites des ressources de la planète et de crises pétrolières, alors que l'agriculture productiviste est vivement critiquée pour sa forte consommation d'énergie fossile et de plus en plus pour son caractère polluant, l'agriculture organique ou biologique semble apparaître comme une alternative possible et séduit les consommateurs qui manquent d'informations objectives.

L'agriculture organique ou biologique est définie officiellement par les gouvernements des États qui la pratiquent. Les agriculteurs doivent être certifiés pour que leurs produits soient étiquetés « biologiques » et il existe des normes biologiques spécifiques pour les cultures, les animaux et la transformation des produits agricoles. Les normes biologiques ou organiques de l'Union européenne et des États-Unis, par exemple, interdisent en principe l'utilisation de pesticides et d'engrais de synthèse, de rayonnements ionisants, de boues de station d'épuration et de plantes ou produits génétiquement modifiés. L'utilisation d'engrais minéraux d'origine synthétique étant interdite, la fertilité minérale des sols est assurée par le seul emploi de matière organique : fumier, compost, sous-produits animaux.

Dans l'Union européenne, la certification et l'inspection biologiques sont effectuées par des organismes de contrôle biologique agréés, conformément aux normes européennes. L'agriculture organique ou biologique est définie par les normes nationales du ministère américain de l'agriculture (USDA) depuis 2000, et il existe de nombreux certificateurs biologiques agréés dans tout le pays. La reconnaissance de l'agriculture biologique par

l'Union européenne est intervenue en 1991 (reg. CEE 2092/91). Elle a été suivie en 1992 par l'homogénéisation européenne des cahiers des charges en productions végétales ; l'adoption d'un règlement en production animale n'interviendra qu'en juillet 1999. En France, en 1993, la certification de l'agriculture biologique sur la base d'un système général est mise en place ainsi qu'un logo *Agriculture biologique* émanant du ministère de l'Agriculture et qui offre au consommateur un moyen d'identification des produits certifiés.

Fin 2019, 103 pays étaient dotés d'une réglementation relative à l'agriculture biologique. Depuis 1990, le marché des aliments et des autres produits biologiques a connu une croissance rapide. Le marché bio mondial a atteint 103,5 milliards d'euros en 2018 et a dépassé 112 milliards d'euros en 2019. En 2020, environ 75 000 000 d'hectares dans le monde étaient cultivés de manière biologique, organique ou biodynamique, ce qui représente environ 1,6 % du total des terres agricoles.

Conclusions

Malgré les incohérences de l'agriculture biologique et de ses formes apparentées qui repose sur des principes erronés, les produits qui en sont issus ont acquis une image flatteuse dans l'opinion publique. Le « bio » est paré de toutes les vertus. Non seulement il donne l'illusion de préserver ou d'améliorer la santé, mais il véhicule l'idée qu'en consommant bio on fait preuve d'une attitude vertueuse préservant la nature et l'environnement.

Il n'est pas de mon propos ici de développer le futur possible de l'agriculture en général. Ce futur dépend de multiples paramètres et en premier lieu de l'évolution de la population. Quelle que soit cette évolution, il faudra nourrir à brève échéance 11 milliards d'habitants alors que les rendements atteignent maintenant leur limite supérieure en agriculture conventionnelle. Ce ne sont pas les multiples alternatives basées sur des idéologies erronées qui apporteront la solution. L'avenir est dans les solutions respectant les lois que la science agronomique a formulées et qui s'affinent avec la continuelle amélioration des connaissances scientifiques.

Un excellent exemple des ravages que pourrait entraîner la généralisation des surfaces cultivées en agriculture biologique ou organique est celui du Sri Lanka. Le 27 avril 2021, le gouvernement, par la voie de son président, a annoncé l'interdiction de toute importation d'engrais et de pesticides chimiques. Seuls les biofertilisants étaient autorisés. Le résultat ne s'est pas fait attendre : chute immédiate des rendements, famine et émeute. Des milliers de manifestants ont envahi le palais présidentiel. Le président a dû démissionner le 13 juillet 2022, et les interdictions ont été immédiatement levées par son successeur.

Éléments de bibliographie

Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADME). S.d. Agriculture & Environnement : des pratiques clefs pour la préservation du climat, des sols et de l'air, et les économies d'énergie. Dix fiches pour accompagner la transition agro-écologique.

<https://bibliothèque.ademe.fr/produire-autrement/2909-agriculture-environnement-des-pratiques-clefs-pour-la-preservation-du-climat-des-sols-et-de-l-air-et-les-economies-d-energie.html>

Barnosky Anthony, Matzke Nicholas, Tomiya Susumu *et al.*, 2011. Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature* 471, p. 51-57. <https://doi.org/10.1038/nature09678>

Feller Christian, 2007. Une fausse rupture ou l'intérêt du retour aux sources en histoire de l'agronomie : l'exemple de la nutrition minérale des plantes et du « génial » Palissy. In : Robin

P. (ed.), Aeschlimann J.P. (ed.), Feller Christian (ed.), Renoir S. (collab.) *Histoire et agronomie : entre ruptures et durée*. Paris : IRD, 199-201. (Colloques et Séminaires). *Histoires et Agronomies : Entre Ruptures et Durée : Colloque International*, Montpellier (FRA), 2004/10/20-22. ISBN 978-2-7099-1626-4.

Fukuoka Masanobu , *L'Agriculture naturelle : Théorie et pratique pour une philosophie verte*, Guy Trédaniel Éditeur, 1989 (1985 au Japon pour la version anglaise, 1975 au Japon pour la version japonaise), 326 p. (ISBN 978-2-84445-550-5).

Gattefossé, Jean, 1922. Le Pyrèthre de Dalmatie et sa culture. *Le Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 12, p. 397-402.

Harari Yuval Noah, 2012. *Une brève histoire de l'humanité*, Albin Michel, 501 p.

Hemleben Johannes, 2003. *Rudolf Steiner, sa vie, son œuvre*. Éditions Triades.

Hofmanova Zuzana *et al.*, 2016. Early farmers from across Europe directly descended from Neolithic Aegeans. *PNAS*, 113, 25, p. 6886–6891.

Howard Albert, 1943. *An Agricultural Testament*, Oxford, UK: Oxford University Press, archived from the original on 2 July 2010. https://archive.wikiwix.com/cache/index2.php?url=http%3A%2F%2Fps-survival.com%2FPS%2FAgriculture%2FAn_Agricultural_Testament_1943.pdf%2Findex.html#federation=archive.wikiwix.com&tab=url

IPCC, 2022. *Climate Change 2022 : Impacts, Adaptation and Vulnerability*.

Kervan Louis, 1970. Bilans du calcium, du phosphore et du cuivre chez un animal en milieu fermé enrichi en magnésium, *Comptes Rendus de l'académie d'agriculture de France*, séance du 25 février 1970, p. 671-678, as part of Additif au compte Rendu de la séance du 25 février 197, p. 670-689.

Lawes J.B. and Gilbert J.H., 1855. *Reply to Baron Liebig's. Principles of agricultural chemistry*. London, Clowes and Sons, Stamford Street and Charing Cross.

Le Buanec Bernard, coordinateur, 2012. *Le tout bio est-il possible ? : 90 clés pour comprendre l'agriculture biologique*, 239 p.

Le Tacon François, 2012. Développement durable ou gestion durable ? *Revue Forestière Française*, LXIV, 1, p. 83-96.

Levrel Harold et Couvet Denis, 2018. *Analyse de la transition vers l'agriculture biologique*. <https://sfecologie.org/regard/r79-mai-2018-levrel-et-couvet-agriculture-biologique/>

Milestad Rebecka and Darnhofer Ika, 2003. Building Farm Resilience: The Prospects and Challenges of Organic Farming, *Journal of Sustainable Agriculture*, 22:3, p. 81-97, DOI: [10.1300/J064v22n03_09](https://doi.org/10.1300/J064v22n03_09)

Ramade François, 2020. *Introduction à l'écologie de la conservation - La protection de la nature pour une humanité durable*. Tec Doc Editions, 697 p.

Ripple William J. *et al.*, 2017. World Scientists' Warning to Humanity: A Second Notice. *BioScience*, 67 (12): p. 1026–1028, [doi:10.1093/biosci/bix125](https://doi.org/10.1093/biosci/bix125)

Steiner Rudolf, 2009. *Le Cours aux agriculteurs*, Paris, Éditions Novalis, 251 p.