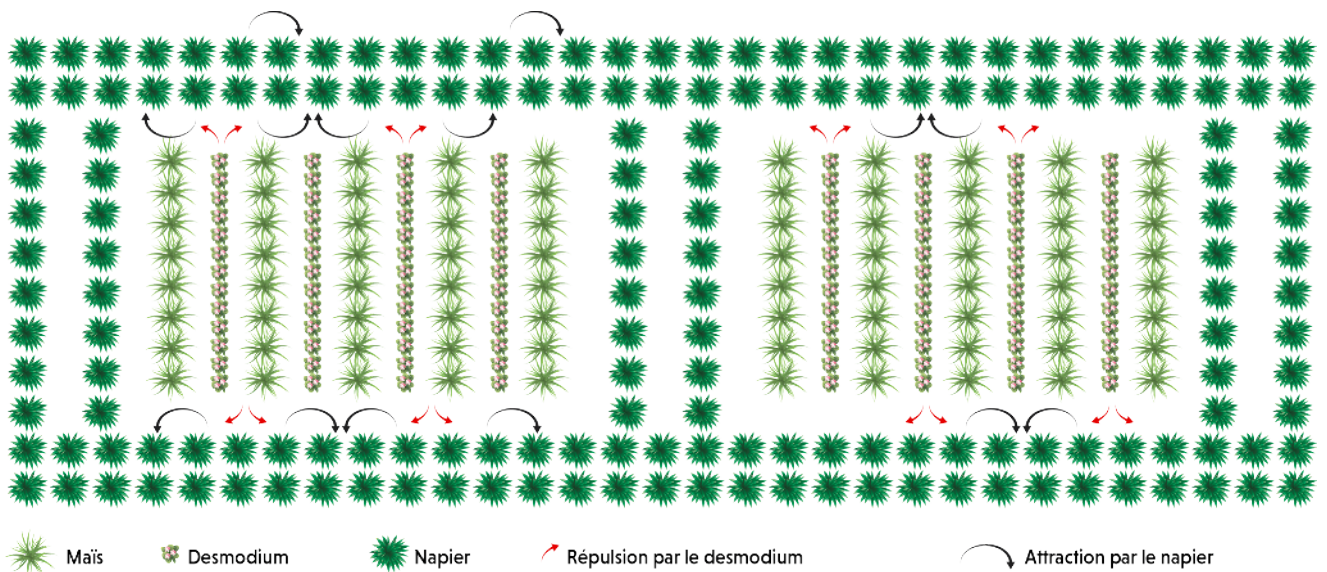




Dans la technique du *push-pull*, née au début des années 2000, deux plantes auxiliaires sont associées à une culture principale, ici le maïs. Les pyrales adultes, des papillons ravageurs, sont repoussées par le desmodium (*Desmodium uncinatum*) et attirées par le napier (*Pennisetum purpureum*), cette plante piégeant également les chenilles du papillon. En outre, le desmodium produit des substances toxiques contre le striga, une plante parasite du maïs. Les rendements du maïs ainsi protégés sont quasiment triplés.

➤ années 1920 voit sa popularité augmenter à compter des années 1990. Plusieurs définitions en sont habituellement données. Tout d'abord, opérationnellement, l'agroécologie est un ensemble de pratiques variées destinées à créer ou renforcer des fonctions écologiques utiles à l'amélioration de l'activité agricole. Ces améliorations portent sur le contrôle des bioagresseurs, la gestion de la ressource en eau, la fertilité des sols, la réduction de leur érosion, la diminution des usages d'intrants... L'agroécologie est aussi une science, dont le nom évoque l'appropriation par l'agronomie des concepts et méthodes de l'écologie scientifique. En particulier, elle étudie la conception et la pertinence de systèmes agricoles productifs, qui chercheraient en même temps à renforcer les fonctions non productives assurées par les êtres vivants. Mais, l'objet de l'agroécologie, en tant que science, est en fait plus vaste. Elle mobilise les sciences politiques, économiques et sociales ne serait-ce que par son intégration dans un projet de société sur

l'alimentation et ses transitions qui va au-delà de la seule dimension agricole. Enfin, elle est aussi un mouvement social, notamment par sa capacité à aider les agriculteurs les plus modestes à augmenter leurs productions sans augmenter le recours aux intrants.

Dans les faits, l'agroécologie se traduit par une diversité de techniques, de pratiques et de nouveaux concepts qu'il est difficile de résumer. Cependant, en détaillant une poignée d'exemples, quelques caractéristiques générales se dégageront : compter davantage sur l'énergie solaire et moins sur les énergies fossiles ; exploiter les interstices temporels entre les cultures et spatiaux entre les parcelles cultivées. Dans tous les cas, l'idée est de se reposer sur la biodiversité pour améliorer les performances de l'agriculture.

CONTRE L'HOMOGÉNÉITÉ

Aujourd'hui dans les pays industrialisés, toutes les plantes cultivées dans un champ ou un verger sont génétiquement identiques. Cette homogénéité permet une gestion uniforme et industrielle de la parcelle, car toutes les plantes ont en commun les besoins nutritionnels, les sensibilités aux bioagresseurs, la taille et la date de maturité. Mais cette homogénéité rend vulnérable. Un bioagresseur, un insecte par exemple, adapté au génotype d'une espèce cultivée, passera à mesure qu'il se multipliera d'une plante à l'autre sans obstacle et occasionnera des dégâts importants. Cet effet est d'autant plus marqué qu'à l'échelle du paysage, année après année, une proportion importante des parcelles abritera la même plante avec le même génome. Ce risque est aujourd'hui principalement maîtrisé par le recours à la lutte chimique. Laquelle, dans ce contexte homogène, favorise l'émergence de résistance aux pesticides. Une voie de

L'AGROÉCOLOGIE EST UNE SCIENCE, DONT LE NOM ÉVOQUE L'APPROPRIATION PAR L'AGRONOMIE DES CONCEPTS ET MÉTHODES DE L'ÉCOLOGIE SCIENTIFIQUE

réduction des pesticides, tout en assurant la régulation des bioagresseurs, repose sur une augmentation de l'hétérogénéité biologique dans le champ et sa proximité immédiate.

Historiquement, l'usage de variétés dites «de population» maintenait une hétérogénéité génétique dans les parcelles. Au champ, ces variétés regroupent des individus génétiquement hétérogènes (leurs génomes diffèrent très peu) et phénotypiquement proches (ils se ressemblent beaucoup). Leur productivité maximale est inférieure à celle des variétés génétiquement homogènes, mais elle est souvent plus stable d'une année sur l'autre. Autre avantage, la mise en commun de caractères individuels, comme les résistances aux bioagresseurs et l'adaptation à la sécheresse, limite les intrants tout en assurant une production satisfaisante. Leur résilience et leurs faibles exigences expliquent le regain d'intérêt de certains agriculteurs pour ces variétés (souvent des variétés anciennes modernisées par leur évolution continue au champ), et l'on trouve de plus en plus de pains confectionnés à partir de blés de population. Néanmoins, leur manque d'homogénéité et leur composition génétique évolutive les rendent peu compatibles avec les exigences actuelles du commerce des semences.

ASSOCIATION DE BIENFAITEURS

La diversité génétique peut encore être augmentée par l'utilisation non plus d'une seule variété hétérogène, mais par l'association de plusieurs variétés de la même espèce aux caractéristiques complémentaires. Ainsi, dans le Yunnan, en Chine, la combinaison de deux variétés de riz, l'une habituellement utilisée, mais sensible à une maladie provoquée par un champignon, la pyriculariose, et l'autre résistante mais moins productive, réduit considérablement (de 94%) les atteintes du pathogène et ce, sans fongicides. Chaque variété est ainsi utilisée pour les caractéristiques supplémentaires qu'elle apporte au mélange.

Selon le même principe, des variétés précoces de colza semées en périphérie de parcelles protègent la variété de colza choisie pour ses caractéristiques productives. En fleurissant tôt, la première variété attire les méligèthes, de petits coléoptères s'attaquant aux bourgeons, et limite les atteintes à la culture principale.

D'une façon générale, les performances des mélanges variétaux sont très inégales : selon les cultures et variétés, certaines associations favorisent les maladies tandis que d'autres sont protectrices. Souvent les variétés utilisées n'ont pas fait l'objet de sélection particulière pour cet usage, ce qui explique la délicate mise au point des mélanges. Complémentaire de l'amélioration traditionnelle des plantes et de la mise au point de nouvelles variétés, l'étude des mélanges variétaux aiderait à combiner

rapidement au champ les caractères de différentes variétés.

Poussons encore plus loin l'hétérogénéité génétique au champ en associant des espèces différentes. Ces combinaisons prennent des formes extrêmement variées, mais les plus communes associent légumineuses et céréales. Les premières, grâce à des symbioses bactériennes racinaires, convertissent le diazote atmosphérique en formes organiques, comme des acides aminés, avec lesquelles elles enrichissent le sol environnant en azote, ce qui profite aux secondes. Des mélanges intimes de pois et d'orge, ou bien de fèves et de triticale, récoltés en vrac, sont par exemple régulièrement utilisés pour la production d'aliment pour le bétail, fournissant une ration riche en azote.

L'archétype d'une telle association est l'histoire milpa (ou «trois sœurs») connue depuis plus de 2 000 ans en Amérique centrale. ➤



Le milpa (ou «trois sœurs») consiste à associer, depuis plus de deux mille ans en Amérique centrale, le haricot, le maïs et des courges.



À La Réunion, dans le cadre du projet Gamour, les cucurbitacées (ici, des chayottes, ou christophines aux Antilles) sont notamment protégées grâce à l'augmentorium, un compost (a et b) qui piègent les mouches des légumes, ainsi que leurs larves, par l'entremise de guêpes parasitoïdes. Les mouches ciblées sont par exemple *Dacus ciliatus* (c) et *Dacus demmerezi* (d).



➤ Dans ce système de culture manuel, le haricot grimpant sur le maïs lui apporte de l'azote au niveau des racines, tandis qu'au pied, des courges, avec souvent d'autres légumes, couvrent le sol, limitant ainsi le développement des adventices et l'évaporation.

Dans ses versions contemporaines, surtout dans les systèmes mécanisés, la culture d'association pose de nombreuses questions techniques sur les modalités de mise en place et de récolte de cultures dont les cycles de vie ne sont pas toujours synchronisés. En agriculture biologique, l'association de blé et de pois protéagineux réduit quasiment de moitié la proportion d'adventices entrant en compétition avec les cultures et les attaques de maladies fongiques. Le *land equivalent ratio* (LER), c'est-à-dire le rapport du rendement agricole des deux cultures en association sur la somme des rendements de chacune prise isolément est autour de 1,2: le gain est donc de 20%. On observe également de tels bénéfices en agroforesterie (voir *Agroforesterie: une intensification écologique de l'agriculture?*, par C. Dupraz, page 72). La date de récolte résulte d'un compromis entre la maturité des deux grains que l'on pourra au besoin séparer avec une trieuse.

Deux exemples de systèmes tropicaux illustrent des configurations atypiques d'associations. Le premier, mis au point au Kenya au début des années 2000, est un système d'attraction-répulsion (*push-pull* en anglais) mettant en jeu trois plantes (voir le schéma page 54). L'objectif principal est la lutte contre la pyrale (un papillon dont la chenille fore la tige de maïs) et le striga, une plante parasite qui se développe sur les racines du maïs. Ce dernier,

la production principale, est associé dans la parcelle au desmodium, une légumineuse fixatrice d'azote et répulsive pour l'insecte qui en outre attire ses prédateurs naturels. Les bords de parcelles sont quant à eux plantés de napier, une graminée jouant le rôle de piège: elle attire les insectes qui y restent collés. Les trois plantes sont utilisables pour l'alimentation humaine ou animale. Dans les faits, les pyrales adultes sont repoussées de l'intérieur du champ vers les bordures et y sont immobilisées. Parallèlement, les effets de compétition de l'association réduisent jusqu'à 90% les infestations par le striga. Ce système, peu coûteux en intrants, adapté à une agriculture manuelle et productif est aujourd'hui adopté par des dizaines de milliers de paysans d'Afrique de l'Est.

Beaucoup d'autres systèmes agricoles reposant sur les plantes pièges sont d'ores et déjà opérationnels ou à l'étude. Ils concernent des productions aussi variées que la canne à sucre, le coton, la mangue, le gombo, la tomate. Ainsi, et c'est le deuxième exemple, le projet Gamour, à la Réunion, propose un ensemble de cinq pratiques pour réduire l'usage intensif d'insecticides contre les mouches des légumes, s'attaquant en particulier aux cucurbitacées (courgettes, chayottes, melons, concombres...). Cette fois, le maïs planté en bordure de parcelle joue le rôle de piège en attirant les insectes cibles et les tuant à l'aide d'un biopesticide utilisé à faible concentration dans des appâts. Cette réduction des insecticides favorise le développement des ennemis naturels des mouches cibles, prédateurs et parasitoïdes. À cette fin, un dispositif original est installé en bord de champ: l'augmentorium (voir les photos

page ci-contre). Il s'agit d'un bac à compost entièrement grillagé où sont déposés les légumes attaqués par les mouches et contenant donc leurs œufs et leurs larves. Les mouches adultes qui émergent restent piégées par le grillage. En revanche, les guêpes parasitoïdes, plus petites, entrent et sortent à leur guise, afin en particulier de pondre dans les larves des mouches. La population de ces guêpes augmente mécaniquement à proximité immédiate du champ, d'où elles contribuent à réduire les effectifs des mouches des légumes dans la culture même. Avec l'utilisation massive d'insecticides seule, les atteintes de mouches des légumes affectent en moyenne 40% des récoltes et parfois 100%; elles sont inférieures à 20% avec ces nouvelles pratiques.

L'ESPACE-TEMPS AGRICOLE

À la diversification dans l'espace peut s'ajouter celle dans le temps. Les rotations des cultures, des pratiques anciennes renouvelées par l'agroécologie contemporaine, en sont aujourd'hui un pilier. Le principe est de semer chaque année dans une parcelle des plantes différentes selon un cycle de 3 à 10 ans. En décalant le début de rotation sur des parcelles voisines, chaque parcelle est à un stade différent de la rotation et portera une culture différente de sa voisine. Ainsi la diversification temporelle à l'échelle de la parcelle s'accompagne d'une diversification spatiale à l'échelle du paysage. L'efficacité des rotations repose sur leur longueur, supérieure à cinq ans, et sur leur diversité. Celle-ci repose sur des critères de choix variés et raisonnés en fonction des objectifs de l'agriculteur. L'idée est d'alterner au fil des années des plantes de différentes familles et n'ayant donc pas les mêmes exigences nutritionnelles ni les mêmes bioagresseurs, des plantes qui se sèment à différentes périodes de l'année, des plantes qui fertilisent les sols et des plantes exigeantes, des plantes sensibles à la compétition des adventices et d'autres qui le sont moins, comme la luzerne et le sarrasin (elles sont dites «nettoyantes»).

Les rotations interdisent à des bioagresseurs spécialisés de s'installer durablement dans les parcelles, car leur cycle de vie est perturbé, leur source de nourriture disparaissant d'une année sur l'autre. Ce sont donc des leviers agronomiques puissants de diversification et de réduction des pesticides, déjà largement utilisés en agriculture biologique.

L'une des difficultés réside dans le choix des espèces. En effet, même s'il paraît pertinent à un agriculteur d'insérer une plante peu habituelle dans sa rotation (cameline, lupin, pois carré...), de nombreux freins peuvent l'en empêcher. D'abord, la documentation et le

L'AGROÉCOLOGIE REVIENT À PROMOUVOIR UNE BIODIVERSITÉ FONCTIONNELLE CHOISIE ET À FAVORISER DES FLUX DE MATIÈRE LOCALISÉS

savoir-faire technique sur les espèces mineures sont beaucoup moins riches que pour les espèces dominantes. Ensuite les variétés de semences disponibles pour commencer la culture sont peu diversifiées et parfois mal adaptées au contexte local. Puis lors de la vente de la récolte, l'ensemble des acteurs en aval n'ont pas toujours les moyens logistiques et industriels économiquement viables pour accueillir de petits volumes de nombreuses espèces différentes. Enfin, un marché suffisant reste à créer pour ces cultures.

La diversification temporelle concerne aussi la période d'interculture. Les quelques semaines à quelques mois séparant la récolte d'une culture principale et le semis de la suivante peuvent être mis à profit. Le principe est d'exploiter des ressources disponibles (surface, lumière, nutriments...) pour agir positivement sur les paramètres de production ou environnementaux de la parcelle. La culture n'est souvent pas récoltée, mais détruite sur place. Par exemple, une culture de moutarde prélèvera dans le sol l'azote résiduel, évitant ainsi la pollution des nappes et cours d'eau voisins. En ajoutant une légumineuse, cette culture en mélange enrichira doublement le sol superficiel en azote.

D'autres plantes absorbent plus spécifiquement certains éléments nutritifs du sol et les rendent disponibles aux cultures suivantes à mesure qu'elles se décomposent : les brassicacées (choux, colza, moutarde, cresson...) pour le soufre, le sarrasin et la phacélie pour le phosphore, le tournesol pour le potassium. Ces effets s'ajoutent à d'autres, notamment antinématodes phytophages (moutarde blanche et phacélie) ou attraction des pollinisateurs (sarrasin et phacélie).

D'ailleurs en couvrant le sol en permanence, la biomasse produite apporte de multiples avantages complémentaires. La couverture de matière organique limite l'érosion, maintient l'humidité, et sert de gîte et de couvert à une faune et flore fongique et bactérienne diversifiées. Les lombrics dits «anéciques» en particulier enfouissent progressivement ces couverts végétaux et contribuent à augmenter la teneur en humus du sol tout en libérant lentement les éléments nutritifs mobilisés. Leurs galeries verticales favorisent l'infiltration de l'eau et l'enracinement des cultures suivantes. En augmentant la teneur en matière organique du sol, ces couverts favorisent également une meilleure utilisation de l'eau, les humus se comportant comme des éponges, et le stockage du carbone à moyen terme. Une métaanalyse a montré que les lombrics augmentent la production de 25% en moyenne. Enfin, la couverture permanente ➤