

## L'agro-écologie pour les agricultures tropicales et méditerranéennes

### Le positionnement des recherches du Cirad

---

## Une nécessaire transition pour les agricultures tropicales et méditerranéennes

En milieu tropical ou méditerranéen, les conditions biophysiques de la production agricole sont marquées par des climats contrastés (sécheresses ou excès d'eau), des conditions propices au développement des bio-agresseurs ou des sols pauvres et fragiles. Dans les pays les plus pauvres, les évolutions démographiques rapides, le désengagement des Etats, l'emprise des agro-industries mondialisées, la faiblesse des investissements et des services rendent souvent difficilement applicables les solutions d'intensification conventionnelles. Face à ces contraintes, les agricultures tropicales et méditerranéennes doivent inventer des transitions inédites pour relever les défis de satisfaire les besoins alimentaires et économiques des communautés rurales, de promouvoir le développement territorial, de préserver les ressources et les écosystèmes. Les différentes formes d'agriculture au Sud doivent dans ce contexte innover sans reproduire les modèles productivistes et développer des modes de production durables qui prennent en compte les contraintes, les opportunités et les savoirs locaux.

Influencé en partie par des politiques publiques, des bailleurs internationaux ou différents groupes d'intérêt, plusieurs modèles de production agricole et d'élevage coexistent dans des territoires en évolution. Parmi ces modèles, l'agro-écologie s'est incarnée dans une famille de pratiques diversifiées (agriculture de conservation, agriculture biologique,

permaculture, etc.) qui ont en commun de mobiliser les fonctionnalités écologiques des agrosystèmes pour assurer la production agricole et sa contribution au développement durable. Fondés sur l'optimisation des processus naturels, ces systèmes, dans leur diversité, sont en particulier adaptés aux agricultures familiales peu capitalisées, cibles prioritaires des recherches du Cirad. Les agricultures familiales des Suds ont d'ailleurs souvent développé des systèmes traditionnels très élaborés, comme par exemple les systèmes agroforestiers, sources majeures d'inspiration pour le développement de systèmes innovants répondant aux attentes du développement durable. Le Cirad a choisi de consacrer une part importante de ses recherches à l'étude du fonctionnement de ces systèmes agro-écologiques, à leurs capacités à représenter des alternatives crédibles aux modèles conventionnels de production.

Dans le cadre de recherches menées en priorité sur les terrains du Sud avec les scientifiques et des acteurs locaux, le Cirad s'intéresse aux mécanismes biologiques, écologiques et biophysiques qui régissent les systèmes agro-écologiques, ainsi qu'aux processus d'innovation et de régulation institutionnelle à mettre en œuvre avec les acteurs pour la conception, l'adoption et la diffusion de ces systèmes innovants. Les multiples chemins de la transition agro-écologique reposent en effet à la fois sur les dimensions biologiques, techniques, économiques, environnementales, sociales et institutionnelles des agricultures : la mobilisation des

connaissances scientifiques, la prise en compte du rôle clé des agriculteurs dans les processus d'innovation, des contextes et des savoirs locaux, les apprentissages et le développement des capacités

des producteurs, la coordination des acteurs locaux sont autant de conditions essentielles à la réussite de cette transition.

## Comprendre les mécanismes pour amplifier les régulations biologiques et écologiques et augmenter l'efficacité d'utilisation des ressources dans les agrosystèmes

### > L'intensification écologique comme principale dynamique étudiée

La voie de l'intensification écologique vise à augmenter la production agricole et à assurer une diversité de services écosystémiques, en substituant autant que possible les intrants de synthèse - énergie fossile, fertilisants, pesticides - par les fonctionnalités écologiques des écosystèmes cultivés. Elle est très largement basée sur la mobilisation de la biodiversité fonctionnelle. Le terme « intensification » traduit la mobilisation résolue des processus écologiques comme facteur majeur de production. Si l'agro-écologie peut être considérée comme une science, l'intensification écologique est elle une science de l'action, une ingénierie, qui s'appuie sur les connaissances produites par les disciplines de l'agro-écologie, de l'écologie et de l'agronomie. C'est cette voie complémentaire alliant la production de connaissances et leur mobilisation dans une démarche de recherche appliquée que le Cirad met en œuvre dans le cadre de ses recherches sur l'agro-écologie et l'Intensification écologique.

### > Mobiliser la biodiversité fonctionnelle pour améliorer le fonctionnement des agrosystèmes et les régulations

Le Cirad consacre une part importante de ses recherches à la compréhension des mécanismes de régulation écologiques et biophysiques liés au déploiement de la biodiversité fonctionnelle. Un premier objectif est d'améliorer l'utilisation des ressources naturelles - énergie lumineuse, eau et nutriments - par la maximisation de la production de biomasse et l'amélioration de l'efficacité des cycles biogéochimiques, en mobilisant par exemple les cultures associées, les plantes de couverture et de service, les rotations... Le Cirad étudie la répartition de la biomasse produite dans ce contexte ainsi que les principaux flux de carbone, d'eau et de nutriments

entre le sol, la plante et l'atmosphère à différents niveaux d'organisation et sous différentes pratiques culturales. Il s'agit notamment de comprendre ce qui détermine le fonctionnement individuel des plantes au sein de l'agrosystème et les propriétés fonctionnelles des couverts végétaux sous l'effet de l'environnement et des pratiques des agriculteurs.

Un second objectif est d'analyser et agir sur la régulation des bio-agresseurs et des maladies, particulièrement prégnants en milieu tropical par une gestion appropriée de la biodiversité. Le Cirad étudie pour cela les effets de la structure des communautés végétales et animales présentes dans l'agrosystème sur la nature et l'intensité des régulations biologiques, avec une attention particulière à la façon dont sont réorientés les réseaux trophiques sollicités dans ces chaînes d'interaction. Il analyse la dynamique des bio-agresseurs et des communautés biotiques, l'écologie et l'épidémiologie, notamment spatiale, de ces bio-agresseurs. Ces travaux sont également alimentés par l'acquisition de connaissances fines sur les relations hôte-pathogène, la biologie évolutive des populations, l'écologie fonctionnelle des communautés. L'ensemble des connaissances acquises permet la mise au point de modèles dynamiques de développement des bio-agresseurs et des maladies en appui à la définition de stratégies de protection intégrée des cultures et des troupeaux et de réduction de l'usage des pesticides. Ces connaissances conduisent également au développement de modèles plus globaux de fonctionnement de l'agrosystème (de l'échelle de la plante à celle du paysage) qui contribuent à identifier les facteurs conditionnant le fonctionnement des agrosystèmes ainsi que les services écosystémiques associés.

### > Renouveler les objectifs d'amélioration génétique des plantes, mobiliser la biodiversité intra spécifique

La transition agro-écologique entraîne de nouveaux défis pour l'innovation variétale. L'optimisation des

interactions biologiques incite tout d'abord à explorer les liens possibles entre les mécanismes mobilisables dans une démarche d'intensification écologique et leur expression potentielle au niveau du génome. La mise en place de solutions basées sur les principes de l'agro-écologie implique aussi de « contextualiser » les solutions variétales, c'est-à-dire de mieux les intégrer dans les réalités locales des systèmes de production, dans les successions et associations de plantes. Cette complexité supplémentaire conduit à élargir la diversité des objectifs et des critères de sélection et à intégrer dans les démarches de sélection les savoirs locaux. La diversité et la rapidité des changements écologiques, techniques et économiques conduisent également à de nouvelles questions sur la stratégie de déploiement variétal propre à chaque espèce.

Le Cirad, qui travaille depuis plusieurs décennies à l'amélioration d'espèces tropicales, s'attaque à ces défis en s'appuyant sur les nouveaux outils de la génomique. Si ceux-ci permettent des progrès rapides en termes de connaissances, la prise en compte accrue des interactions biologiques posée par l'agro-écologie engendre cependant une complexité inédite de questionnements. L'approche classique par l'analyse des interactions «génotype x environnement» trouve par exemple ses limites du fait de la diversité des contextes locaux et du nombre

exponentiel des combinaisons possibles de génotypes. De ce fait, le Cirad explore de nouvelles façons de gérer la diversité génétique, notamment par des modalités participatives de sélection (diffusion déconcentrée, formules variétales ouvertes, sélection multigénotypique, « affinage » local des variétés, ...).

Au-delà des défis scientifiques, se pose également la question du modèle d'innovation à promouvoir, car l'amélioration des plantes est aussi une entreprise économique. Les réglementations du secteur semencier et la concentration de l'innovation variétale dans les mains de quelques puissants acteurs globaux sont souvent incompatibles avec les transitions agro-écologiques qui exigent l'implication de nombreux acteurs.

Des questions analogues à celles posées ici dans le domaine végétal concernent également l'amélioration génétique des troupeaux et, de façon plus prospective, toutes les innovations sur les micro-organismes qui pourraient voir le jour. Dans ce cadre, la propriété intellectuelle légitime de chacun des acteurs impliqués est complexe à identifier, mais dans tous les cas, les droits des communautés sur l'agrobiodiversité doivent être reconnus pour prétendre à une transition agro-écologique.

## Concevoir et évaluer de façon multicritères et multi-échelles les systèmes de production fondés sur les principes de l'agro-écologie

### > Une démarche de conception renouvelée

Le Cirad travaille à la conception des nouveaux systèmes de culture tropicaux et méditerranéens dans des contextes de production très diversifiés (petite agriculture familiale, horticulture périurbaine, agroforesterie, monocultures en voie de conversion, etc.). La conception de ces systèmes basés sur les principes de l'agro-écologie mobilise de nouveaux leviers techniques pour optimiser la gestion de la diversité biologique et les régulations associées.

Une meilleure occupation des sols permet par exemple favoriser le captage de l'énergie lumineuse et des ressources naturelles (cultures associées ou dérobées, systèmes agroforestiers, systèmes pluri-spécifiques,...) ; l'organisation spatio-temporelle des plantes cultivées au sein de l'agrosystème permet d'amplifier les régulations écologiques à différentes

échelles ; le maintien et l'amélioration de la fertilité des sols passent par l'utilisation de plantes de services générant des fonctions de nutrition, facilitation, régulation (couvertures végétales permanentes) et par la valorisation des complémentarités agriculture-élevage. La petite mécanisation pour faciliter le travail des agriculteurs et faire face au développement d'itinéraires techniques consommateurs de main d'œuvre apparaît également comme un élément clef à prendre en compte pour la mise au point de systèmes innovants basés sur les principes de l'agro-écologie.

### > Une indispensable capacité d'évaluation multicritères et multi-échelles de la performance des systèmes

Les systèmes innovants basés sur les principes de l'agro-écologie reposent sur des stratégies de compromis en termes de performances et de gestion

des ressources. La conception de systèmes « multi-services » exige de faire émerger des combinaisons optimales, spécifiques en chaque lieu, alliant compromis et synergies entre services, et prenant en compte le temps de transition d'un système conventionnel vers un système agro-écologique. Une évaluation de ces services, basée sur une démarche scientifique, est un élément déterminant pour faciliter leur reconnaissance par la société.

La conception de systèmes innovants doit prendre en compte l'évaluation des performances à différentes échelles d'organisation. Les leviers pour concevoir de nouveaux systèmes se trouvent en effet à l'échelle de

l'exploitation, à l'échelle des paysages (mises en place de haies, de refuges, de parcs arborés, gestion des transferts de fertilité et des interactions agriculture-élevage) et enfin à l'échelle des territoires où les producteurs doivent négocier individuellement ou collectivement l'aménagement des espaces et le partage des ressources. Pour ce faire, le couplage de modèles de fonctionnement de l'agrosystème avec des modèles d'aide à la prise de décision doivent être favorisé tout comme la définition d'indicateurs interprétables aux différentes échelles d'organisation.

## Etudier et accompagner les systèmes d'innovation en appui à la transition agro-écologique

Les changements techniques dans lesquels s'incarne l'agro-écologie sont indissociables des évolutions des systèmes alimentaires, sociaux, économiques, institutionnels et politiques. Les producteurs inscrivent leurs décisions de changement dans des dynamiques et stratégies complexes visant une amélioration de leur revenu ou de leur sécurité alimentaire. Le Cirad étudie donc les transitions agro-écologiques dans le cadre élargie de l'étude des transitions agricoles, à plusieurs niveaux d'organisation – exploitation, territoire, organisations rurales, pays. Pour les agricultures tropicales et méditerranéennes, dont les systèmes d'innovation sont souvent en cours de structuration, ces études associent diagnostic, production de connaissances, renforcement des compétences et appui aux processus d'innovation et plus largement aux dynamiques institutionnelles.

### > Documenter et prendre en compte la diversité des contextes locaux

Les transitions agro-écologiques dépendent fortement des conditions locales de production et de leur environnement socio-économique et institutionnel. Accompagner cette transition implique de connaître les contraintes, risques, atouts et opportunités qu'elles présentent et de donner une place centrale aux processus d'innovation et aux agriculteurs qui les animent. Le Cirad est ainsi engagé dans des diagnostics régionaux, sur une grande diversité de systèmes de production et de situations environnementales et sociales. Les stratégies et les pratiques des agriculteurs et les savoirs locaux sur lesquels elles reposent constituent des objets de recherche. Ces diagnostics permettent d'identifier,

aux différents niveaux d'organisation, les leviers permettant une transition agro-écologique.

### > Prendre en compte le fonctionnement des filières et des marchés

Alors que la majorité des exploitations familiales sont connectées aux marchés, l'environnement économique n'est pas toujours favorable aux innovations agro-écologiques. En retour, celles-ci ne sont pas toujours adaptées aux normes en vigueur dans les marchés et aux attentes des consommateurs en termes de qualité, quantité, régularité et accessibilité des produits. Les travaux de recherche visent à permettre aux producteurs de tirer parti de marchés de produits alimentaires conventionnels comme de certains marchés de niche pour lesquels l'agriculture familiale a des avantages comparatifs. Le Cirad étudie de façon complémentaire l'organisation des filières, les évolutions en matière de normes et l'émergence de nouvelles formes de mise en marché pour des systèmes agro-alimentaires plus durables répondant mieux aux besoins des producteurs, des consommateurs et plus largement de la société.

### > Développer les outils d'apprentissage collectif

Emergence, partage et mobilisation des connaissances et de l'information sont des conditions essentielles de dynamisme pour les territoires ruraux, et sont particulièrement nécessaires en accompagnement des transitions agro-écologiques. En effet, ces transitions mobilisent des trajectoires individuelles et collectives, souvent spécifiques et différenciées, dans lesquelles l'apprentissage, le partage des savoirs et des expériences, la circulation de l'information jouent un rôle clé. Le Cirad met en

œuvre différentes méthodes d'ingénierie des connaissances pour l'apprentissage participatif (collectes de données primaires, zonages et modèles technico-économiques participatifs, savoirs locaux et experts, expérimentations paysannes, simulation de changements...) qui sont autant d'outils d'aide à la décision et de négociation entre acteurs locaux pour transformer leurs systèmes de production. Ces méthodes diffèrent de ce qui a pu être élaboré jusqu'alors en matière de diffusion d'inventions de rupture, en ce qu'elles postulent la prise en compte et l'intérêt de la spécificité et de la différenciation des situations et des solutions.

**> Accompagner les acteurs dans la transition agro-écologique : développer l'action collective, les dispositifs d'accompagnement, l'information aux politiques publiques.**

Que la transition soit suscitée ou spontanée, la progression des producteurs se fait dans l'incertitude, par l'expérimentation et l'échange avec leurs pairs et des experts. L'accompagnement des producteurs

peut se faire selon différentes modalités, du conseil individuel à des ateliers de conception participative réunissant agriculteurs, experts, techniciens, chercheurs. Le Cirad s'engage aux côtés des structures professionnelles qui s'impliquent dans des processus d'innovation agro-écologiques, participe à la conception, à la mise en œuvre et à l'évaluation de plateformes d'innovation, locales ou régionales. A l'échelle des territoires, il s'engage dans des dispositifs d'action collective et publique afin de mieux intégrer transition agro-écologique et gestion durable des ressources.

Ces différentes démarches favorisent les échanges entre savoirs locaux et scientifiques, nourrissent la discussion sur les pratiques et les modes de régulation, et permettent d'informer les politiques publiques qui, en retour, peuvent être adaptées pour mieux susciter et accompagner les transitions agro-écologiques.

## Agro-écologie et agriculture climato-intelligente

L'agro-écologie mobilise dans un contexte local donné les fonctionnalités des écosystèmes pour réduire l'utilisation des ressources fossiles et les impacts environnementaux négatifs, elle accorde une attention particulière au bouclage et à l'efficacité des cycles biogéochimiques. A ce titre, l'agro-écologie est une forme d'agriculture climato-intelligente, approche qui revendique la satisfaction simultanée de l'adaptation au changement climatique, son atténuation et une production durable. Les différentes formes d'agriculture climato-intelligente et les différents leviers que peut mobiliser cette agriculture ne sont à contrario pas tous compatibles avec les principes de l'agro-écologie. L'agriculture climato-intelligente affiche en effet souvent prioritairement comme objectif l'adaptation au changement climatique et son atténuation et peut dans ces conditions avoir recourt à des intrants et des techniques que ne mobilisent pas les pratiques agro-écologiques. Au chapitre des différences, il

faut également noter que les bases scientifiques sur lesquelles reposent les deux approches sont très inégalement développées : l'agro-écologie scientifique fonde ses principes sur ceux de l'écologie et de l'agronomie et fait l'objet de nombreux travaux de recherche alors que l'agriculture climato-intelligente est un concept très récent qui s'appuie pour l'instant sur très peu de travaux de recherche. Il n'en reste pas moins que ces deux visions de l'agriculture ont à relever une série de défis communs, par exemple l'importance du développement des connaissances sur le fonctionnement des sols et sur leur capacité à stocker du carbone, la prise en compte du niveau territoire et des dynamiques sociales locales pour l'organisation des systèmes de production, le développement de méthodes d'évaluation multicritères des performances des systèmes de production pour évaluer les différents services rendus,...



## Poursuivre les recherches en agro-écologie : vers des « territoires intelligents » ?

En étudiant les processus éco- et biophysiques et les pratiques des producteurs, en les accompagnant dans les innovations, le Cirad développe des connaissances originales et des solutions opérationnelles relevant de l'agro-écologie. L'expérience de recherche du Cirad montre clairement la nécessité de poursuivre le développement des connaissances de bases sur le fonctionnement des agroécosystèmes du Sud. Elle montre également l'absence de solution « passe partout » pour le développement de systèmes innovants et l'importance d'impliquer les différentes catégories d'acteurs pour pouvoir générer une transition agro-écologique à l'échelle des territoires. Ces territoires doivent être connus tant dans leurs dimensions biophysiques et agronomiques que dans leurs dimensions sociales, économiques, institutionnelles et technologiques ; c'est ce qui

permet d'appréhender le jeu de contraintes, de risques, d'atouts et d'opportunités dans lequel doivent se transformer les systèmes de production agricole et plus largement les systèmes agro-alimentaires. Leur mode de gouvernance est une clé de ces transformations. Pour jouer pleinement son rôle dans ces dispositifs et générer les transitions voulues, la recherche doit promouvoir le concept de « territoires intelligents » qui associe l'ingénierie des connaissances et la mobilisation de technologies de l'information, le renforcement des capacités, l'évaluation des politiques publiques et la constitution d'observatoires territoriaux. Elle doit aussi renforcer sa capacité à relier innovations spécifiques adaptées à des contextes locaux et connaissances génériques pour permettre les transformations à des échelles significatives.

### Contact

F.Côte & E.Hainzelin  
Cirad

[francois.cote@cirad.fr](mailto:francois.cote@cirad.fr)

[etienne.hainzelin@cirad.fr](mailto:etienne.hainzelin@cirad.fr)