



Raphaël ACHARD<sup>1</sup>,  
Philippe TIXIER<sup>1</sup>,  
Line THIEULEUX<sup>2</sup>,  
Christian LANGLAIS<sup>1</sup>,  
Christian LAVIGNE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>PRAM-Cirad  
<sup>2</sup>UAG

## Du raisonné au biologique : convergence ou divergence ? exemple des systèmes de culture bananiers, maraîchers et de l'arboriculture fruitière en Martinique

Cet article présente un résumé des réflexions en cours sur les progrès de la recherche agronomique concernant les agricultures raisonnée et biologique. Il s'agit de voir en quoi ces deux approches sont compatibles et comment elles peuvent interagir dans la définition de nouveaux systèmes de culture.

### EVOLUTION DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

Les impacts négatifs de l'agriculture sur l'environnement sont mieux connus et de plus en plus mesurés. Il en résulte une forte prise de conscience de la société. La limitation des impacts négatifs de l'agriculture sur l'environnement est une préoccupation majeure de la société actuelle.

Dans les systèmes productivistes des années 80, l'objectif concernait essentiellement l'obtention de rendements maximaux. Dans ce contexte, les pesticides et les engrais étaient utilisés sans considération de leurs impacts sur l'environnement. Dans les années qui suivirent, une approche plus globale de l'agriculture s'est traduite par la mise en place de pratiques plus respectueuses de l'environnement et de la santé humaine. En agriculture raisonnée, les intrants (pesticides et engrais) ne sont apportés que si nécessaires et sont limités aux besoins de la culture de façon à maintenir des rendements élevés tout en préservant au maximum l'environnement. En parallèle et par réaction aux pratiques productivistes, l'Agriculture biologique s'est beaucoup développée. Elle s'interdit l'usage d'intrants issus de la chimie de synthèse dans un objectif de meilleure préservation de la qualité du produit et de l'environnement. Elle accepte des rendements souvent plus faibles et répond à un marché spécifique plus rémunérateur.

L'agriculture raisonnée s'est développée au départ sans garanties officielles ni contrôles. Elle s'est dotée en France, depuis mai 2002, d'un cadre officiel dont les contraintes sont différentes et moindres que celles de l'Agriculture biologique.

Certaines pratiques de l'agriculture raisonnée sont susceptibles d'être utilisées en Agriculture biologique et inversement. De la confrontation

entre ces deux modes de penser l'agriculture résulte une dynamique de recherche qu'il convient d'analyser et de valoriser. Existe-t-il un continuum entre production biologique et conventionnelle ? Ou bien, existe-t-il un fossé entre ces modes de culture ?

Pour répondre à ces questions, les recherches menées par les différentes équipes du PRAM au cours des dernières années ont privilégié des approches cognitives : meilleure maîtrise du processus de production des cultures, fonctionnement biophysique des agrosystèmes et meilleure connaissance de la biologie des maladies, parasites et ravageurs des cultures. Ces travaux ont visé :

- la réduction de l'impact environnemental des pesticides par une meilleure connaissance des mécanismes de dissipation des polluants chimiques via les flux hydriques ;
- la réduction de l'impact environnemental des nitrates par une meilleure connaissance des mécanismes du cycle de l'azote dans les systèmes considérés ;
- la compréhension du fonctionnement de la biomasse microbienne du sol lors de la décomposition de la matière organique ;
- la mise au point de méthodes de diagnostic pour une utilisation raisonnée de pesticides et des fertilisants ;
- l'élaboration de méthodes alternatives de lutte envers les bioagresseurs et les adventices.

Afin d'apporter des éléments de réflexion, les exemples des systèmes de culture bananiers, fruits et maraîchers sont analysés.

### EVOLUTION DES PRATIQUES CHEZ LES AGRICULTEURS, UNE ÉVOLUTION POSSIBLE VERS LE BIOLOGIQUE

Le développement de systèmes raisonnés en bananeraies a permis des avancées techniques très significatives, mais a surtout contribué à une utilisation plus raisonnée des intrants et notamment des pesticides. Depuis 1996, les utilisations de nématicides ont ainsi diminué de 60 % en surfaces développées, la fréquence moyenne de traitement par parcelle passant de 1,8 à 0,9 par an (Chabrier *et al.*, 2005).

En maraîchage comme en arboriculture fruitière, le développement de systèmes raisonnés a permis d'élaborer des itinéraires techniques

performants plus durables. Cela s'est traduit par la mise en place d'une gestion intégrée des bioagresseurs et de la fertilisation.

L'Agriculture biologique, qui exclut tout recours aux pesticides et fertilisants chimiques, est de plus en plus perçue comme un choix différent. Elle est plus difficile à mettre en œuvre dans certaines zones pédoclimatiques. Les principales solutions techniques à adapter sont relatives (1) à la gestion de la fertilité du sol (2) à la lutte contre les bioagresseurs et (3) à la maîtrise des adventices. Le tableau 1 présente les pratiques disponibles en agriculture raisonnée et en Agriculture biologique.

ducteurs, notamment dans la région Caraïbe. Elle s'est développée en République Dominicaine en raison de critères économiques favorables dans des zones au climat sec.

### IMPORTANCE DES CONDITIONS AGRO-CLIMATIQUES POUR LE DÉVELOPPEMENT DE PRODUCTIONS BIOLOGIQUES

Des conditions agro-climatiques favorables constituent presque toujours un préalable au développement de systèmes de cultures biologiques. Les zones sèches, du fait de la faible pression parasitaire et de l'extension des sur-

**Tableau 1. Principales pratiques culturelles disponibles dans les systèmes de culture raisonnés et biologiques.**

Pratiques	Raisonnées	Biologiques
Fertilisation	<b>Engrais chimiques</b> Engrais minéraux naturels Amendements divers Engrais organiques Résidus de culture	Engrais minéraux naturels Amendements divers Engrais organiques Résidus de culture
Lutte contre le parasitisme	<b>Chimique sur alerte</b> Plants sains sur sol sain Lutte non chimique, piégeage Produits phytosanitaires naturels	Plants sains sur sol sain Lutte non chimique, piégeage Produits phytosanitaires naturels
Lutte contre les adventices	<b>Chimique</b> Mécanique Plantes de service	Mécanique Plantes de service <b>Thermique</b>

L'ensemble des productions agricoles martiniquaises peuvent être concernées par le passage du raisonné au biologique. Les systèmes de production n'en demeurent pas moins assez différents, avec des produits destinés à l'export ou au marché local (Quénéhervé *et al.*, 2005).

Du fait de leur caractère industriel et des nombreuses contraintes (parasitaires, commerciales) qui leur sont associées, les systèmes bananiers constituent un modèle où le raisonnement des pratiques dans les systèmes conventionnels et la possibilité de développer la production biologique pourraient converger. Les systèmes de culture biologique du bananier n'en sont qu'à leur début en Martinique. Au plan mondial, bien que cela ne représente qu'un faible pourcentage de la production totale, la tendance est très nettement à l'augmentation (de 22 000 à 88 000 tonnes exportées entre 1988 et 2000). La banane biologique est considérée comme une alternative intéressante pour les petits pro-

faces irrigables, ont permis l'implantation de bananeraies au sud-est de la Martinique, dans la région du Vauclin. Cette région présente l'avantage de conditions pédologiques (vertisol) et climatiques (pluviosité modérée) moins favorables au développement du parasitisme tellurique et de la cercosporiose.

En 2002, 13 exploitations (43 ha) étaient certifiées en Agriculture biologique. Elles étaient situées principalement dans les zones de Saint-Joseph, Gros Morne et Fond Saint-Denis. Ces zones, malgré une forte pluviométrie et un fort parasitisme, ont été le foyer du développement du maraîchage et de l'arboriculture fruitière biologiques.

Le développement de nouveaux systèmes de cultures biologiques ou raisonnés implique la prise en compte des interactions au sein de systèmes écologiques complexes. Afin d'illustrer ces interactions, des exemples concernant la



gestion de la fertilité du sol, la lutte non chimique contre les bioagresseurs et les adventices, sont examinés dans les paragraphes suivants.

#### • La gestion de la fertilité du sol

De manière générale, la fertilisation a pour but d'améliorer la fertilité et la structure du sol afin d'assurer une alimentation optimale et équilibrée de la plante cultivée, compatible avec la protection de l'environnement.

Par le passé, le sol était considéré comme un simple support physique auquel il suffisait d'ajouter des éléments minéraux ; son fonctionnement était mal connu. Actuellement, les chercheurs du PRAM s'intéressent aux différents termes du cycle de l'azote en cultures bananières et étudient le fonctionnement de la biomasse microbienne lors de la minéralisation des résidus de culture en conditions tropicales.

Un lessivage des nitrates de l'ordre de 60 % a été observé lors d'apports de fertilisants azotés

lement pas comptabilisés pour la détermination des apports d'azote à réaliser. Les dernières expérimentations réalisées aux Antilles montrent que l'activité biologique (faune microbienne et macrofaune) et la fraction grossière de la matière organique amélioreraient la capacité du sol à alimenter la fraction minérale.

L'intérêt d'une fertilisation organique sur bananier a été montré : les résultats sont similaires à la fertilisation chimique classique pour de moindres quantités d'azote apportées. Par ailleurs, l'utilisation d'engrais organiques apparaît efficace pour résoudre le problème de la fertilisation en période de forte pluviosité. Le tableau 2 illustre les performances des engrais organiques pour la culture du bananier et montre que le rendement est au moins aussi élevé en fertilisation organique qu'en fertilisation minérale. A la floraison des bananiers, les plants fertilisés par engrais organique ont produit des régimes de taille équivalente à celle du programme de référence, et de taille supérieure au programme "minéral allégé".

**Tableau 2. Mensuration des bananiers à la floraison et taille du régime pour une fertilisation minérale standard et pour deux fertilisations à base d'engrais organiques.**

Fertilisation	Quantité d'azote en g N / pied	Fréquence d'application	Circonférence à 1 m	Nombre de mains du régime
Minéral	12	3	83	10,8
Minéral allégé	12	6	82	10,2
Organique	9	6	84	11,2
Organique double	18	6	86	11,4

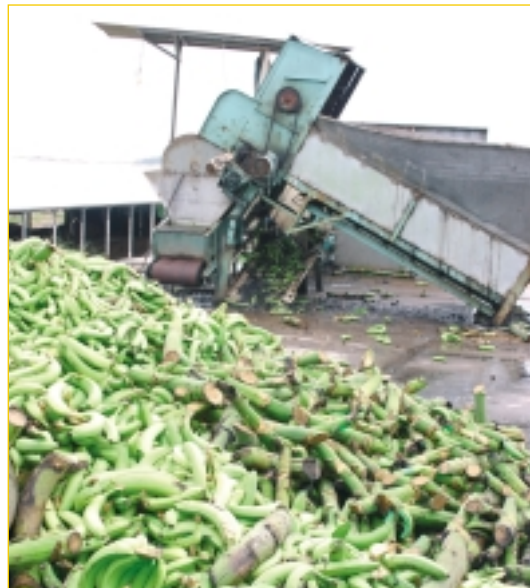
d'origine chimique en cultures intensives de banane. Le rôle de l'azote organique via la minéralisation a longtemps été considéré comme négligeable face à l'importance du lessivage. Récemment, il a été montré que si une part importante de l'engrais azoté n'est pas absorbée à court terme par la culture, le reste n'est pas majoritairement lessivé. En effet, environ 40 % sont réorganisés par la biologie du sol et susceptibles d'être à nouveau disponibles pour les plantes (Thieuleux, 2005). Malgré les fertilisations excédentaires pratiquées sur les systèmes de culture bananiers intensifs, l'estimation des pertes par lessivage n'est donc pas aussi importante qu'attendue. La prise en compte des mécanismes du fonctionnement de la dynamique de l'azote dans le sol permet de réviser à la baisse les quantités d'azote perdu par lessivage (Cabidoche, 2001). De même, la matière organique du sol et les résidus de cultures, souvent riches en azote, ne sont généra-

Par ailleurs, il est observé que les engrais organiques, bien que moins disponibles à court terme, permettent une gestion presque aussi réactive face à la demande de la culture par rapport à l'application d'engrais minéraux (Achard *et al.*, 2005). L'activité biologique du sol, étroitement corrélée aux quantités de matière organique et de biomasse microbienne, doit ainsi être prise en compte pour déterminer les apports d'azote nécessaires.

Dans les systèmes bananiers conventionnels, le recours aux apports de matière organique est en développement. C'est notamment le cas du "bokashi" (compost de bagasse de canne à sucre et de hampes florales de bananiers). L'utilisation en bananeraie de composts de bagasse de canne et de fientes de poules, ou de matières organiques commerciales importées, ne montre qu'un faible impact sur la teneur de la matière organique du sol (les apports repré-



sentent moins de 5 % de la matière organique de l'horizon 0-25 cm). Néanmoins, ces apports influent positivement sur l'évolution de la capacité d'échange cationique du sol. Cette pratique permet de valoriser les résidus de culture mais nécessite une infrastructure spéciale (plate-forme de compostage, matériel d'épandage), plus facile à développer dans les grandes exploitations ou dans le cas de regroupements d'agriculteurs.



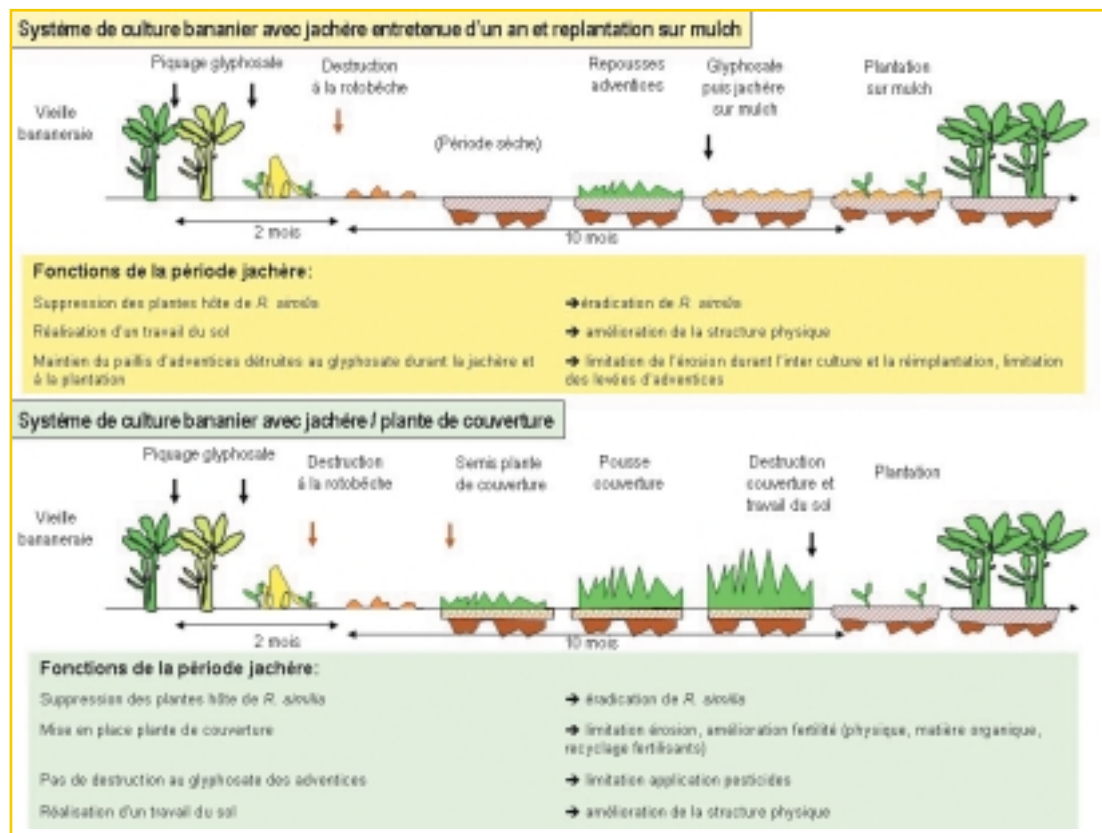
Déchets de banane et broyeuse

En maraîchage, la gestion intégrée de la fertilité fait intervenir de plus en plus les apports organiques, aussi bien en agriculture raisonnée qu'en Agriculture biologique. Ces apports sont très divers et peu structurés : il s'agit souvent de fumier issu de l'élevage présent sur l'exploitation ou récupéré chez un voisin. Certains agriculteurs font aussi du compost à petite échelle. Un producteur de compost de bagasse de canne à sucre et de fientes de poules approvisionne quelques maraîchers. L'introduction de fientes de poules et de résidus d'œufs issus d'un élevage industriel non biologique n'est toutefois pas autorisée en Agriculture biologique.

• **Lutte contre les bioagresseurs dans les systèmes de culture raisonnés et biologiques**

Les systèmes de culture bananiers représentent un exemple particulièrement réussi d'utilisation de moyens de lutte non chimiques contre les bioagresseurs de cette culture. Ainsi, face aux problèmes de parasitisme tellurique dus aux nématodes, des moyens de lutte alternative aux solutions chimiques ont été développés. Ils permettent de limiter l'utilisation de nématocides dont les niveaux de toxicité sont élevés. La réintroduction de la jachère et des rotations culturales, en combinaison avec l'utilisation de

Présentation synthétique de l'utilisation de la jachère et des plantes de couverture afin d'assainir le sol de ses parasites telluriques.





## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Achard R., 2005. *Comparaison de la dynamique de l'azote minérale dans un sol avec différentes formes d'apports d'engrais en condition de forte pluviométrie. Utilisation d'engrais complet à base d'urée, de Multicote®, d'Entec® et d'Humobio® en bananeraie sur sol alluvionnaire (Trianon - François), Rapport PRAM-Cirad, 10 p.*

Cabidoche, Y.-M., 2001. *Inventaire des données scientifiques et techniques disponibles dans les DOM insulaires, relatives à la fertilisation azotée des cultures, à leur conduite, au fonctionnement des aquifères et aux phénomènes de transfert d'azote dans le milieu et à leur incidence, Rapport INRA, Expertise demandée par le Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, Direction de l'eau, 68 p.*

Chabrier Ch., Mauléon H., Bertrand P., Lassoudière A. & Quénéhervé P., 2005. *Banane antillaise : les systèmes de culture évolutif, Phytoma, 584 : 12-16.*

Quénéhervé P., Dao J.-C., Ducelier D., Langlais C., Lassoudière A., Lhoste

matériel de plantation sain (vitro-plants), a permis d'obtenir une très bonne maîtrise des infestations en nématodes, notamment celles de *Radopholus similis* qui occasionnent le plus de dégâts.

En agriculture raisonnée, la destruction rapide des bananiers par injection de glyphosate permet une optimisation de l'efficacité de la jachère. Durant la jachère, le contrôle des adventices se fait par des applications d'herbicides, permettant à la fois d'éviter la persistance de plantes hôtes des nématodes parasites du bananier, et de créer un paillis qui protège le sol de l'érosion. Des études complémentaires visent à établir des méthodes qui n'utiliseraient pas d'herbicides (destruction de la bananeraie et contrôle des adventices par voie mécanique).

Les principes de l'utilisation de la jachère et de plantes de couverture sont présentés dans la figure 1. En corollaire de ces pratiques de jachères ou de rotations en Agriculture biologique et en agriculture raisonnée, il convient d'isoler, au niveau hydraulique, la parcelle cultivée, afin de limiter sa recontamination par les nématodes. En bananeraie biologique, du fait qu'aucun produit phytosanitaire n'est autorisé, un soin particulier doit être apporté aux méthodes de plantation de plants sains sur sol sain, et de limitation des recontaminations par les eaux de ruissellement des parcelles voisines.

La réflexion, autour de l'amélioration de l'efficacité de la jachère et de la mise en place de parcelle expérimentale de production biologique de banane, a mis en évidence l'intérêt de l'utilisation de plantes de couvertures durant la phase de jachère, pour supprimer les traitements herbicides. Dans ces systèmes de culture, la jachère n'aurait plus exclusivement une fonction de rupture sanitaire entre deux bananeraies mais améliorerait aussi l'ensemble des composantes de la fertilité (Figure 1).

### • Le contrôle de la couverture du sol et des adventices

La lutte contre les adventices, sans avoir recours à l'utilisation de produits herbicides, est un point clé plus encore en Agriculture biologique qu'en agriculture raisonnée (cahier des charges, demande sociétale, réduction du nombre de molécules autorisées...). Le contrôle des adventices sans produits phytosanitaires implique la gestion des résidus de culture, le désherbage mécanique et l'installation d'une

couverture vivante et maîtrisée. Des systèmes de culture économiquement viables devront combiner ces méthodes culturales.

En arboriculture fruitière, l'enherbement partiel est actuellement testé. Il s'agit d'un enherbement à base d'espèces herbacées (non hôtes des mêmes parasites que la culture principale) et dont le contrôle mécanique est facile. Des expérimentations en cours dans un verger de Limes de Tahiti montrent qu'une couverture de graminées à faible croissance en hauteur (*Brachiaria humidicola*) peut être cultivée dans l'entre-rang, fauchée et andainée sur la ligne de plantation. Cette procédure est efficace sur un terrain relativement plat et peu caillouteux. Aucun herbicide n'a été appliqué sur le verger expérimental depuis deux ans. En relief accidenté, il serait nécessaire d'épandre manuellement un paillage mort de graminées ou de bagasse au pied des arbres. L'épandage sur la ligne de plantation permet d'éviter la concurrence entre la culture principale et la plante de couverture vis-à-vis de l'eau et des éléments minéraux. En agriculture raisonnée, un désherbage au glyphosate peut être réalisé au pied des arbres, ce qui supprime la nécessité du paillage et réduit les coûts. Dans tous les cas, le choix de l'espèce et de la variété de la plante de couverture dépend des conditions de sol et de pluviosité, mais également de la facilité de son installation (semis à la volée, bouturage).

En bananeraies, le contrôle des adventices est basé sur l'application d'herbicides sur l'ensemble de la parcelle au cours des deux premiers cycles de culture. Lors des cycles suivants, l'application d'herbicide est réduite (pourtour de la parcelle et réseaux de drainage) et complétée par le paillage de l'entre-rang par les résidus de culture (feuilles, pseudo-troncs). Pour réduire encore ces apports, des systèmes basés sur un enherbement du grand rang seront prochainement testés.

La mise au point de systèmes de culture basés sur des plantes de couverture peut être limitée par l'apparition de nouveaux bioagresseurs ou le développement accru de bioagresseurs existants (cas des thrips pour les systèmes bananiers).

Par le passé, le sol nu était la référence. La tendance actuelle est à l'utilisation des plantes de couverture vivantes. Le développement de ces pratiques devrait permettre de proposer pour

*P., Mbolidi-Baron H., Soler A., Taupier-Letage B., Toribio A., 2005. "Faisabilité technique de l'Agriculture biologique à la Martinique : Productions", Agriculture biologique en Martinique : quelles perspectives de développement ? (M. François, R. Moreau & B. Sylvander coord.), Paris, Editions IRD, cédérom, pp. 149-233.*

*Ripoche A., 2005. Influence du mode de gestion des terres sur le stockage du Carbone et les propriétés biologiques du sol sur trois types de sols de la Martinique, PRAM-IRD (UR041), Stage obtention du diplôme d'agronomie générale de l'INA P-G, 30 p.*

*Thieuleux L., Recous S., Sierra J. & Osier-Lafontaine H., 2005. Fertilizer use efficiency in banana cropping system, Poster présenté au 41ème congrès annuel de la Société caraïbe pour les plantes alimentaires (10-16 juillet 2005, Le Gosier, Guadeloupe).*

chaque culture un choix de plantes de couverture (adaptées aux conditions pédoclimatiques) et pouvant jouer un rôle annexe (fixation de l'azote, répulsif des parasites de la culture, revenu annexe).

### LA NOUVELLE DYNAMIQUE INITIÉE PAR L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE

Les nouveaux systèmes de cultures pris en exemple pour le contrôle du parasitisme et des adventices, ou l'amélioration de la gestion de la fertilité, illustrent la complexité de systèmes de culture innovants par rapport à une monoculture basée sur une lutte chimique intensive. Les innovations techniques, qu'elles soient destinées à un système de culture biologique ou raisonné, devront prendre en compte les multiples interactions qu'elles engendrent au sein de

l'agrosystème. La recherche devra se focaliser non seulement sur la compréhension fine de chacun des mécanismes biophysiques mais également sur les relations entre ces mécanismes.

Les systèmes d'agriculture raisonnée sont devenus la référence. L'Agriculture biologique, encore plus exigeante, incite agriculteurs et organismes de recherche à développer leurs réflexions et à adapter les systèmes de culture. Ces systèmes, qui n'ont pas vocation à occuper la totalité des zones agricoles, dynamisent l'agriculture et obligent les scientifiques en question certains dogmes. La production biologique est donc un moteur important dans la recherche de pratiques innovantes, plus respectueuses de l'environnement. C'est en raisonnant biologique qu'il convient d'élaborer les futurs systèmes de culture.