

Diversité des processus d'innovation dans les systèmes maraîchers des Niayes (Sénégal) : entre intensification conventionnelle et transition agroécologique

Diversity of innovation processes in the Niayes market gardening system (Senegal): between conventional intensification and agro-ecological transition

Patrick Dugué¹, Victor Kettela², Isabelle Michel², Serge Simon³

¹ Cirad, UMR Innovation, Montpellier, patrick.dugue@cirad.fr

² SupAgro, UMR Innovation, Montpellier, victor.kettela@laposte.net, isabelle.michel@supagro.fr

³ Cirad, UPR Hortsys-Dakar, Sénégal, serge.simon@cirad.fr

RÉSUMÉ. Le développement de la filière maraîchère au Sénégal s'est appuyé sur des innovations techniques comme le motopompage, l'usage d'intrants, l'ombrière-filet... Une enquête auprès de 22 maraîchers de l'agriculture familiale au sud des Niayes a montré la diversité des processus d'innovation et leurs déterminants. L'adoption de l'irrigation localisée (goutte à goutte) a été permise par les échanges entre des ouvriers des entreprises exportatrices de légumes et des maraîchers de la même région. La promotion de l'usage d'intrants naturels (biopesticide, répulsif, fumure organique) répondant à un cahier des charges « agro-écologie » est assurée par une ONG. Enfin, différentes associations de cultures légumières ont été conçues et adoptées par des maraîchers innovateurs isolés pour répondre à la réduction de surface mais n'ont pas encore « diffusées ». Ces exemples mettent en évidence les capacités d'innovation et d'adaptation des producteurs ouest-africains. Ils nous interrogent sur le type de méthodes et d'outils à mettre au point pour accompagner ces processus sans limiter la créativité des agriculteurs ni la flexibilité et les performances des systèmes d'innovation locaux qu'ils ont pu créer.

ABSTRACT. The development of the vegetable sector in Senegal is based on technical innovations such as motor-pumping, use of inputs and net-shades, among others. A survey of 22 market gardeners in southern Niayes shows the diversity of the innovation processes and the common driving factors. Exchanges between workers of vegetable exporters and market gardeners in the same region enabled for the adoption of localized (drip) irrigation. The use of natural inputs (biopesticides, repellents, organic fertilizers) which meet "agro-ecological" specifications is promoted by NGOs. Finally, different vegetable crop associations have been designed and adopted by innovative gardeners to address the reduction of surfaces although they are not yet "disseminated". These examples highlight the capacities of West African farmers to innovate and adapt. They question the type of methods and tools needed to accompany these processes without limiting the creativity of the farmers nor the flexibility and performance of local innovation systems that they managed to create.

MOTS-CLÉS. Innovation, agro-écologie, transition, maraîchage, pratique agricole, agriculture familiale, Niayes, Sénégal.

KEYWORDS. Innovation, agroecology, transition, gardening, farmer practices, family farming, Niayes, Senegal.

Introduction

Le maraîchage est l'un des secteurs de production agricole les plus dynamiques en Afrique Subsaharienne bien qu'il soit très peu connecté aux marchés mondiaux. Les systèmes de production de ce secteur ont rapidement évolué ces 30 dernières années du fait de l'accroissement rapide de la demande en légumes des urbains dont le nombre a fortement progressé (figure 1). Pour cette analyse nous avons retenu deux cultures qui ont été largement adoptées par les consommateurs ces 30 dernières années, le maïs et la tomate et une céréale vivrière traditionnelle le mil. Selon les statistiques FAO la production de maïs a plus que doublé (x par 2,2) entre 1990 et 2014, et sa progression récente est due

aussi à son utilisation dans la production d'aliment du bétail suite au développement de l'élevage à cycle court. La production de tomate a été multipliée par 4 et elle est presque intégralement destinée à la vente en frais avec très peu de transformation et pas d'exportation hors de la zone considérée. Enfin la production du mil a récemment régressé car les consommateurs surtout urbains, se sont détournés de cette céréale vivrière longue à préparer.

Le Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques du Burkina Faso (2007) souligne l'importance croissante du maraîchage dans ce pays avec une augmentation des maraîchers professionnels passant de 70 000 à 96 000 entre 1996 et 2001 et une superficie cultivée qui a augmenté de 7% durant la même période malgré les difficultés d'accès à l'eau d'irrigation dans ce pays. Tous les pays sahéliens ouest-africains sont concernés par cette évolution, le Sénégal en premier lieu, car les conditions de production sont plus favorables au Sahel qu'en zone forestière humide. Les maraîchers sahéliens produisent pour leur pays mais exportent aussi vers les grands marchés plus au sud (Abidjan, Accra, etc.).

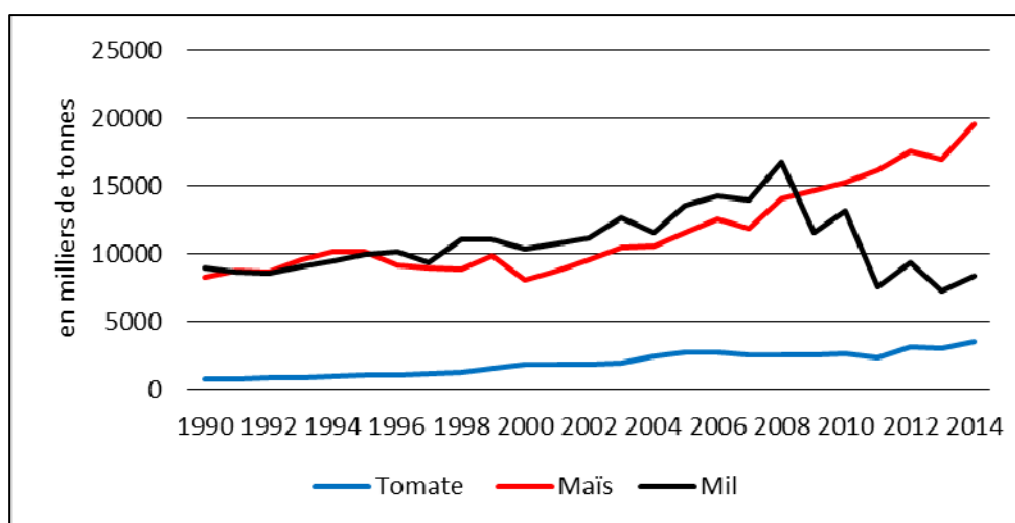


Figure 1. Evolution de la production de tomates et de quelques céréales en Afrique de l'Ouest (source : FAOStat)

Les évolutions les plus remarquables concernent la production alors que les pratiques de mise en marché, de conservation et de transformation des légumes ont relativement peu changé. Ainsi les maraîchers ont adopté massivement les semences améliorées en particulier de tomates, choux, oignon produites par des firmes spécialisées ainsi que les intrants chimiques (engrais et pesticides). Plus récemment une minorité de maraîchers se sont équipés en motopompe et en irrigation localisée ou goutte à goutte (VENOT et al. 2014). Ces innovations s'intègrent dans un processus d'intensification de la production issu du courant de la révolution verte initié dans les années 1960 (DUGUE et al. 2012). Cette intensification qualifiée aujourd'hui de « conventionnelle » a permis un accroissement des quantités produites lié à la réduction de la pression parasitaire, au développement de la fertilisation minérale ainsi qu'à une production étalée presque toute l'année.

Ce processus d'intensification conventionnelle est aujourd'hui questionné par la recherche (DE BON et al. 2014) et la société civile (CISSE et al. 2006) au vue des impacts potentiels des systèmes maraîchers sur l'environnement et la santé des producteurs et des consommateurs. Ainsi ont émergé des collectifs d'acteurs prônant une agriculture durable, des pratiques agro-écologiques et une prise en compte effective des impacts environnementaux des formes actuelles d'agriculture ou des recommandations de la recherche. En Afrique subsaharienne, le maraîchage est souvent mis sur la sellette car (i) il utilise des doses de pesticides plus élevées que les autres cultures annuelles (céréales,

légumineuses...) et pérennes (manguiers, agrumes...), et que (ii) des résidus de pesticides se retrouvent dans les légumes consommés, les sols et les nappes phréatiques (NGOM et al. 2012 ; DIOP 2014). L'objectif de cet article est d'analyser quelques processus d'innovation récents du secteur maraîcher et d'apprécier leurs déterminants exogènes et endogènes. Cette étude s'inscrit dans une initiative de recherche développement portée par le Centre de coopération Internationale de Recherche Agronomique pour le Développement (Cirad) visant la transition agro-écologique des systèmes maraîchers en Afrique de l'ouest.

1. Positionnement théorique

Le terme d'innovation se rapporte ici au processus technique, économique et social de changement accompli par un agriculteur et fondé sur des inventions. L'invention ou la trouvaille (dans notre cas le goutte à goutte, les biopesticides ou une forme nouvelle de mise en marché...) peut être le fait d'un agriculteur, d'une organisation de producteurs, d'un chercheur ou d'un ingénieur d'une firme. L'innovation se définit donc comme une nouvelle façon de faire et de s'organiser (SIBELET et DUGUE 2007) et renvoie à une nouvelle pratique technique ou gestionnaire, ou à une nouvelle combinaison de pratiques (DUGUE et al. 2006 ; BLANCHARD et al. 2013). De ce fait, le processus d'innovation est le fait de l'agriculteur (et pas de l'inventeur). Ce processus dépasse donc la simple mise en œuvre ou adoption d'une technique. L'essentiel de la littérature sur les théories sur l'innovation a concerné les capacités des entrepreneurs et des consommateurs à intégrer dans leurs schémas de pensée et dans la vie courante, des nouvelles techniques et/ou formes d'organisation pour les premiers et à utiliser de nouveaux produits pour les seconds (GAGLIO 2011).

Ici nous abordons l'innovation en agriculture familiale dans les pays du Sud qui rencontre deux types de difficultés :

– L'innovation est le plus souvent perçue par les chercheurs, les ingénieurs et même les agriculteurs comme une nouvelle technique - « l'innovation objet » - sans tenir compte du caractère immatériel de certaines composantes de l'innovation. Les débats entre ces acteurs se focalisent alors sur les performances technico-économiques des nouvelles techniques sans aborder les besoins réels d'innover et les conditions du changement ;

– En empruntant les théories de l'innovation aux mondes de l'entreprise (AKRICH et al. 1988), (LE MASSON et al. 2006), (GAGLIO 2011), l'innovation est déterminée par rapport aux décisions de l'individu « agriculteur » considéré comme un entrepreneur agissant toujours seul. Si on exclut les processus d'apprentissage, peu de travaux ont abordé la question de l'action collective ou de la coordination entre agriculteurs et autres acteurs comme éléments constitutifs du processus d'innovation. En considérant ces deux difficultés nous expliciterons dans un premier temps les processus d'innovation en cours dans la filière maraîchère de la principale région productrice de légumes au Sénégal, les Niayes (figure 2). Nous aborderons les origines de ces processus en particulier en ce qui concerne la transition agro-écologique. En discussion nous aborderons le besoin (i) de comprendre les processus d'innovation paysans ou endogènes et (ii) d'identifier et d'accompagner les systèmes d'innovation en place.

2. Méthodologie

2.1. Contexte

La zone des Niayes, sur la côte ouest du Sénégal entre Saint-Louis et Dakar, s'étend sur une longueur de 180 km et une largeur variant de 5 à 30 km (figure 2). Les Niayes s'inscrivent dans les régions de Dakar, Thiès, Louga et Saint-Louis, qui totalisaient en 2001, 5,5 millions d'habitants, soit 52,5% de la population nationale et une densité moyenne de 193 hab./km² (TOURE et SECK 2005). Cette concentration démographique s'est accompagnée d'une urbanisation rapide en périphérie de

Dakar, phagocytant progressivement les espaces jusqu'alors dédiés à l'agriculture. Bien que connaissant une pluviométrie annuelle modeste ne dépassant pas en moyenne 200 mm au nord et 400 mm au sud, les Niayes bénéficiaient jusqu'alors de conditions favorables à l'irrigation par la présence de nappes d'eaux souterraines à faible profondeur. Cette particularité hydraulique explique l'ancienneté du maraîchage et de l'arboriculture à destination principalement du marché national. La proximité du port et de l'aéroport de Dakar a amené quelques investisseurs à développer plus récemment la production de mangue, d'haricot vert et de tomate cerise pour l'exportation vers l'Europe. L'étude des processus d'innovation a été conduite dans les communautés rurales de Keur Moussa et de Kayar-Diender (figure 2).

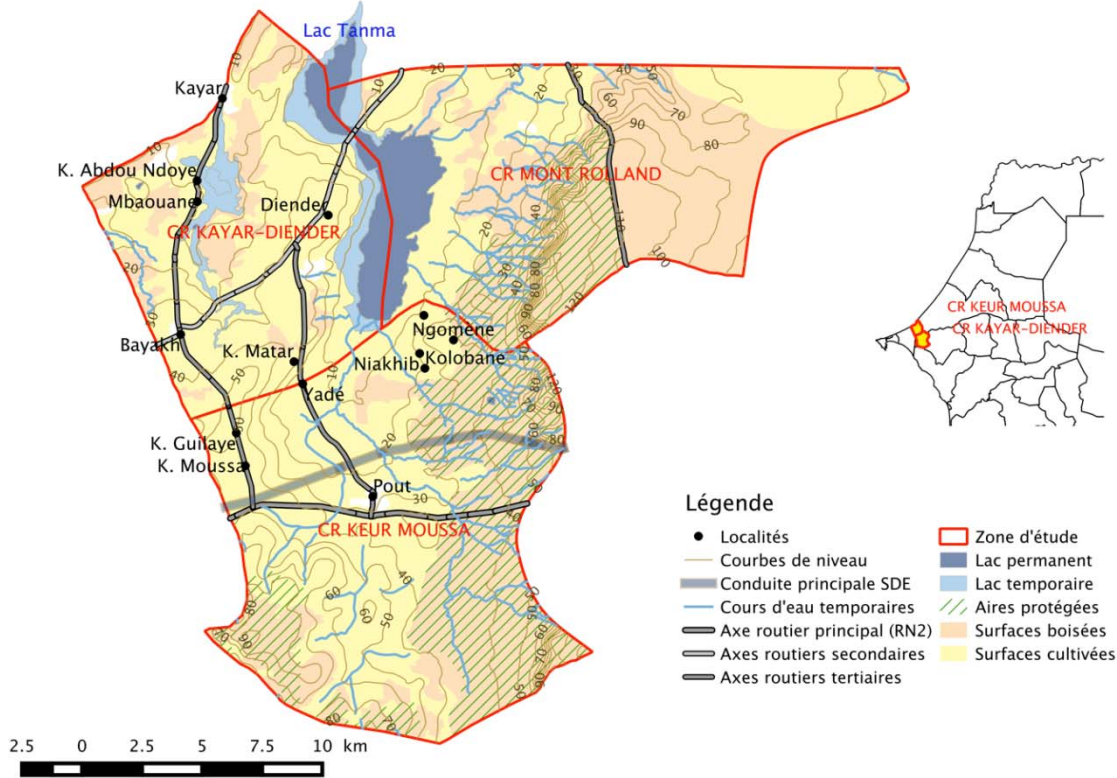


Figure 2. Carte de la zone d'étude et de la partie nord-ouest du Sénégal

2.2. Combinaison de méthodes

La méthodologie utilisée pour cette recherche combine l'analyse des pratiques et du fonctionnement des exploitations (GAFSI et al. 2007) et la traque aux innovations (SALEMBIER et MEYNARD 2012). Des enquêtes ont été réalisées auprès de 22 agriculteurs et ont porté sur leurs trajectoire d'évolution, les logiques de choix d'assolement, de rotation et de techniques et la mobilisation de pratiques de routine ou innovantes (encadré 1). Le repérage des pratiques innovantes a mobilisé les réseaux des techniciens agricoles de la zone d'étude ainsi que des agriculteurs responsables d'organisations professionnelles pour identifier des maraîchers considérés par leurs pairs comme des innovateurs. La zone d'étude correspond à celle ciblée par notre partenaire, l'ONG ENDA-PRONAT¹, les communautés rurales (CR) de Kayar Dinder et Keur Moussa situées à moins de 40 km de Dakar. Dans la première commune, ENDA et la Fédération des agropasteurs de Dinder promeuvent depuis

¹ <http://www.endapronat.org/index.php?lang=fr>. ENDA-PRONAT, l'antenne environnementale de l'ONG sénégalaise ENDA Tiers-Monde, œuvre depuis 1972 dans des projets de formation et d'accompagnement à destination des paysans sénégalais. Elle défend aussi les valeurs du modèle d'agriculture familiale paysanne et lutte contre l'accaparement des terres agricoles. ENDA Tiers-Monde est devenu un réseau international présent dans une dizaine de pays du Sud. Dans la suite du Texte nous avons retenu le terme d'ENDA pour ENDA-PRONAT

plusieurs années le modèle « agriculture saine et durable » (en abrégé ASD) en développant des formations, des champs écoles et des appuis spécifiques facilitant l’approvisionnement en intrants biologiques. Dans la seconde commune, la même ONG a commencé récemment à travailler de la même façon avec la Fédération *Woobin*. Ces acteurs ont conçu pour le Sénégal un cahier des charges ASD assez proche de celui de l’Agriculture Biologique en Europe mais sans système de certification ou de garantie participative. ENDA a appuyé la mise en place d’une coopérative de commercialisation des produits ASD, essentiellement des légumes, dénommée *Sell Sellal* qui intervient dans quelques quartiers de Dakar. Depuis quelques années cette ONG a développé ses actions d’appui au secteur agricole en se basant sur le concept de l’agro-écologie (encadré 2) à la fois pour la production mais aussi pour la commercialisation en rapprochant les consommateurs des producteurs (ENDA, 2010).

Le dispositif a concerné uniquement les Communautés rurales de Kayar – Diender et de Keur Moussa qui ont fait l’objet d’un zonage. Ainsi trois ensembles agroécologiques ont été considérés :

- les vrais niayes : sols à texture sableuse avec accumulation localisée de matière organique au fond des dépressions et accès aisé à l’eau.
- la vallée et le lac asséchés : sol fertile à dominante argileuse, risque d’engorgement en surface en saison des pluies, accès à l’eau d’irrigation difficile car en profondeur.
- les dunes fixées : sols tropicaux non lessivés, peu fertiles, eau en profondeur mais distribution de l’eau par canalisation pour les maraîchers.

22 producteurs ont été repérés dans ces 3 zones selon la méthode décrite ci-dessus. Puis après leur accord, ils ont été enquêtés entre mai et aout 2016 lors de 2 entretiens semi-directifs par producteur (parfois un 3^e passage a été nécessaire). La durée de chaque entretien n’excède pas 1h30. Trois thèmes ont été abordés avec eux : l’historique et la trajectoire d’évolution de leur exploitation agricole puis l’environnement, la structure et l’organisation de l’exploitation aujourd’hui et enfin, le fonctionnement de leur système de production maraîcher et la logique du choix des pratiques agricoles.

Encadré 1. *Le dispositif d’enquête*

L’agro-écologie est un terme polysémique (WEZEL et al. 2009), (INTER-RESEAUX DEVELOPPEMENT 2013). Il s’agit à la fois d’une nouvelle discipline scientifique combinant agronomie et écologie, un ensemble de pratiques et un mouvement social. Dans ce cas il s’agit de concevoir d’une façon systémique des formes d’agriculture durable en considérant (i) des pratiques de production respectueuses de l’environnement et de la santé des humains (DURU et al. 2015) (ii) une organisation des filières et des territoires qui ne marginalise pas certaines catégories de ruraux, (iii) des formes de commercialisation équitables et innovantes et enfin (iv) un recyclage des sous-produits et déchets (notion d’économie circulaire). L’agro-écologie ne correspond pas à un cahier des charges normalisé.

La transition agro-écologique se définit comme les voies de progression d’une agriculture utilisant déjà des intrants chimiques et/ou dégradant l’environnement vers une agriculture plus durable. Il s’agit alors de proposer des alternatives aux producteurs en se basant sur (i) des processus naturels comme l’introduction de légumineuses herbacées ou arborées (CHEVASSUS-AU-LOUIS et GRIFFON 2006) et (ii) des produits de substitution aux intrants chimiques (biopesticides, barrières mécaniques en filet ou film plastique,...). Lorsqu’aucune alternative à ces intrants ou à la mécanisation n’est envisageable, les agriculteurs peuvent toujours utiliser ces intrants de synthèse en veillant à les employer le mieux possible (réduire les doses, utiliser des produits homologués). Cette

démarche est donc progressive et pragmatique mais est considérée par les promoteurs d'une agro-écologie stricte (100% naturelle) comme pas assez en rupture avec l'agriculture conventionnelle dite « industrielle ».

Encadré 2. *L'agro-écologie et la transition agroécologique*

3. Résultats : Une diversité de processus d'innovation technique

3.1. Adoption et adaptation d'une innovation venue des grandes entreprises : le goutte à goutte et le pompage électrique.

Pour un grand nombre d'acteurs ouest-africains du développement agricole, l'irrigation localisée ou « goutte à goutte » était considérée comme trop complexe et trop coûteuse pour être adoptée par des petits maraîchers. Si l'installation dans les parcelles des conduites d'amenée et celles avec les goutteurs ne pose pas de problème, il convient pour que l'irrigation soit bien effectuée, d'apporter un soin particulier au filtrage de l'eau et d'assurer d'une pression homogène dans l'ensemble du dispositif d'irrigation. A cela s'ajoute le fait de devoir mettre en pression l'eau avant de la conduire dans le réseau d'irrigation soit directement par une motopompe thermique ou une pompe électrique, soit par son stockage dans un bassin surélevé de quelques mètres au-dessus du niveau du champ. Dans le passé beaucoup de projets de vulgarisation du goutte à goutte ont échoué au Sénégal et au Burkina Faso car ils étaient basés sur un exhaure et une élévation de l'eau manuels.

Aujourd'hui l'adoption de cette technologie par une catégorie de maraîchers des Niayes et plus largement du centre et du nord du Sénégal est effective. Le processus d'innovation qui a permis cela se caractérise par la conjonction de trois déterminants majeurs :

–La proximité de ces petits maraîchers (parfois moins d'un ha) avec des grandes exploitations capitalistiques produisant pour l'exportation vers l'Europe en hiver et au début du printemps (melon, haricot vert, tomate cerise ...). Ces entreprises ont importé des équipements goutte à goutte d'Europe ou du Moyen Orient, disposent de techniciens installateurs qualifiés et ont systématisé l'usage de l'énergie électrique pour irriguer. Les ouvriers qualifiés de ces sociétés agricoles ont acquis les savoir-faire dans ce secteur et ont pu les mettre à disposition des petits maraîchers. Parfois il s'agit des mêmes personnes. Enfin ces grandes exploitations ont vendu ou donné dans un premier temps, une partie de leurs équipements usagers.

–La baisse importante du prix de la motopompe thermique importée d'Asie du Sud-Est a facilité l'équipement de certaines exploitations familiales. Pour d'autres, l'électrification rurale, encore très partielle, a facilité l'exhaure de l'eau à grande profondeur (au-delà de 10 m et jusqu'à à 100 m parfois) et sa mise en pression. Le prix d'achat et le coût d'entretien d'une pompe électrique étant encore plus bas que celui de la motopompe thermique, à profondeur de pompage équivalente ;

–Les maraîchers et les artisans des villages et des bourgs ruraux ont montré de fortes capacités à adapter cette technologie « goutte à goutte » en bricolant des filtres et des systèmes de fertigation² sans recourir toujours à du matériel importé relativement coûteux.

Ces adaptations de l'innovation considérée initialement complexe et coûteuse, ont permis sa diffusion dans les exploitations pouvant s'équiper et ainsi abandonner le travail manuel d'irrigation très demandeur en travail et très pénible. Le principal impact de cette innovation « bricolée » a été l'augmentation de la surface cultivée et irriguée par exploitation et par actif, pour celles qui disposaient de suffisamment de terre. Un début de spécialisation et de simplification des systèmes de culture

² Il s'agit d'injecter dans le réseau d'irrigation une solution d'engrais minéral.

comportant moins de 5 cultures est observé avec une place importante accordée à l'oignon de saison sèche.

3.2. Un processus d'innovation piloté par un opérateur de développement : l'utilisation des biopesticides et de la fumure organique.

L'agro-écologie prônée par ENDA à l'échelle du Sénégal a surtout été appliquée au maraîchage dans les CR mentionnées précédemment. Cela s'explique par le positionnement idéologique de cette ONG, les constats qu'elle a pu faire dans le passé (ENDA 2010) et les attentes nouvelles des consommateurs. Il y a aujourd'hui une réelle défiance de ceux-ci vis-à-vis de la qualité sanitaire des légumes qui peuvent être contaminés par des résidus de pesticides, des métaux lourds et parfois des germes et bactéries contenus dans les eaux d'irrigation polluées par des eaux usées. Cette défiance est entretenue par le fait que les pouvoirs publics n'agissent pas suffisamment contre les vendeurs et utilisateurs de pesticides non homologués et importés frauduleusement d'Asie du Sud-Est ou du Nigéria.

En développant une filière ASD, l'ONG ENDA souhaite améliorer la qualité des produits alimentaires de base, le fonctionnement biologique des agrosystèmes et la qualité de vie des agriculteurs qui n'auront plus à utiliser d'intrants chimiques. Pour cela ses techniciens ont défini un référentiel technique pour la production et l'utilisation de fumures organiques et des biopesticides³ en lieu et place des engrais minéraux et des pesticides chimiques. Ce référentiel provient principalement de travaux d'expérimentation réalisés en Afrique subsaharienne par différentes ONG dont ENDA. La recherche publique s'est intéressée que récemment à la question de la substitution des intrants chimiques par des intrants biologiques. Sur la base de ce référentiel, les animateurs et techniciens d'ENDA ont proposé aux agriculteurs volontaires des séances d'information et de formation à l'agro-écologie. Des champs école paysan ont été installés et cogérés par l'ONG et les fédérations de producteurs impliquées. Le projet Agro-écologie d'ENDA permet aussi d'apporter un appui matériel à la production ASD par des groupements de femmes dans des jardins collectifs (pompage solaire), à l'approvisionnement en biopesticides et à la commercialisation d'une partie de la récolte via la coopérative *Sell Sellal*.

Au stade actuel le maraîchage ASD a été basé sur un processus de substitution des intrants chimiques par des intrants naturels ou organiques produits sur la ferme ou achetés. Faute d'appui de la recherche, ENDA n'a pas pu engager un véritable processus de re-conception des systèmes de culture. Il n'y a donc pas eu émergence de systèmes de culture innovants en rupture avec les systèmes conventionnels. Les techniciens d'ENDA ont bien proposé des associations de cultures combinant une culture maraîchère principale (choux, tomate) et une culture secondaire comme le basilic qui peut être vendu comme condiment mais qui a un effet répulsif pour divers insectes nuisibles. Par ailleurs le nombre⁴ d'espèces maraîchères en rotation et association dans les parcelles conduites en ASD n'a pas beaucoup évolué. Dans la partie nord de la zone d'étude, dans les Niayes traditionnelles sableuses (KETTELA 2016) la diversification est un processus ancien dû au fait que la surface par maraîcher est très faible et qu'il y a alors nécessité d'accroître le nombre de cycles de culture par an pour dégager un revenu correct. Dans la partie centrale de la zone d'étude, la plaine inondable plus argileuse, la

³ Les biopesticides sont fabriquées à matière de matériel vivant, des végétaux ou des microorganismes. Les plus courants sont à base d'extraits de neem (*Azadirachta indica*) : huile extraite des graines, purin fabriqué avec la poudre de feuilles sèches ou des feuilles fraîches. Ces produits éloignent ou tuent certains insectes. Des produits naturels répulsifs sont fabriqués avec de l'ail ou du piment. En Europe les biopesticides doivent être homologués pour être utilisés en agriculture. Au Sénégal il n'existe pas d'homologation et encore moins de recommandations spécifiques à l'usage des biopesticides fabriqués à la ferme ce qui peut entraîner des risques d'empoisonnement pour le bétail, la microfaune.

⁴ Indicateur de changement des systèmes de culture. L'Agroécologie repose en partie sur l'accroissement de la biodiversité cultivée en s'assurant que les cultures associées sont bien compatibles entre elles ainsi que les cultures en rotation, car les périodes d'inter-culture ne présente pas (ou rarement) de jachère de plus de 2 mois.

spécialisation induite par l'adoption du goutte à goutte a précédé la vulgarisation de l'ASD. Mais les producteurs ne sont pas revenus en arrière et ont adopté l'ASD que sur une faible partie de leur sole maraîchère, principalement pour l'oignon de saison sèche.

L'intérêt des producteurs pour le maraîchage ASD est variable d'une zone à l'autre. Mais dans tous les cas la promesse d'une amélioration de leur revenu par un circuit de commercialisation plus court prime avant leur qualité de vie ou l'objectif de préserver l'environnement et la santé des consommateurs. Toutefois nous avons pu repérer quelques maraîchers sur dans la zone Nord (CR de Keur Diender) qui ont converti l'ensemble de leurs productions en ASD, maraîchers que l'on peut qualifier de « convaincus » et « militants ». Dans les autres cas, surtout au centre et au sud, les producteurs sont plus attentistes ou opportunistes dans la mesure où ils produisent en ASD sur de petites surfaces (i) pour garder un lien avec les projets d'ENDA et la coopérative de commercialisation *Sell Sellal* dans le cas où leur demande en légumes augmenterait massivement et (ii) pour bénéficier d'avantages fournis par ces projets comme l'approvisionnement à crédit en semences, en intrants bio ou conventionnels⁵ (engrais minéraux).

La place du maraîchage ASD dans les exploitations est donc très variable selon les localités et le type d'exploitation. Par exemple dans la plaine inondable où le goutte à goutte a été largement adopté, les producteurs ne peuvent pas convertir toute leur surface d'oignon en ASD (2 à 3 ha, soit près d'une centaine de tonnes de produit) car la coopérative *Sell Sellal* n'est pas en mesure de leur acheter ces grosses quantités. Il n'existe pas d'autres circuits de commercialisation pour un oignon de qualité qui est plus cher à l'achat pour le consommateur. Par ailleurs, selon nos enquêtes, l'oignon ASD coûte un peu plus cher à produire car (i) sa durée de culture et donc d'irrigation augmente de 2 semaines et (ii) il demande de grandes quantités de fumier coûteux à transporter. Les rendements en ASD sont plutôt inférieurs à ceux de l'oignon conventionnel car la fertilisation avec des fumures organiques est plus difficile à piloter qu'avec des engrais minéraux surtout en début de conversion. De plus il existe en ASD un risque non négligeable de ne pas contrôler suffisamment les attaques de bioagresseurs à moins de procéder à de nombreuses pulvérisations de bio-pesticides coûteuses en temps de travail (épandage manuel) et en argent (par exemple, par achat d'un bio-insecticides à base de *Bacillus thuringiensis*) (KETTELA 2016).

3.3. Des innovations peu visibles et portées par les maraîchers.

Nos enquêtes et visites de terrain ont mis en visibilité plusieurs innovations « paysannes » (DUGUE et al. 2006 ; DUGUE et al. 2016) conçues et développées par quelques maraîchers en production conventionnelle ou en ASD. Il s'agit entre autres de nouvelles associations de cultures maraîchères et de l'abandon de la monoculture. Deux formes d'association du concombre et de l'aubergine ont été repérées (figure 3).

⁵ Les 2 Fédérations de producteurs issues du travail d'ENDA organisent l'approvisionnement à crédit en engrais à leurs membres. Même si elles sont engagées dans le projet ASD, elles considèrent qu'il faut soutenir la production conventionnelle qui reste de très loin la plus importante quantitativement et financièrement.

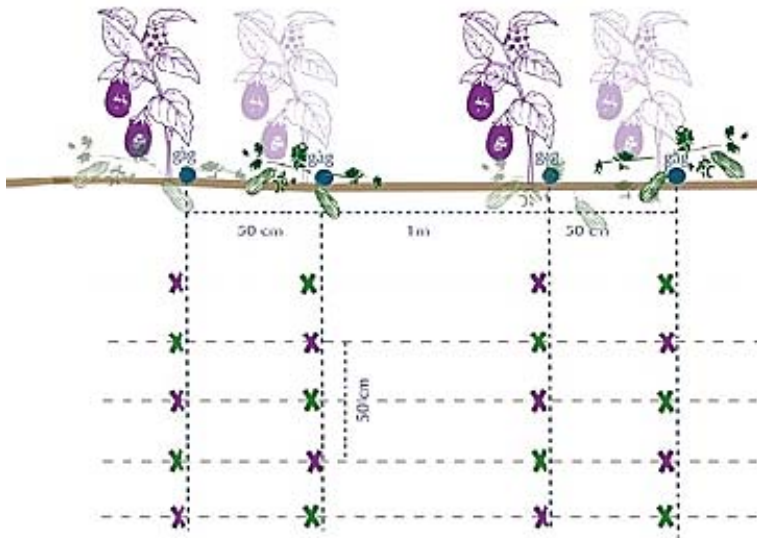


Figure 3 a. Arrangement spatial de l'aubergine (violet) et du concombre (vert) dans le cas d'une association

Dans le premier cas le concombre est semé en saison sèche directement dans la parcelle. Au moment où il arrive en production, des plants bien développés d'aubergine sont repiqués selon un schéma en quinconce entre les pieds de concombre (figure 3 a). La production de concombre se poursuit en mai et juin, la plante est ensuite arrachée car elle supporte difficilement les pluies qui débutent en juillet. A ce moment l'aubergine commence sa production qui s'étale jusqu'en octobre ou novembre (figure 3 b). Dans le second cas (figure 3 c) l'aubergine est repiquée en premier au début de la saison sèche (octobre, novembre). Le concombre est semé 15 jours après entre les pieds d'aubergine. Les deux cultures entrent en production en même temps et la durée de récolte est plus longue que dans le cas précédent.

Dans les deux situations l'objectif de l'agriculture est d'augmenter le revenu par unité de surface en valorisant au mieux l'espace disponible qui pour certains maraîchers est très limité. Enfin, un autre avantage est mis en avant par ces innovateurs : le concombre couvrant le sol pendant la croissance de l'aubergine, limite les opérations de sarclage qui sont alors remplacées par des passages fréquents sur la parcelle pour guider la croissance du concombre et permettre que l'aubergine ne soit pas étouffée par la cucurbitacée. D'autres associations de cultures ont également été observées - chou + aubergine, chou + *jaxatu* (aubergine africaine), concombre + gombo - qui constituent toutes des innovations paysannes très localisées sans processus de diffusion remarquable à ce jour.

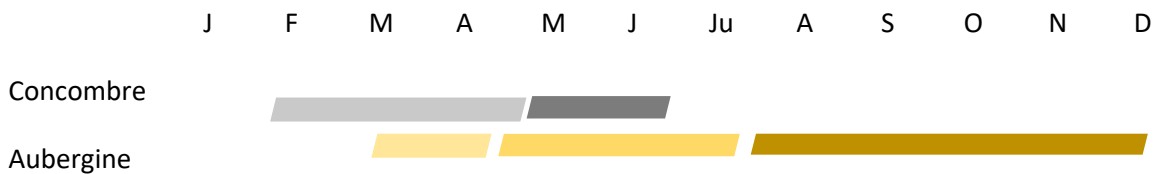


Figure 3 b. Cultures associées, concombre de saison sèche et aubergine de saison des pluies



Figure 3 c. Cultures associées concombre de saison sèche + aubergine de saison sèche et de saison des pluies

L'association de cultures maraîchères pluviales⁶ était une pratique courante dans le passé dans les jardins de case orientés vers l'alimentation des familles des producteurs. Avec l'essor du maraîchage irrigué de saison sèche, activité accompagnée par la recherche et les structures d'appui-conseil, l'association des cultures maraîchères et le maraîchage pluvial ont beaucoup régressé au profit de la culture pure ou monoculture. Ce choix technique était justifié par les agronomes pour assurer un meilleur pilotage de la fertilisation des cultures (avec des engrais) et un meilleur contrôle des parasites en recourant à des pesticides chimiques qui sont souvent spécifiques de familles de cultures.

Les quelques producteurs innovateurs qui ont développé récemment des associations de cultures légumières justifient leur choix par :

–(i) la raréfaction des terres irrigables du fait de l'augmentation du nombre de producteurs (immigration, investisseurs citoyens) et de la division des exploitations familiales suite au décès du chef d'exploitation. Sur une plus petite surface, le producteur doit optimiser l'usage de la terre disponible au fil de l'année, l'alimentation hydrique des cultures n'étant pas un facteur limitant en situation irriguée. Pour cela l'association de cultures maraîchères est une stratégie possible ;

–(ii) le coût élevé des fertilisants dont les prix augmentent régulièrement. Les producteurs considèrent qu'en fractionnant les apports de fertilisants ils utilisent une quantité d'engrais moindre que s'ils cultivaient les deux espèces sur des parcelles séparées. Deux cultures aux systèmes racinaires différents (concombre : enracinement superficiel ; aubergine enracinement avec un pivot profond) vont explorer des volumes de sol différents et limiter de ce fait les pertes en nutriments par lessivage.

Par contre aucun des paysans innovateurs enquêtés n'a mentionné une diminution de la pression des bioagresseurs dans le cas de l'association de cultures. Cet aspect serait à étudier par le suivi dans le temps des populations de ravageurs et de l'importance des maladies fongiques pour apprécier les associations les plus pertinentes face à un accroissement de la pression parasitaire.

Dans le registre des associations de cultures, il faut souligner une innovation de rupture : la combinaison maraîchage arboriculture. Ce système de culture innovant peut associer sur la même parcelle et dans la durée – le temps de vie des arbres fruitiers – manguiers, orangers ou mandariniers et cultures maraîchères. Cette innovation paysanne n'est pas encore étudiée finement par la recherche au Sénégal et nécessite probablement de mieux définir les densités de plantation ad hoc, de développer des techniques de taille des arbres fruitiers pour limiter l'ombrage sans trop affecter leur rendement et de sélectionner les cultures légumières peu sensibles à l'ombrage. Dans ce cas aussi, les agronomes doivent dialoguer avec les arbo-maraîchers innovateurs pour comprendre leurs logiques techniques et économiques et évaluer les effets de ce type d'association sur la fertilité du sol, la circulation et la

⁶ Dans le passé les légumes étaient cultivés sans irrigation durant la saison des pluies afin d'améliorer le régime alimentaire de la famille. Certains légumes comme le gombo étaient séchés pour être conservés durant la saison sèche

valorisation de l'eau d'irrigation et les dynamiques des populations de nuisibles et d'auxiliaires des cultures (GABA et al. 2015).

4. Discussion

4.1. Reconnaître les capacités d'innovation des agriculteurs

La diversité des processus d'innovation mise en relief par ce cas d'étude montre le besoin pour les ingénieurs et les décideurs de relativiser voire d'abandonner le modèle linéaire de l'innovation. Ce modèle considère la primauté du chercheur et de l'ingénieur sur les autres acteurs dans les processus d'innovation. Dans les secteurs de l'industrie et des services, l'innovation n'est plus considérée comme issue uniquement d'un système d'innovation formel c'est-à-dire institutionnalisé et administré. Il est de plus en plus question de favoriser les échanges entre des acteurs émergents comme les startups, les clusters de PME, etc. de façon à favoriser la création et les rapprochements entre concepteurs, utilisateurs et décideurs (SUIRE et al. 2008). Dans le secteur agricole et surtout au Sud, les producteurs, artisans, commerçants peu organisés et mal considérés sont rarement pris en compte par les projets de conception et de promotion de l'innovation. L'asymétrie entre ces acteurs et les ingénieurs et chercheurs en termes de connaissances académiques, de maîtrise d'une langue internationale (anglais, français) et des outils de communication aboutit à une prééminence des « diplômés » dans ces projets et dans les échanges avec les décideurs. Cette asymétrie est accentuée par la place occupée par les représentants des bailleurs de fonds et des organismes de recherche régionaux et internationaux dans la gestion des programmes pour l'innovation.

Pour pouvoir sortir de ce malentendu qui confond invention et innovation, il faut entreprendre un travail de déconstruction objective afin de se débarrasser d'une idéologie « développementaliste » à caractère descendant, techniciste et diffusionniste toujours présente dans les programmes de développement agricole. Tout d'abord les décideurs, ingénieurs et chercheurs doivent reconnaître et savoir déceler les capacités d'innovations de ceux qui font évoluer leur système de production - les agriculteurs et leurs alliés proches (artisans, techniciens, commerçants). Mais cette reconnaissance ne doit pas aboutir à négliger le rôle fondamental que doivent exercer les agents des services agricoles (recherche, formation, vulgarisation, services privés, ...) dans l'accompagnement des processus d'innovation voulus par les paysans. Ces agents doivent rester force de proposition, fournisseurs d'idées nouvelles et d'inventions, et curieux de ce que les paysans eux-mêmes ont entrepris dans ce domaine. Il serait utopiste de croire que tous les problèmes du monde agricole peuvent être résolus par les seuls agriculteurs sans intervention extérieure, ni politique publique.

Cela oblige les ingénieurs à s'intéresser à des systèmes complexes et pas uniquement aux changements techniques. Ainsi la gestion de l'exploitation et l'action collective (organisation paysanne, gestion des territoires et des ressources communes, organisation de services) sont reconnues comme des objets de recherche et des niveaux d'intervention pour l'innovation. Les produits attendus de la recherche ne sont donc pas seulement des inventions mais aussi des méthodes/démarches pour accompagner les processus d'innovation. Ainsi la co-conception ou la co-production d'innovations impliquent le changement de posture des chercheurs et des ingénieurs qui doivent accepter la confrontation, les échanges avec les autres acteurs des processus d'innovation. De cet enseignement découle le concept de système d'innovation (TOUZARD et al. 2014) qui reconnaît la pluralité de ces acteurs, leurs enrichissements mutuels et l'importance des processus d'apprentissage entre acteurs d'origines différentes.

4.2. Pourquoi les agronomes doivent-ils à s'intéresser à l'innovation paysanne ?

Dans les exploitations maraîchères des Niayes nous avons distingué des processus d'innovation « portés » par les organismes de développement (le passage à l'agriculture saine et durable promue par ENDA) et d'autres, totalement ou partiellement issus du monde paysan (goutte à goutte bricolé,

associations de cultures légumières, arbo-maraîchage, etc.). Les agronomes qui ont pour mission d'aider à la prise de décision (orienter les politiques publiques) et d'accompagner et d'enrichir les processus d'innovation doivent d'abord prendre le temps d'analyser les processus d'innovation endogènes en émergence (tableau 1). Cette activité est une façon intelligente de bien comprendre les attentes et besoins des agriculteurs puisque ces processus correspondent à un engagement (individuel ou collectif) de leur part.

Type de processus d'innovation	Origine de l'invention et période d'émergence	Appuis extérieurs à la communauté paysanne	Coûts d'investissement et de production	Facilité d'usage	Adoption/ Diffusion
Irrigation localisée (Goutte à Goutte)	Exogène (grandes sociétés maraîchères exportatrices importateurs d'équipement) 2000- 2005	Limités (les ouvriers spécialisés)	Elevé pour l'équipement et le fonctionnement (énergie)	Forte	Large dans la catégorie des maraîchers assez aisés
Agriculture saine et durable (ASD)	Europe (les filières Bio), au Sénégal : les ONG, consommateurs étrangers. 2005 - 2010	Techniciens des projets et ONGs	Moyen (coût des bio-intrants)	Faible (demande du temps d'observation et de présence sur les champs)	Faible
Association de cultures maraîchères	Endogène 2000-2015	Néant	Faible	Forte	Faible à très faible

Tableau 1. Comparaison des 3 processus d'innovation étudiés

Par ailleurs l'innovation paysanne peut être une source d'inspiration pour les agronomes engagés dans la co-conception de systèmes agricoles innovants. Ainsi en France les agriculteurs adoptant des modes de production alternatifs (agriculture bio, agriculture à bas niveau d'intrants, agriculture de conservation sans labour) sont pour certains d'entre eux des inventeurs ou des moteurs du processus d'innovation (GOULET et al. 2012). Pour enrichir les processus de conception l'agronome a tout intérêt à étudier les changements en cours ou passés dans les exploitations des innovateurs que SALEMBIER et MEYNARD (2013) ont appelé « traque à l'innovation ». Cette façon de faire de l'agronome est d'autant plus importante lorsque la littérature scientifique n'est pas en mesure de fournir des références sur certains phénomènes (interaction entre cultures et la biocénose dans le cas d'associations) ou lorsque les financements manquent pour réaliser plusieurs séries d'essais en station expérimentale parfois sur une longue période⁷. Les nouvelles démarches de conception de systèmes agricoles innovants combinent alors des méthodes rodées (analyse des pratiques, diagnostic

⁷ Dans le cas de la conception de systèmes arboricoles pérennes qui nécessite une longue période d'expérimentation et d'observation, 10 ans voire plus, avant l'obtention de références scientifiquement incontestables

agronomique, sociologie de l'innovation) et d'autres plus récentes (modélisation des systèmes de culture et de production, recherche action en partenariat, traque à l'innovation). Si l'agronome et les collectifs d'acteurs qu'il accompagne trouvent des idées nouvelles en étudiant les pratiques innovantes de certains agriculteurs, ils devront aussi analyser finement ces pratiques et leurs impacts sur les performances des systèmes de production et sur les différents compartiments de l'environnement (sol, eau, air,...). Les agriculteurs ont des bonnes raisons de faire ce qu'ils font mais leurs pratiques et nouvelles façons de produire doivent aussi être mises en débat car elles sont perfectibles.

Quatre domaines de recherche action sont envisageables :

- Poursuivre l'évaluation des innovations présentées ci-dessus, en particulier les associations de cultures et les bio-pesticides. Quels sont les effets de ces innovations sur la régulation des parasites et maladies fongiques ? Quels sont les coûts de production (financiers, en temps de travail) et les bénéfices obtenus comparés à ceux des systèmes de culture conventionnels ? Ces innovations améliorent-elles la résilience des systèmes de production en cas d'aléas climatiques ? ;
- Maintenir une veille afin de continuer le repérage d'autres innovations émergentes issues des exploitations familiales, des entreprises ou des programmes pilotés par les structures de recherche et de développement (pompage solaire, arbo-maraîchage, etc.) ;
- Préciser les effets des différents types de fumure organique en termes d'apports de nutriments aux cultures, d'activation de la vie biologique des sols et de pollution des sols par des produits indésirables comme les métaux lourds, les résidus d'antibiotiques utilisés en production animale intensive ;
- Expérimenter des espaces de dialogue entre innovateurs de différentes origines (producteurs, transformateurs, artisans, industriels, chercheurs) comme une foire locale à l'innovation agricole et en évaluer les impacts en termes d'apprentissages et de changements techniques.

Encadré 3. Pistes pour la poursuite des recherches sur l'innovation dans la région des Niayes

4.3. Comment accompagner les processus d'innovation ?

Le succès des processus d'innovation en termes de résolution de problèmes, d'amélioration des performances et de diffusion de l'innovation n'est pas étranger à la structure et au fonctionnement des systèmes d'innovation associés. Dans le cas des associations de cultures maraîchères, nous avons repéré très peu d'agriculteurs innovateurs alors que l'innovation en soit est peu coûteuse et facile d'emploi. Certes elle est spécifique aux exploitations rencontrant une forte contrainte foncière mais cette situation est tout de même fréquente dans les Niayes. Les agriculteurs innovateurs dans ce cas sont probablement assez isolés socialement ou ne souhaitent pas faire part de leur invention afin d'en être les seuls bénéficiaires. Par ailleurs les autres maraîchers peuvent considérer que les associations de cultures sont d'un autre temps puisque les agronomes et vulgarisateurs prônent la culture pure depuis plus de 30 ans (CDH 1987).

Inversement la diffusion du goutte à goutte montre depuis une décennie un grand dynamisme alors que bon nombre d'agronomes et de décideurs publics considèrent encore que cette technologie n'est pas à la portée des petites exploitations familiales. Comme au Maghreb (AMEUR et al. 2013), (BENOUNICHE et al. 2016), (DUGUE et al. 2014) les systèmes d'innovation associés au goutte à goutte des Niayes sont pluri-acteurs et dynamiques car ils associent maraîchers, ouvriers spécialisés, artisans et commerçants qui ont tout intérêt à voir cette technologie se diffuser. Dans ces deux cas d'innovation les chercheurs et développeurs sont quasiment absents des systèmes d'innovation. Au Sénégal et dans la majorité des pays subsahariens, les ratios chercheurs/agriculteurs et

conseillers/agriculteurs sont bien plus faibles que dans les pays du Nord. Les agriculteurs sont donc souvent amenés à innover eux-mêmes, individuellement ou au sein de petit collectif.

Dans ce contexte comment accompagner ces processus d'innovation endogènes qui connaissent un succès certain sans modifier notablement les systèmes d'innovation qui les portent et qui ont fait leurs preuves ? Quelles formes d'accompagnement est-il souhaitable de développer afin que ces processus donnent encore plus de satisfaction aux agriculteurs ainsi qu'à la filière horticole. Là encore les postures directives et descendantes des agronomes doivent laisser la place aux principes de la recherche action en partenariat (COUDEL et al. 2014). Vouloir normaliser ces processus, les réglementer et les encadrer serait contre-productif et à contre-courant les théories en cours sur l'accompagnement de l'innovation. Par ailleurs le ratio agriculteurs/conseillers agricoles ayant peu de chance d'augmenter, il convient après la phase de co-conception des innovations de favoriser pour leur diffusion les approches « Farmer to Farmer Extension » qui demande au conseiller d'adopter une posture non plus de prescripteur mais d'animateur d'actions collectives de vulgarisation (KIPTOT et FRANZEL 2014).

Dans ce contexte l'évaluation de ces innovations selon une batterie d'indicateurs sociaux, économiques, agronomiques et environnementaux, demeure une activité de base des agronomes et des autres scientifiques (TRIOMPHE et al. 2015), (TEMPLE et al. 2016). Mais pour cela deux voies d'amélioration doivent être envisagées par toutes les parties-prenantes :

– Les méthodes d'évaluation et de mesure des effets et des impacts des innovations doivent progresser et être plus accessibles ou faciles d'emploi (coût, durée) ;

– Ces méthodes doivent être plus participatives et intégrer les points de vue des agriculteurs, sinon elles risquent d'être considérées uniquement comme des outils de contrôle, de sanction et d'encadrement des initiatives paysannes.

5. Conclusion

Le développement de la filière maraîchère au Sénégal et en particulier dans la région des Niayes, s'accompagne d'un ensemble de processus d'innovation qui concerne principalement les systèmes de production et peu les activités en aval. Ces processus peuvent être portés par des acteurs du développement en particulier les chercheurs et ingénieurs des projets mais aussi directement par des agriculteurs sans qu'ils bénéficient d'un accompagnement de personnes extérieures à leur zone de production et à leur système d'innovation. A ce jour les processus d'innovation portés par les maraîchers visent d'abord à mieux valoriser les surfaces irrigables disponibles, dans des situations foncières très limitantes (association de cultures, arbo-maraîchage) ou moins limitantes (goutte à goutte). La transition agro-écologique de ces systèmes de production est surtout promue par les ONG et certains projets de recherche mais ne fait pas encore l'objet d'une politique publique volontariste.

D'un point de vue technique, le maraîchage « agro-écologique » observé chez quelques producteurs est né de la substitution des intrants chimiques par des intrants naturels acceptés en agriculture biologique. A ce jour les acteurs de la filière, en particulier les chercheurs, n'ont pas œuvré à la re-conception des systèmes de culture et de production pour aboutir à des innovations de rupture. Le concept de transition agroécologique de l'agriculture impose d'aller au-delà d'une substitution des intrants chimiques en mettant en œuvre (i) des processus de re-conception des façons de produire et (ii) des nouveaux modes de coordination et d'apprentissage entre acteurs dans les filières et les territoires (DURU et al. 2014). Il s'agit donc d'un processus d'innovation combinant changements agronomiques, socio-économiques, organisationnels et institutionnels.

Bibliographie

- AKRICH M., CALLON M., LATOUR B., « Quoi tient le succès des innovations ? Le choix des porte-parole » *Gérer et Comprendre. Ann. Mines* 12, p. 4–29, 1988.
- AMEUR F., HAMAMOUCHE M.F., KUPER M., BENOUNICHE M., « La domestication d'une innovation technique : la diffusion de l'irrigation au goutte-à-goutte dans deux douars au Maroc » *Cahiers Agricultures*, 22 (4), 311-318, 2013.
- BENOUNICHE M., ERRAHJ M., KUPER M., “The seductive power of an innovation: Enrolling non-conventional actors in a drip irrigation community in Morocco” *Journal of Agricultural Education and Extension*, 22 (1) p. 61-79, 2016.
- BLANCHARD M., VAYSSIÈRES J., DUGUÉ P., VALL E., “Local technical knowledge and efficiency of organic fertilizer production in South Mali: Diversity of practices” *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 37 (6), p 672-699, 2013.
- CDH., *Guide pratique du maraîchage au Sénégal*, ISRA Centre de Développement de l’Horticulture, 1987.
- CHEVASSUS-AU-LOUIS B., GRIFFON M., *La Nouvelle Modernité : Une Agriculture productive à Haute Valeur Écologique*. Demeter, 2008.
- CISSÉ I., FALL S., BADIANE M., DIOP Y., A. DIOUF A., *Horticulture et usage des pesticides dans la zone des Niayes au Sénégal*. GRET-Ecocité, 2006.
- COUDEL E. (ED.), DEVAUTOUR H. (ED.), SOULARD C.T. (ED.), FAURE G. (ED.), HUBERT B. (ED.), *Apprendre à innover dans un monde incertain : concevoir les futurs de l'agriculture et de l'alimentation*. Versailles : Ed. Quae, 2012.
- DIOP A., *Diagnostic des pratiques d'utilisation et quantification des pesticides dans la zone des Niayes de Dakar (Sénégal)*. Thèse de doctorat en chimie. École doctorale Sciences de la matière, du rayonnement et de l'environnement, Villeneuve d'Ascq, 2014.
- DE BON H., HUAT J., PARROT L., SINZOGAN A., MARTIN T., MALÉZIEUX E., VAYSSIÈRES J.F., « Pesticide risks from fruit and vegetable pest management by small farmers in sub-Saharan Africa. A review” *Agronomy for Sustainable Development*, 34 (4), p 723-736, 2014..
- DUGUÉ P., AUTFRAY P., BLANCHARD M., DJAMEN NANA P., DONGMO A.L., GIRARD P., OLINA J.P., OUEDRAGO S., SISSOKO F., VALL E., “L'agroécologie pour l'agriculture familiale dans les pays du Sud : impasse ou voie d'avenir ? Le cas des zones de savane cotonnière de l'Afrique de l'Ouest et du Centre ». In : Diouf Abdou (ed.). Colloque "René Dumont revisité et les politiques agricoles africaines", 15 et 16 novembre 2012. Paris : GRET, (France) 2012.
- DUGUÉ P., MATHIEU B., SIBELET N., SEUGÉ C., VALL E., CATHALA M., OLINA J.P., *Les paysans innoveront, que font les agronomes ? Le cas des systèmes de culture en zone cotonnière du Cameroun*. In : Caneill Jacques (ed.). *Agronomes et innovations : 3ème édition des entretiens du Pradel*. Actes du colloque des 8-10 septembre 2004. Paris : L'Harmattan 2006.
- DUGUÉ P., LEJARS C., AMEUR F., AMICHI F., BRAIKI H., BURTE J., ERRAHJ M., HAMAMOUCHE M.F., KUPER M. « Recompositions des agricultures familiales : une analyse comparative dans trois situations d'irrigation avec les eaux souterraines » *Tiers Monde* (220) p 99-118, 2014.
- DURU M., FARES M, THEROND O., “Un cadre conceptuel pour penser maintenant (et organiser demain) la transition agroécologique de l'agriculture dans les territoires » *Cahiers Agricultures* vol. 23, p 84-95, 2014.
- DURU M., THEROND O., MARTIN G., MARTIN-CLOUAIRE R., MAGNE M.-A., JUSTES E., JOURNET E.-P., “How to Implement Biodiversity-Based Agriculture to Enhance Ecosystem Services: A Review” *Agronomy for Sustainable Development* 35 (4), 2015.
- GABA S., LESCOURRET F., BOUDSOCQ S., ENJALBERT J., HINSINGER P., JOURNET E.P., NAVAS M.L., WERY J., LOUARN G., MALÉZIEUX E., PELZER E., PRUDENT M., OZIER-LAFONTAINE H., “Multiple cropping systems as drivers for providing multiple ecosystem services: from concepts to design” *Agronomy for Sustainable Development*, 35 (2), p 607-623, 2015.
- GAFSI M. (ED.), DUGUÉ P. (ED.), JAMIN J.Y. (ED.), BROSSIER J. (ED.). 2007. *Exploitations agricoles familiales en Afrique de l'Ouest et du Centre : enjeux, caractéristiques et éléments de gestion*. Versailles : Ed. Quae (coll. Synthèses), 2007.
- GOULET F., VINCK D., « L'innovation par retrait : contribution à une sociologie du détachement » *Revue Française de Sociologie*, 2 (53), p 195-224, 2012.
- GAGLIO G., *Sociologie de l'innovation*. Que sais-je ? n° 3921. Paris : Presses universitaires de France, 2011.

- ENDA PRONAT et la Fédération Woobin. Cahier des charges de l'Agriculture Saine et Durable (consulté le 1/12/2016). www.endapronat.org
- ENDA PRONAT, *Des pesticides à une agriculture saine et durable. La souveraineté des peuples*. ENDA PRONAT Dakar, 2010.
- INTER-RÉSEAUX, « Agroécologie en Afrique de l'Ouest et du Centre : réalités et perspectives » *Revue Grain de Sel*, n° 63-66, 2013.
- KETTELA V., *Dynamiques de transition agroécologique du maraîchage dans la zone Sud des Niayes, Sénégal. Évolutions des pratiques agricoles et innovations*. Mémoire d'Ingénieur, IRC SupAgro, option RESAD, Montpellier : SupAgro, 2016.
- KIPTOT E., FRANZEL S., "Voluntarism as an investment in human, social and financial capital: evidence from a farmer-to-farmer extension program in Kenya" *Agriculture and Human Values*, 31(2), p 231-243, 2014.
- LE MASSON P., WEIL B., HATCHUEL A., *Les processus d'innovation : conception innovante et croissance des entreprises*. Paris : Hermès Lavoisier, 2006.
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE L'HYDRAULIQUE ET DES RESSOURCES HALIEUTIQUES (MAHRH). *Analyse de la filière maraîchage au Burkina Faso*. Ouagadougou, 2007.
- NGOM S., T. SEYDOU M. B., THIAM M., « Contamination des produits agricoles et de la nappe phréatique par les pesticides dans la zone des Niayes au Sénégal ». *Rev. Sci. Technol.*, Synthèse 25, p.119- 130, 2012.
- SALEMBIER C., MEYNARD J-M., « Evaluation de systèmes de culture innovants conçus par des agriculteurs : un exemple dans la Pampa Argentine » *Innovations Agronomiques* vol. n°31, p 27-44, 2013.
- SIBELET N., DUGUÉ P., *Processus d'innovation dans les exploitations familiales*. In : Gafsi Mohamed (ed.), Dugué Patrick (ed.), Jamin Jean-Yves (ed.), Brossier Jacques (ed.). *Exploitations agricoles familiales en Afrique de l'Ouest et du Centre : enjeux, caractéristiques et éléments de gestion*. Versailles : Ed. Quae, 2007.
- SUIRE, R., VICENTE, J., « Théorie économique des clusters et management des réseaux d'entreprises innovantes » *Revue française de gestion*, (4), p. 119-136 , 2008.
- TEMPLE L., BIÉNABE E., BARRET D., SAINT-MARTIN G., "Methods for assessing the impact of research on innovation and development in the agriculture and food sectors" *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, 8 (5-6), p. 399-410, 2016.
- TOURÉ O., SECK M., *Exploitations familiales et entreprises agricoles dans la zone des Niayes au Sénégal*. London : IIED, dossier n°133, 2005.
- TOUZARD J.M., TEMPLE L., FAURE G., TRIOMPHE B., "Innovation systems and knowledge communities in the agriculture and agrifood sector: a literature review" *Journal of Innovation Economics*, 17 (2), p.117-142, 2015.
- TRIOMPHE B., BARRET D., CLAVEL D., DABAT M.H., DEVAUX-SPATARAKIS A., FAURE G., HAINZELIN E., MATHE S., TEMPLE L., TOILLIER A., *Towards a generic, comprehensive and participatory approach for assessing the impact of agricultural research in developing countries*. Paris: INRA, Impacts of Agricultural Research - an Approach of Societal Values, 2015-11-03/2015-11-04, Paris (France). 2015.
- VENOT J.P., ZWARTEVEEN M., KUPER M., BOESVELD H., BOSSENBROEK L., VAN DER KOOIJ S., WANVOEKE J., BENOUNICHE M., ERRAHJ M., DE FRAITURE C., VERMA S., "Beyond the promises of technology: A review of the discourses and actors who make drip irrigation. *Irrigation and Drainage*, 63 (2), 186-194, 2014.
- WEZEL A., BELLON S., DORÉ T., FRANCIS C., VALLOD D., DAVID C., "Agroecology as a science, a movement and a practice. A review" *Agronomy for sustainable development*, 29(4), p 503-515, 2009.