HAL
open science

L'intensification écologique : réflexions pour la mise en pratique de ce concept dans les zones de savane d'Afrique de l'Ouest

Patrick Patrick.Dugue@cirad.Fr Dugué, Jonathan Vayssieres, Eduardo Chia, Souleymane Ouedraogo, Michel Havard, Doubangolo Coulibaly, Hassan B. Nacro, Sissoko Fagaye, Mamoudou Sangare, Eric Vall

To cite this version:

Patrick Patrick.Dugue@cirad.Fr Dugué, Jonathan Vayssieres, Eduardo Chia, Souleymane Ouedraogo, Michel Havard, et al.. L'intensification écologique : réflexions pour la mise en pratique de ce concept dans les zones de savane d'Afrique de l'Ouest. Partenariat, modélisation, expérimentations : quelles leçons pour la conception de l'innovation et l'intensification écologique ?, Labo/service de l'auteur, Ville service., Nov 2011, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 15 p. hal-00718387

HAL Id: hal-00718387

https://hal.science/hal-00718387v1

Submitted on 16 Jul 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Vall E., Andrieu N., Chia E., Nacro H. B. (éditeurs scientifiques), 2012. Partenariat, modélisation, expérimentation : quelles leçons pour la conception de l'innovation et l'intensification écologique. Actes du séminaire ASAP, novembre 2011, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, Cédérom.

L'intensification écologique : réflexions pour la mise en pratique de ce concept dans les zones de savane d'Afrique de l'Ouest

Patrick DUGUÉ*, Jonathan VAYSSIERES**, Eduardo CHIA*[2], Souleymane OUEDRAOGO***, Michel HAVARD*, Doubangolo COULIBALY*****, Hassan B. NACRO****, Fagaye SISSOKO*****, Mamoudou SANGARE******, Eric VALL**

*CIRAD, UMR innovation, F-34398 Montpellier, France

*[2]INRA, UMR Innovation, Montpellier, France
CIRAD, UMR innovation, F-34398 Montpellier, France

**CIRAD, UMR SELMET, F-34398 Montpellier, France

***INERA, GRN-SP, Bobo Dioulasso, Burkina Faso

****IDR, UPB, Bobo Dioulasso, Burkina-Faso

*****IER, Sikasso, Mali

******CIRDES, Bobo-Dioulasso , Burkina Faso

Résumé — L'intensification écologique : réflexions pour la mise en pratique de ce concept dans les zones de savane d'Afrique de l'Ouest. Les modèles d'agriculture technicistes et productivistes de la révolution verte ont montré leurs limites en particulier en terme de durabilité écologique et économique. Le concept d'intensification écologique (IE) a vu le jour pour répondre à ces limites et anticiper sur les évolutions probables des conditions de production en termes de raréfaction de la terre et des énergies fossiles. Il prend sa source dans celui de développement durable et cherche à rapprocher l'agronomie, l'écologie et les sciences sociales. Partant des grands enjeux régionaux et des débats sociétaux qui concernent les systèmes agricoles locaux, cette communication propose une définition contextualisée de l'IE sur la base des expériences du collectif ASAP et des travaux menés dans la région. En Afrique de l'ouest, l'IE doit viser, en premier lieu, l'accroissement de la productivité de la terre par une valorisation efficace des ressources locales sans pour autant écarter l'utilisation raisonnée et efficiente des intrants. Ainsi, une des pistes à privilégier pour ce collectif, est l'intégration agriculture-élevage qui doit être abordée en termes de système et pas seulement d'une diversité de techniques. Cette conception de l'IE nous incite, à la fois à renforcer nos activités de recherche systémiques, multi-échelles et pluridisciplinaires, et à nous intéresser à l'accompagnement des producteurs, l'organisation des marchés et la gouvernance territoriale.

Introduction

Dans les pays du Nord, comme dans certains pays émergeants, l'agriculture conventionnelle fondée sur un modèle d'inspiration industrielle a montré une capacité d'accroissement colossale de la production agricole et de la productivité de la terre et du travail. Mais aujourd'hui, compte tenu de ses impacts négatifs sur les écosystèmes on s'interroge de plus en plus sur la durabilité environnementale de ce type d'agriculture. Les récentes crises agricoles (surproduction, vache folle, pollution des nappes phréatiques et des estuaires, etc.) et l'émergence du concept de Développement durable ont amené un certain nombre de chercheurs et de décideurs politiques à repenser les modèles de production agricole et leurs rapports à la société. Après la période de la révolution verte (1950 – 1980) et de celle de l'agriculture administrée par l'Union européenne, il s'agirait de concevoir une agriculture qui permette à la fois de maintenir, voire d'augmenter la production agricole et les revenus des producteurs en tirant un meilleur parti des ressources des écosystèmes tout en les protégeant pour les générations futures. En effet, la question de la sécurité alimentaire à l'échelle de la planète et en particulier pour les régions les plus déficitaires, est de plus en plus prenante (De Schutter, 2010 et 2011). Elle est en grande partie liée à celles (i) de la croissance de la population mondiale et donc de la

demande alimentaire, (ii) de l'évolution des habitudes alimentaires (consommation plus ou moins importantes de produits animaux), (iii) des changements climatiques et enfin (iv) du changement d'affectation des terres (production vivrière, de rente et de biocarburant, défrichement de forêt) (Dabat, 2011).

Comment dès lors, concevoir une agriculture à la fois plus productive et plus durable ? Une agriculture plus productive doit satisfaire l'accroissement de la demande quantitative et qualitative en produits agricoles (alimentaires et non alimentaires). Une agriculture plus durable, doit contribuer à préserver les fonctions des écosystèmes nécessaires à sa propre viabilité et pourquoi pas génératrice d'une valeur ajoutée environnementale. C'est le grand défit qui a été résumé dans le concept d'IE (Chevassus-au-Louis 2006, Chevassus-au-Louis et Griffon, 2008 ; Griffon, 2009 ;). Cependant ce concept est issu d'une vision globale, il a une portée générique, et les objectifs que sous-tend l'IE ne sont pas les mêmes selon les régions. Ainsi pour les pays du Nord il s'agit de produire « mieux » et « différemment » (Eastes, 2010), alors que pour les pays du Sud la question est avant tout de produire « plus » en faisant face aux divers aléas.

Le collectif de chercheurs ASAP, qui réunit des institutions du Sud (IER au Mali ; INERA, IDR/UPB et CIRDES au Burkina Faso) et du Nord (Cirad) se propose de contribuer dans un projet scientifique d'intérêt partagé, à la réflexion sur les implications de l'IE dans les systèmes agrosylvopastoraux des zones de savane cotonnière du Burkina Faso et du Mali. Ce collectif a dans un premier temps choisi d'interroger ses travaux de recherche sur les systèmes agropastoraux, pour contribuer aux débats sur l'IE. L'objectif de cette communication est de discuter du concept d'IE selon différents points de vue disciplinaires et de proposer une définition de l'IE contextualisée aux zones de savane d'Afrique de l'Ouest en vue des futurs travaux de recherche qui y seront menés.

Dans une première partie on caractérisera quelques évolutions importantes de l'agriculture de l'Afrique subsaharienne et de son environnement. Nous discuterons, ensuite, les concepts d'intensification et d'intensification écologique en regard des autres courants de pensée et d'action du développement durable de l'agriculture durable. Enfin, dans une troisième partie, nous discuterons de ce que l'IE signifie en Afrique de l'ouest compte-tenu des spécificités du contexte et des systèmes agricoles observés.

Cette communication s'appuie sur une revue bibliographique sélective comprenant les textes fondateurs de la révolution doublement verte (Conway 1997), de l'IE (Griffon 2009, Doré *et al.*, 2011 ; Bonny, 2010), des ouvrages et des articles scientifiques traitant de l'agroécologie (Altieri 1986, Altieri 2002, Wezel *et al.*, 2009), l'agriculture durable et l'intensification durable. A cela s'ajoute des rapports et documents émanant d'institutions comme l'ONU (De Schutter 2010 et 2011), la FAO (FAO 2008, FAO 2011) et la Banque mondiale (Banque mondiale, 2009). Cette revue a été réalisée selon plusieurs points de vue disciplinaires (agronomie, zootechnie, économie, géographie et sciences de gestion). Nous sommes bien conscients qu'une partie limitée de la littérature a été consultée. Nous avons privilégié les articles de synthèse ou de revue.

Historique des modèles de production agricole en Afrique de l'Ouest

Années 1960-1990 : la première tentative de la révolution verte africaine

Dans les années 1960-1990, le développement agricole et rural en Afrique de l'ouest visait l'accroissement de la productivité et de la production pour garantir la sécurité alimentaire des populations et fournir des devises aux États (exportation du coton et dans une moindre mesure pour la zone des savanes de l'arachide, du sésame,…). La modernisation de l'agriculture était fondée sur les principes de la révolution verte (Bazlul, 1986) : utilisation des variétés améliorées, fertilisation minérale, travail du sol mécanisé, culture pure. La révolution verte n'a pas obtenu les mêmes résultats en Afrique de l'Ouest qu'en Asie du fait du faible développement de l'irrigation et de la faiblesse des politiques agricoles (Sumberg, 2002). Les systèmes de cultures pluviaux sont dépendants des aléas climatiques ce qui rend difficile tous processus d'intensification basés sur la mobilisation du capital financier.

Années 1990 : la première tentative d'écologisation et d'autonomisation des systèmes agricoles africains

Dans les années 1990, certains chercheurs mais aussi des techniciens du développement public et des ONG ont pris conscience des limites du modèle de la révolution verte dans ce contexte régional.

Premièrement le modèle d'agriculture « productiviste » qui en découle fait peser des risques sur l'environnement : dégradation des sols du fait du travail du sol répété, extension des surfaces cultivées par actif donc défrichement accru du fait de la mécanisation (culture attelée), réduction des espaces de

jachères et de parcours naturels entrainant un surpâturage des parcours résiduels. La revue des projets de recherche depuis un demi-siècle en Afrique subsaharienne montre que les agronomes (y compris les zootechniciens) se sont, à cette époque, fortement intéressés à l'amélioration de la gestion des ressources naturelles bases de la production agricole (Milleville et Serpantié, 1994). La gestion de la fertilité du sol et des parcours a fait l'objet de nombreuses publications et recommandations pour le développement. L'intégration agriculture élevage (dont production de fumure organique) et les aménagements antiérosifs étaient déjà fortement considérées mais sous l'angle de la technique.

Deuxièmement, le modèle « productiviste » nécessite des moyens financiers importants (achat d'intrants et de machines) et donc pour les producteurs des capacités d'autofinancement et de remboursement (lorsque le crédit est disponible) même en cas d'aléas. Sur cette base se sont développés des travaux sur les systèmes de production à bas niveau d'intrants ou mobilisant le travail familial et les ressources locales (biomasse, variétés locales, savoirs paysans) en vue d'accroitre l'autonomie des paysans (Pretty *et al.*, 2011).

Troisièmement, le choix ce modèle « productiviste » est maintenu alors que les États se désengagent de l'agriculture tant au niveau de l'accompagnement des producteurs (conseil, crédit, commercialisation) que des politiques de régulation sectorielles et nationales.

Globalement ces deux voies de développement agricole – i) valorisation des ressources naturelles et ii) bas niveau d'intrant - cherchaient à promouvoir un développement durable à l'échelle locale (l'exploitation, le terroir villageois), c'est-à-dire prenant en compte en plus de la viabilité économique, des critères tels que la durabilité environnementale et l'acceptabilité sociale des modèles de production. Certains succès ont été obtenus surtout en zone sahélienne mobilisant des processus d'aggradation des sols (Reij et Smaling., 2008) mais globalement ces voies de développement ont butté sur les difficultés de mise en œuvre des actions collectives qu'elles requéraient (Coulibaly *et al.*, 2009 ; Sissoko et Rapidel., 2009). Par ailleurs et suite au désengagement des États, les services publics d'appui à l'agriculture, dont la recherche, ont été progressivement dépourvus de moyens conséquents. Or ces moyens sont indispensables pour la mise en place de politiques agricoles capables de relever ce double défi du développement d'une agriculture productive à haute valeur environnementale.

Fin des années 2000 : l'accroissement de la productivité de l'agriculture à nouveau d'actualité

L'augmentation rapide des prix des aliments de base sur le marché mondial en 2008 (riz, blé) a entrainé une crise alimentaire tristement célèbre par les émeutes de la faim dans plusieurs pays d'Afrique subsaharienne. En Afrique de l'ouest, les besoins en denrées alimentaires des populations ne sont pas satisfaits par la production locale : les importations de céréales (riz + blé) s'élevaient à 8,3 millions de tonnes en 2002, 7,2 millions de t en 2008 et 10,1 millions de tonnes en 2009 pour faire face à la crise alimentaire (source FAOSTAT). Ces importations vont à l'encontre du principe de souveraineté alimentaire que les pays de cette région ont adopté. Dans le futur, compte tenu de l'accroissement soutenu de la population jusqu'en 2050 au moins, ces besoins en volume total vont fortement augmenter, ce qui risque d'aggraver le problème de la sécurité alimentaire.

Dans ce contexte d'insécurité alimentaire, les institutions ont réagi rapidement après 2008 en subventionnant certains produits alimentaires et en développant des programmes d'appui à la production. Cette crise alimentaire était concomitante à un accroissement du prix du pétrole et donc du transport et des engrais (en particulier azotés). Du point de vue des décideurs il semblait plus efficace de revenir au modèle de la révolution verte qui était peu complexe à mettre en œuvre et pouvait accroitre rapidement la production des campagnes agricoles de 2009 et 2010. La plupart des États de l'Afrique de l'Ouest comme le Bénin, le Burkina Faso, le Mali, ont ainsi subventionné les engrais minéraux et développé avec l'aide extérieure la production et la distribution de semences améliorées. Ces politiques « de court terme » ont été très bien appréciées par les producteurs même si elles ne résolvaient pas les problèmes de fond exposés ci-dessus et en particulier les processus de dégradation des ressources naturelles. L'exemple du Malawi cité en exemple pour sa politique volontariste en subventionnant les engrais depuis 2005 (Douillet, 2001) a fait l'objet de critiques car elle prenait peu en compte la gestion des ressources naturelles et les savoirs locaux et les questions de nutrition des populations rurales (Patel, 2011).

A la même période, le point de vue « environnementaliste » poussé à l'extrême par certains acteurs (ONG, associations) remettant même en question l'usage des intrants pour l'agriculture africaine a été largement critiqué par les États et les organisations de producteurs et cela avec juste titre. Par exemple, on a évalué l'apport de fertilisants chimiques à 47 kg/ha dans les systèmes de production à base de

coton, maïs, sorgho et légumineuses des régions de Dédougou (Burkina Faso) et Koutiala (Mali) (Dugué, 2009), cette apport moyen est inférieur à 20 kg/ha en absence du coton dans l'assolement. Alors qu'il est en moyenne de 300 kg/ha en France et 108 kg/ha en Espagne. Toutefois la baisse de la fertilité des sols est une contrainte forte en Afrique de l'ouest. Sanchez et Leasky (1996) estiment l'ampleur des problèmes de fertilité des sols par des déficits cumulés en nutriments par hectare de l'ordre 700 kg pour l'azote, 100 kg pour le phosphore et 450 kg pour plus de 100 millions d'hectares en Afrique sub-saharienne pendant les trois dernières décennies du fait de la faiblesse des restitutions minérales aux sols. Selon Ken *et al.* (1996), le phosphore est actuellement un facteur limitant dans plusieurs types de sols sableux et acides fortement représentés en Afrique de l'Ouest.

Les quantités de pesticides utilisés en agriculture pluviale d'Afrique de l'Ouest sont aussi très inférieures à celles observées en Europe. De ce fait, les niveaux de pollution de l'agriculture « productiviste » ne sont pas du tout de la même envergure en Afrique de l'Ouest qu'en Europe ou dans de grandes exploitations du continent américain. De ce fait, beaucoup d'acteurs ouest-africains revendiquent le droit de promouvoir et d'utiliser ces intrants quitte à les subventionner.

Définition de l'intensification écologique et de ses concepts frères

L'expression « intensification écologique » peut apparaitre comme un oxymore. Le terme « intensification » renvoie le plus souvent à un usage plus important d'intrants et d'énergie fossile causes de la dégradation de l'environnement. Alors que le mot « écologique » est plutôt lié à l'objectif de le préserver. Pour clarifier notre définition de l'IE nous définissons dans cette partie les principaux concepts en lien avec l'intensification écologique c'est-à-dire : l'intensification, le développement durable, l'agro-écologie, l'intensification durable, l'écologisation des pratiques. En mobilisant Google scholar® : l'expression « Intensification écologique » en français renvoient à 2 930 résultats l'équivalent en anglais « Ecological intensification » à 10 500 résultats alors que le mot « Agroecology » en anglais permet d'afficher 33 800 résultats.

L'intensification en agriculture : un concept de base en économie

En économie, l'intensification fait partie des concepts de base de la théorie de la production. Elle est un indicateur de productivité. Comme l'écrivait J.C. Tirel (1987), « le concept d'intensification n'a de sens que rapporté à un facteur de production ». Un facteur est exploité de façon intensive lorsqu'on combine à une quantité donnée de ce facteur des doses importantes d'autres facteurs. Dans les régions où la terre est le facteur limitant prépondérant (en Europe, au Burkina Faso aujourd'hui) l'intensification ne peut se faire qu'en utilisant pour une unité de surface donnée – un hectare - davantage de travail (cas du maraîchage en culture pluviale au Cameroun ou en périphérie des capitales ouest-africaines) ou plus de capital qui permettrait d'acheter des intrants ou des équipements.

Bonnieux (1986) définit l'intensification, d'un point de vue économique, comme la modification dans le temps du rapport : engrais/terres (hectare), capital/terres ; main-d'œuvre/terres. Cela signifie que le facteur limitant ou à valoriser est la terre. Couty (1991) va dans le même sens lorsqu'il analyse les positions de certains économistes (Len et Stone) par rapport à l'intensification. Il est donc indispensable (écrivent ces auteurs, « qu'à l'intensification automatique résultant de la déformation en espace clos du rapport travail/surface s'ajoute une intensification interventionniste fondée sur l'innovation : emploi de la fumure organique ou minérale pour reconstituer la fertilité des sols, substitution du capital au travail ou passage des cultures plus rémunératrices pour améliorer la productivité du travail »

Une autre façon d'intensifier, le facteur terre (ou celui qui est limitant), est de chercher un meilleur agencement entre les différentes productions. C'est en grande partie, le travail qui a été réalisé par les agronomes au cours des 40 dernières années à partir des concepts de systèmes de cultures, itinéraires techniques, systèmes de production (Bonny 2010 ; Bonnieux 1986).

L'IE : deux courants de pensée fondamentaux

L'IE est un processus qui est sensé aboutir à un état, une agriculture écologiquement intensive. Dans la large gamme de définitions de l'IE, on peut distinguer deux grands courants de pensée fondamentaux :- Le premier correspond au terme anglais « sustainable intensification ». En effet, l'IE au sens de Cassman (1999) est définie par le double objectif de continuer à augmenter les rendements tout en limitant les impacts négatifs des systèmes agricoles sur l'environnement. Les auteurs évoquent la possibilité de mieux recycler les

nutriments et le carbone voire d'accroitre leur stock dans le sol mais essentiellement dans le but de limiter l'impact sur l'environnement. L'IE vise une adaptation des techniques et des systèmes au milieu, en référence à l'agriculture conventionnelle qui est fondée sur une modification et une artificialisation du milieu pour en augmenter la productivité (Bonny, 2010). Cette définition fait peu référence aux moyens mais beaucoup plus à la finalité : le développement durable (Landais, 1999). - Le deuxième courant de pensée insiste sur la connaissance et la mobilisation des mécanismes naturels pour mettre en œuvre l'IE. En effet, l'IE selon Chevassus-au-Louis et Griffon (2008), vise à fonder des systèmes de production innovants, productifs et durables sur les nouvelles bases scientifiques de l'agroécologie, en gérant les socio-agro-écosystèmes et en valorisant leurs services environnementaux, d'une manière interactive avec les contraintes socio-économiques évolutives des exploitations agricoles. Divers auteurs (en majorité français) ont repris cette définition en précisant que la principale voie de progression aujourd'hui disponible en agriculture, est celle de l'utilisation intensive des mécanismes naturels, ou processus écologiques, des écosystèmes, à laquelle on pourrait ajouter subsidiairement l'usage raisonnée de techniques conventionnelles à la condition qu'elles ne modifient pas ces mécanismes ou qu'elles les modifient dans un sens positif et avantageux (Affholder *et al.*, 2008 ; Mikolasek *et al.* 2009, Griffon 2009 & 2010). Les mécanismes naturels sont fortement mis en avant en tant que facteurs de production qui peuvent se substituer au moins partiellement aux intrants chimiques et aux équipements consommateurs d'énergie fossile (Tableau I). Un des objectifs de l'IE est de limiter l'usage des intrants de synthèse et de l'énergie fossile plutôt que de l'interdire. Pour M. Griffon l'IE doit également conduire à un renforcement du rôle de l'agriculture en tant que fournisseur de services environnementaux : stocker du carbone pour atténuer le réchauffement climatique, préserver la biodiversité, garantir à la population d'une région la fourniture d'eau en quantité et en quantité suffisantes, contribuer à lutter contre les incendies, contrôler les flux d'eau et prévenir les inondations, conserver la beauté des paysages, participer à la régulation du climat, etc.

Tableau I. Quelques mécanismes naturels mobilisables par l'intensification écologique (D'après Griffon, 2006 et 2009 ; Pretty et al, 2011, FAO 2011 et contribution collective).

Gammes de techniques de production	Mécanismes naturels mobilisés ou objectifs	Pratiques d'IE correspondantes	Réduction de l'usage des intrants chimiques, des équipements et de l'énergie fossile
Gestion du peuplement végétal cultivé	capter le maximum de lumière explorer divers horizons du sol limiter l'impact des maladies	géométrie de semis associations de cultures, culture dérobée, agroforesterie association de différentes variétés	
Gestion de l'eau	conserver l'eau dans le sol afin de limiter les stress hydriques des cultures et limiter l'érosion (ou drainer l'excédent)	Couverture du sol Labour en billon en courbe de niveau et travail du sol en sec Irrigation localisée Aménagements pour stocker ou drainer l'eau	Limitation des quantités d'eau d'irrigation (moins de pompage) Doses d'engrais réduites car moins de pertes par ruissellement ou localisation par fertigation
Fertilisation des cultures et gestion de la fertilité (organique) des sols	Décomposition de la matière organique et minéralisation Activation de la faune du sol Fixation symbiotique de N2	Production de fumier, compost par recyclage des résidus Gestion du feu Recours a des activateurs biologiques de décomposition Couverture végétale du sol Recours à plus de légumineuses	Réduction des apports d'engrais en particulier azotés Utilisation énergie animale pour transport fumure organique
Gestion de la fertilité physique	Protection du sol contre l'érosion Apport de MO en surface et dans l'horizon de surface Décompaction du sol en profondeur par les racines	Aménagements anti-érosifs Plantes de couverture du sol Association de cultures dont arbres	
Contrôle des adventices	Obstacle physique au développement des mauvaises herbes (et pas de lumière) explorer divers horizons du sol	Couverture du sol Gestion des assolements Associations de culture	Réduction de l'usage des herbicides
Contrôle des maladies et ravageurs	Résistance génétique des cultures Gestion des auxiliaires, des plantes hôtes	Choix des variétés Lâcher d'auxiliaires	Réduction de l'usage des fongicides et insecticides
Amélioration génétique	Résistance génétique Flexibilité, rusticité, résistance à la sécheresse	Choix des variétés	Réduction de l'usage des pesticides si résistance
Conduite des élevages	Dégradation de la cellulose par les ruminants Bien être animal Redistribution spatiale de la fertilité depuis les parcours naturels vers les zones de culture	Gestion raisonnée des zones de pâturages Alimentation plus soutenue par le pâturage, la valorisation des fourrages grossiers et des résidus de culture Diversification des usages de la traction animale	Réduction des apports d'engrais minéraux Réduction des importations d'aliments concentrés à la ferme Réduction de l'usage des transports motorisés

En sommes, les deux définitions diffèrent fondamentalement sur les objectifs et sur les échelles d'analyse. Alors que la première se focalise sur le système de culture et le système d'élevage, la seconde concerne le socio-agro-écosystème, c'est-à-dire les systèmes de production, les territoires et leurs acteurs.

Le concept d'IE suppose un changement d'échelle d'analyse et une intégration disciplinaire

L'IE suppose un changement profond de notre paradigme de pensée de l'intensification des systèmes de production agricole et de ce fait, de nos pratiques habituelles de recherche. La question de l'IE est un phénomène complexe qui nécessite une approche pluridisciplinaire. Perret (2011) dans son ouvrage « Pour une raison écologique » considère que : la situation est grave et que nous devons nous inquiéter du système écologique, qu'il faut repenser nos pratiques, nos valeurs, ainsi que la façon dont les scientifiques travaillent (isolés, conflits entre l'écologie, l'économie et les autres disciplines scientifiques...).

Nous considérons dans ce texte que l'agronomie est une science pluri-scalaire qui comprend entre autres l'agronomie du peuplement végétal et de l'exploitation agricoleet la zootechnie (ou « agronomie de l'animal »). Les productions animales apparaissent peu dans la littérature et les débats sur IE plus orientés vers les productions végétales même si nous avons constaté des évolutions similaires en agronomie de la plante et en zootechnie. Dans les deux cas, l'IE amène les chercheurs à dépasser leurs champs d'intervention habituels : la gestion du peuplement végétal à l'échelle de la parcelle, ou la gestion du peuplement animal à l'échelle du troupeau. Tout comme Perret (2011), la littérature sur l'agro-écologie insiste sur le besoin qu'ont les agronomes de mobiliser les outils et méthodes de l'écologie. L'usage de mécanismes naturels et plus largement de processus écologiques (dont régulation), dépassant le cadre strict de la parcelle et du troupeau, pour gérer la production agricole constitue un nouveau champs de recherche des agronomes (voir par exemple Doré *et al.*, 2011 concernant la conduite et la protection des cultures et Vayssières *et al.*, 2011 concernant la conduite de l'élevage bovin). Ces rapprochements entre l'agronomie et l'écologie d'autre part, amènent à distinguer différentes formes d'agronomie dépassant la parcelle et le troupeau et s'intéressant à des échelles plus larges telles que l'exploitation agricole et le territoire. Les avancées récentes dans la caractérisation des flux de nutriments et de carbone (Galloway *et al.*, 2008 ; Cowling *et al.*, 2002) et d'énergies dans les systèmes de production de polyculture élevage par exemple (Vigne *et al.*, 2012) viennent enrichir les approches systémiques de la production agricole. L'IE amène les agronomes à reconcevoir/ améliorer les méthodes de conception de systèmes agricoles innovants en considérant les systèmes agricoles comme des socio-agro-écosystèmes et en insistant sur les synergies à développer entre les différentes activités de production comme l'élevage et l'agriculture (Giller *et al.*, 2009 ; Mikolasek *et al.*, 2009 ; Vall *et al.*, 2010). Concernant l'échelle territoire on observe également des rapprochements disciplinaires entre la géographie et l'écologie (écologie du paysage, Burel et Baudry, 1999), et la sociologie, les sciences politiques et l'écologie (social ecology, ecological policy). Ces rapprochements sont importants pour mettre en évidence les différentes unités de paysage et tenir compte de la pluralité des acteurs impliqués dans l'IE. Au delà de ces premiers rapprochements des disciplines, Perret (2011) fait un plaidoyer pour réconcilier l'économie et l'écologie[1]. Ceci rejoint aussi la conclusion à laquelle Chevassus et Griffon arrivent dans leur texte de 2008 « La nouvelle modernité : une agriculture productive à haute valeur écologique ».

Le concept d'IE mobilisé par les mouvements socioprofessionnels

Concernant la compréhension du concept d'IE, il convient de distinguer les approches scientifiques de celles des mouvements professionnels et associatifs de promotion des diverses formes d'agriculture (de l'agriculture conventionnelle à l'agriculture biologique). Tout comme beaucoup de concept proposé par la recherche, le concept d'IE est progressivement réapproprié par les sociétés. Le concept d'agroécologie, qui est également fortement lié à celui d'IE pour ce qui est de la conduite des cultures, permet d'illustrer cela. Wezel et al (2009) considèrent que ce terme renvoie selon les cas à une discipline scientifique, un mouvement social ou un mode de production agricole.

Selon Wezel *et al.* (2009), l'agroécologie est considérée par certains chercheurs comme une discipline à part entière qui s'intéresse aux relations entre le fonctionnement du peuplement végétal et les différentes composantes des écosystèmes. Elle a été développée dans un premier temps par les entomologistes pour

1. Rappelons qu'au début des années 90 il y a eu les premières tentatives de réconciliation entre l'économie et l'écologie. Commissariat général du Plan, 1993. L'économie face à l'écologie. La découverte/La documentation Française. 275 pages

comprendre et limiter l'impact des insectes sur les cultures. Ils proposent des moyens de lutte raisonnée basés sur la mobilisation des auxiliaires des ravageurs et permettant une réduction de l'usage des pesticides (Vayssières J-F *et al.*, 2009).

Le mouvement social de l'Agroécologie est particulièrement développé en Amérique latine (Altieri, 1986 et 2002). Il promeut un développement agricole basé sur des pratiques (« moins d'intrants plus de nature ») proches de celles proposées par l'IE mais aussi de nouveaux modes d'organisation des systèmes de production familiaux, des collectifs d'agriculteurs (échanges de savoirs et d'expériences) et de commercialisation (circuits courts).

Aux différents mouvements sociaux sont souvent associées différents modes de production agricole qui peuvent-être considérés comme des voies d'inspiration de l'IE. Sans rentrer dans leurs définitions (Inter-réseaux, 2011) ni dans une analyse comparative de ces modes de production on en distinguera 4 grands types :

– les modèles d'agriculture mettant en avant des processus de production plus écologiques tout en continuant à mobiliser largement les intrants et la motorisation (agriculture de conservation (FAO http://www.fao.org/ag/ca/fr/index.html), agriculture raisonnée (Eastes, 2010), agriculture à haute valeur environnementale HVE (Griffon, 2009 ; Eastes, 2010) ;

– les formes d'agriculture caractérisées par le retrait de tous les intrants chimiques ou de synthèse (agriculture bio (), agriculture biodynamique (Eastes, 2010 ; Lamine et Bellon, 2009) ;

– les formes mettant en avant des mécanismes naturels mais aussi de durabilité sociale (agroécologie en Amérique latine (Altiéri 1986 2002), evergreen agriculture en Inde (Swaminathan m.s, 1996), permaculture (Mollison, 1990) ;

– plus rarement, les agricultures qui visent à sauvegarder la biodiversité (Ecoagriculture).

Ces différents modes de production illustrent la diversité des voies d'intensification qui peuvent émerger de concepts tels que l'agro-écologie ou l'IE en liens avec des débats de sociétés locaux, tels que par exemple ceux sur l'usage des pesticides, des OGM qui sont incontournables dans les sociétés occidentales.

Quelle définition et quelles voies d'IE retenir pour l'Afrique de l'Ouest ?

L'IE renforce l'idée d'une conception située des modes de production agricole et même si le terme d'IE a pour la première fois été proposé à propos de systèmes agropastoraux en Afrique (Egger, 1986), cela resta avant tout un concept conçu par des chercheurs des pays du Nord, qu'il reste à contextualiser. On se propose donc dans cette dernière partie de montrer l'importance des enjeux et des débats locaux pour définir, proposer et accompagner la réflexion puis la mise en place d'IE en Afrique de l'Ouest (AO).

L'importance du contexte et des enjeux locaux dans la définition de l'IE en AO

Notre revue de la littérature a souligné l'importance du contexte socioéconomique sur la signification que peut prendre l'IE. Dans la gamme importante de définitions que nous avons rencontrés, nous proposons d'illustrer cette idée en prenant deux définitions particulièrement distantes de l'IE : l'« écologisation des pratiques[2] » et l'« intensification durable ». Nous considérons ici que ces deux termes sont deux déclinaisons distantes du concept d'IE. Le premier (fortement utilisé aujourd'hui par l'INRA, France) a été bâti par rapport au contexte européen où les problèmes environnementaux et de surproduction dominent, alors que le second (largement utilisé par la FAO et la Banque mondiale) a été conçu pour le contexte des pays du Sud où la malnutrition et la perte de fertilité des terres restent deux problèmes majeurs.

Le concept « d'écologisation des pratiques » insiste sur le double objectif de (i) réduire les externalités négatives de l'agriculture et de (ii) production de services environnementaux sans faire référence à l'accroissement de la production. Cette définition de l'IE débouche sur des formes d'agriculture très orientées vers la protection des écosystèmes et de la biodiversité. Son avantage est de faire jouer aux agriculteurs (et à leur façon de pratiquer l'agriculture) un rôle central dans le re-conception des systèmes de production. L'acceptabilité de ces systèmes modifiés ou innovants sera fonction de leur durabilité économique (viabilité) et sociale (vivabilité).

2 Voir le colloque organisé par l'INAR à Avignon (France) du 17 au 18 mars 2011 https://www4.paca.inra.fr/ecodeveloppement/Colloque-2011

L'« intensification durable », en référence au document de vulgarisation intitulé « produire plus avec moins » (FAO, 2011), amène à faire davantage de compromis entre des objectifs environnementaux et de production qui doivent être gérés dans le temps (produire plus à court terme tout en préservant les capacités productives des socio-agro-écosystèmes sur le long terme). On retrouve dans cette définition une volonté de mobiliser les fonctions des écosystèmes, les mécanismes naturels tout en utilisant de façon plus raisonnée les intrants. Mais aussi de mobiliser davantage l'information et les savoirs disponibles car ces derniers restent encore des facteurs fortement limitant dans les pays du Sud.

Le contexte Ouest-Africain se rapproche beaucoup plus de celui dans lequel a été imaginé le concept d'intensification durable, c'est une définition qui nous semble mieux adaptée aux enjeux et aux objectifs de l'intensification en AO. En effet, en reprenant les 4 enjeux généraux listés par Griffon (2009), en connaissance du contexte ouest-africain, on retrouve en priorité l'accroissement de la production agricole en cultures pluviales et en cultures irriguées afin de contribuer à la sécurité alimentaire de la région et de fournir un revenu décent aux producteurs. Cet objectif s'étend également aux productions animales qui ont une place prépondérante dans le revenu des ménages agricoles. Étant donné le caractère mixte agriculture-élevage de la majorité des systèmes agricoles rencontrés dans la région (Herrero *et al.*, 2011), c'est la production globale des systèmes agricoles qui doit être augmentée. La production de services environnementaux est également essentielle mais ces derniers prennent des formes spécifiques en AO. Le maintien, voire l'accroissement, de la fertilité des sols est un enjeu majeur (Smaling *et al.*, 1997; Sanchez, 2002). Ce dernier est fortement lié au cycle des nutriments (service de support) et à la séquestration du C (service de régulation) (MEA, 2005). L'amélioration de la qualité gustative des aliments n'est pas une priorité en AO (alors qu'elle l'est en Europe par exemple). A l'inverse, on retrouve en AO l'importance de prévoir et de faciliter l'adaptabilité des systèmes agricoles au changement climatique. En effet, la disponibilité en eau (pluie, irrigation) étant un facteur limitant et fortement soumis à l'aléa climatique, il est important d'intégrer le caractère flexible/résiliant des systèmes agricoles en vue d'un probable changement climatique et face au caractère instable des marchés en AO (Andrieu *et al.*, 2011).

La dimension environnementale est certes moins présente dans les débats en AO, mais elle y prend de plus en plus de place. A titre illustratif, suite au rapport de la FAO (Steinfeld *et al.*, 2006), l'élevage africain extensif, peu productif et consommateur de fourrages cellulosiques à fort pouvoir méthanogène a été montré du doigt pour sa contribution significative au réchauffement climatique. En AO, la question de la conquête d'espaces pour l'agriculture (avec déforestation potentielle) et l'utilisation des intrants tels que les engrais et les pesticides (avec pollution potentielle des eaux, acidification des sols) sont deux sujets majeurs de polémique que la recherche ne peut pas occulter. On retrouve dans ce contexte les enjeux annoncés dans la littérature internationale sur l'IE (vs agroecology) mais avec un système de priorité et une déclinaison différente.

L'importance des analyses prospectives dans le choix des voies d'IE en AO

L'Afrique subsaharienne a été longtemps considérée comme un continent relativement peu peuplé mais surtout disposant d'importantes réserves en terres cultivables non mises en valeur. Divers travaux ont évalué avec plus ou moins d'optimisme l'ampleur des surfaces en terres potentiellement cultivables encore disponibles (Bruinsma, 2009 ; Banque mondiale, 2011). Les écarts de résultats montrent l'imprécision des évaluations des disponibilités en terre. Ces études ne prennent pas en compte les autres usages de la terre. Dans ces régions les terres non cultivées sont souvent utilisées par l'élevage et pour la cueillette ou la chasse. Elles renferment des jachères et dans ce cas leur superficie devrait alors être considérée dans la surface des systèmes de culture. De plus elles sont presque toujours appropriées et intégrées dans un système de gestion collective qui garantit ces différents usages. Sans nier la possibilité d'accroissement des surfaces cultivées, activement défendue par les promoteurs des agrocarburants (Dabat, 2011), la recherche en AO se doit être prudente quant à l'ampleur et la facilité de mise en œuvre de cette voie de l'extension des surfaces cultivées (Vergez, 2011). Connaissant le contexte de forte croissance démographique, il parait donc plus prudent au collectif ASAP de prioriser la voie de l'augmentation de la productivité des terres.

De même la tendance forte au renchérissement des intrants et des équipements, liée à la raréfaction de certaines ressources minières et donc l'augmentation de leur prix[3] (Figure 1) nous conduisent à reconsidérer avec beaucoup d'intérêts les ressources locales. Par exemple l'usage de la fumure organique et sa collecte efficace sont des options reconnues pour accroitre la fertilité et la productivité des systèmes agricoles. Dans les contextes économiques difficiles de l'Afrique de l'Ouest, il nous apparait donc

3. le pétrole est nécessaire à biens des secteurs de l'agrofourniture, le phosphate, le fer, etc. (Griffon, 2006).

important de privilégier la voie de valorisation des ressources locales même si cette voie n'interdit pas l'usage des intrants. Par exemple l'usage des engrais minéraux est potentiellement un moyen à ne pas négliger pour amplifier des mécanismes naturels incontournables de la production agricole tels que la photosynthèse, le recyclage et la séquestration du C, etc.

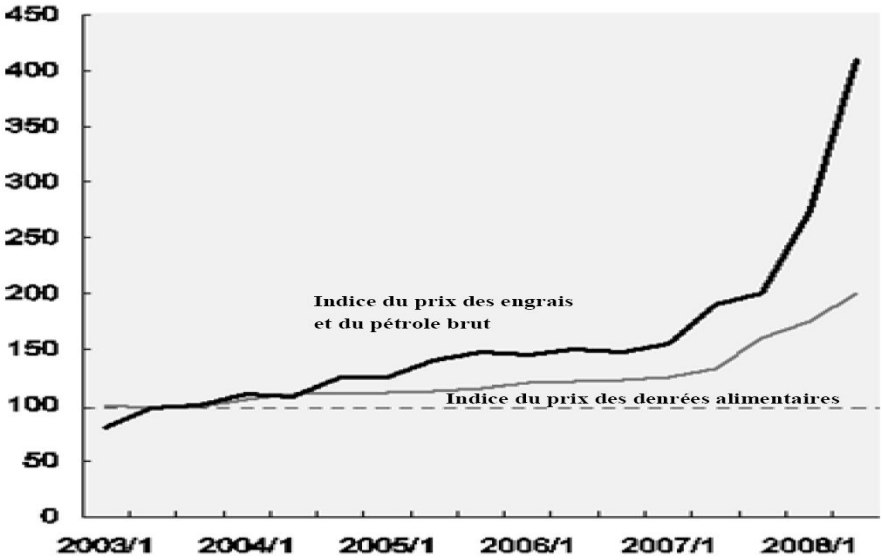

Figure 1. Évolution de l'indice du prix des engrais et du pétrole brut comparé à celui des denrées alimentaires (Source : Global Challenges for Food and Agriculture: FAO's Long-term Outlook for Global Agriculture, Rome, 2008).

L'agriculture écologiquement intensive en AO devra donc être plus productive (au sens du rendement par hectare), elle devra valoriser efficacement les ressources locales et mobiliser de façon efficiente les intrants agricoles. Il a justement été montré dans d'autres contextes que l'intégration agriculture-élevage est une option pour satisfaire production et efficience (Vayssières *et al.*, 2011). Les systèmes de production observés en AO sont peu mécanisés et mobilisent de façon traditionnelle l'intégration des activités. Leurs atouts sont d'ailleurs leur efficience (Benégabou et al, 2011) et leur flexibilité que l'on peut interpréter comme une adaptation à un environnement particulièrement difficile (Bélieres *et al.*, 2003 ; Milleville, 1989). C'est pourquoi le collectif ASAP défend l'idée que l'intégration agriculture-élevage est une voie à privilégier dans la mise en place d'IE en AO.

Cette dernière est, entre autres, basée sur un recyclage des biomasses et plus particulièrement des coproduits de l'agriculture (résidus de culture) et de l'élevage (effluents d'élevage). En référence aux mécanismes naturels, elle mobilise i) la capacité des plantes à valoriser l'énergie solaire, à stocker l'N atmosphérique (légumineuses) et ii) celle des animaux à valoriser des ressources cellulosiques, à accélérer le recyclage des nutriments et à intervenir dans la répartition spatiale des nutriments et la matière organique (Manlay *et al.*, 2004).

Nous profitons de cette question des voies de l'IE pour rappeler qu'en Afrique de l'Ouest la question de l'intensification à jusque là été beaucoup trop souvent traitée de manière technologique (Sumberg, 2003), c'est-à-dire en cherchant une réponse technique (par exemple, les systèmes de culture sous couvert végétal – SCV – (Giller *et al.*, 2009 ;) ou l'insémination artificielle), en ayant une vision partielle des systèmes de production insérés dans des territoires. L'IE remet l'accent sur la nécessité de visions holistiques et systémiques. L'intégration agriculture-élevage est justement abordé par le collectif en terme de système et non pas en terme de technique. Il existe différents modes (Blanchard *et al.*, 2011) et différents degré d'intégration agriculture élevage dont l'analyse et la conception demandent de s'intéresser plus particulièrement aux interactions entre activités en termes de proximité, de flux de matière (Dugué, 2000), d'énergie (Vigne *et al.*, 2012, Bénégabou et al, 2011), de travail et flux de carbone de nutriments (cf. projet AfricaNuances). Des investigations à de multiples échelles – de l'exploitation aux territoires pris dans leur diversité – (Coulibaly *et al.*, 2009 ; Dongmo *et al.*, 2011) et la mobilisation de méthodes et d'indicateurs originaux empruntés à l'écologie sont nécessaires pour cerner les socio-agro-écosystèmes dans leur globalité (c.f. nutrient network analysis, Rufino *et al.*, 2009).

Les modifications des dispositifs d'accompagnement et des politiques nécessaires à l'IE en Afrique de l'ouest

Au-delà de la question de la nature des voies de l'IE et des systèmes écologiquement intensifs à concevoir/promouvoir qui est une question essentiellement agronomique, des questions importantes sont posées aux sciences humaines et sociales.

Faire évoluer les processus d'apprentissage et le métier de conseiller

Plusieurs auteurs considèrent que l'IE amènent à reconsidérer les processus d'apprentissage et d'accompagnement des producteurs, les dispositifs d'appui-conseil et d'information et même la structuration du monde paysan (réseaux d'apprentissage) (Mormont, 1996 ; Warner 2005 et 2008 ; Röling et Pretty, 1997). L'agriculture conventionnelle (dite productiviste) reposait en grande partie sur l'application de recommandations techniques normatives (doses d'engrais, d'insecticides) alors que l'IE demande au producteur plus d'observations, de suivi des cultures et des animaux avant de prendre ses décisions. Ceci amène à faire évoluer les métiers du conseil et de la formation du monde agricole. Horlings et Marsden (2011) rappellent l'importance de renforcer les capacités de OP, en favorisant par exemple l'expérimentation paysanne, en formant les agents des gouvernements et des services de vulgarisation à ce que sont les voies d'IE, et en renforçant les liens entre les ONG et les OP. Les avancées théoriques et méthodologiques sur la recherche action des 20 dernières années (Liu, 1997) peuvent aider les chercheurs à se positionner par rapport à ce changement des modes d'accompagnement des producteurs.

Toutefois ces inflexions vers plus de raisonnement et de pratiques « écologiques » ne doit pas faire oublier les déterminants des évolutions des économies agricoles : la productivité du travail et de la terre, le revenu, les diverses formes de capitalisation et de dispositifs d'assurance (formels et informels) qui restent primordiaux dans les contextes de ceux de l'AO. De plus, la question des politiques agricoles et de la gouvernance territoriale, qui a fait fortement fait défaut ces 50 dernières années en AO, n'est également pas résolue et l'accompagnement de l'IE en AO doit en tenir compte en combinant un ensemble de mesures cohérentes (Chevassus-Louis et Griffon, 2008).

Imaginer de nouvelles fonctions et des nouveaux produits : la question des instruments.

La question de l'augmentation du revenu en agriculture en AO renvoie à celle de l'organisation du marché des produits agricoles. En effet, Lothoré et Delmas (2009) indiquent que le marché des produits agricoles en Afrique sub-saharienne est marqué par une incertitude et instabilité des prix sur le marché et une faible rémunération des producteurs, ce qui n'est pas sans conséquence : faible rémunération et/ou prix instables ne motivant pas les producteurs à prendre des risques pour des investissements à moyen ou long terme dans la production agricole. En l'absence d'un acheteur formel ou d'un agrément sur un prix d'achat négocié par avance, les producteurs sont condamnés à céder leurs produits à des prix bas. C'est le cas de la majorité des productions agricoles ouest-africaines à part certaines productions de rente dont les marchés sont mieux structurées (par exemple, le coton). Il existe beaucoup d'expériences souvent très « locales », où les producteurs ont développé des stratégies, des activités et des services à différents niveaux et à différentes échelles pour accéder aux marchés et vendre leurs produits agricoles dans des conditions favorables. Ceci en organisant la production, gérant les approvisionnements, rassemblant leurs efforts pour vendre collectivement, négocier et construire des alliances avec différents acteurs de la chaîne d'approvisionnement (commerçant, transporteurs, officiels, etc.), participer à des consultations multi-acteurs, organiser les marchés pour les rendre transparents.

L'IE, au sens de Griffon et Chevassus-Louis, souhaite développer et donc mettre en avant un certain nombre de services environnementaux rendus par les socio-agro-écosystèmes. Ce (nouveau) rôle assigné à l'agriculture, proche du concept de multifonctionnalité (Aumand *et al.*, 2005), peut également constituer une source de revenu additionnelle pour les producteurs par le paiement de services environnementaux fournis (PSE) (Toillier, 2011) ou aider à la garantie d'un prix stable, voire relativement élevé, des produits par la certification environnementale (CE) qui se développe dans l'Union européenne. Ces instruments relativement fréquents et effectifs dans les pays du Nord (Eastes, 2010), sont très peu utilisés en Afrique de l'Ouest. Ils sont plus difficiles à mettre en œuvre dans les pays du Sud où la production est assurée par des exploitations de petite taille ce qui complique et renchéri les systèmes de paiement et de contrôle. Le Costa-Rica constitue un exemple réussi en milieu tropical où de multiples PSE à de multiples échelles (global, national, local: bassin versant) se superposent de façon réussie (Rapidel *et al.*, 2011). Même si ces instruments sont très peu appliqués aux systèmes agro-sylvo-

pastoraux, une réflexion intéressante a justement été menée sur l'opportunité des marchés du Carbone à accroitre le revenu des exploitations familiales en Afrique semi-aride (Perez *et al.*, 2007).

La question de la rémunération directe (PSE) ou indirecte (certification) possible des services de l'agriculture écologiquement intensive ouvre un nouveau champ de recherche en économie sur les modalités de mise en œuvre de ces instruments. Mais les questions de la certification de l'agriculture et des PSE ne sont qu'un élément des politiques agricoles et environnementales à concevoir dans le cadre de l'IE. Il conviendra aussi d'aborder la question de la conception des politiques agricoles favorisant l'IE et de la contribution des différents acteurs (dont les chercheurs) à celle-ci. Dans ce texte ces politiques (hors PSE) ont été juste abordées sous l'angle du besoin de reconfigurer les dispositifs de conseil, mais l'IE pose des questions sur les mécanismes de subvention, de soutien au crédit et de gouvernance territoriale.

Conclusion

On peut distinguer deux grandes définitions du concept d'intensification écologique (IE) : la première centrée sur les processus écologiques dans les agroécosystèmes et la seconde de Griffon et Chevassus-Louis qui est à notre sens plus complète et opérationnelle car elle intègre les acteurs à différents échelles. Selon cette dernière, l'IE repose sérieusement la question de l'utilisation des ressources. Comment intensifier les « fonctions des écosystèmes » à partir des ressources disponibles pour continuer à produire «plus », en particulier dans les pays du Sud, et produire de façon plus « efficiente » de manière générale ?

Si aujourd'hui en Afrique de l'Ouest, et notamment dans les zones de savanes subhumides, un consensus se dégage autour de la priorité d'accroitre durablement la productivité des systèmes agricoles et par conséquent d'intensifier les modes de production, en revanche la controverse est vive sur la position du curseur écologique dans une agriculture à la fois plus productive et plus durable. Les appuis à l'agriculture et l'élevage (recherche et développement) sont à organiser en fonction d'objectifs urgents et de court terme (réduire la malnutrition, sécuriser et accroitre l'alimentation et les revenus des producteurs) et de long terme (maintenir et reconstituer la fertilité des sols, contribuer à la régulation du climat, conserver la biodiversité).

L'Afrique de l'Ouest, du fait d'une croissance démographique rapide, d'une forte incertitude sur l'ampleur de l'extension de ses terres agricoles et des perspectives de renchérissement continue des intrants agricoles et de l'énergie fossile, doit concevoir l'IE sur les bases d'un accroissement de la productivité de la terre (augmentation des rendements culturaux et des performances animales) par une valorisation efficace des ressources locales sans pour autant mettre de côté l'utilisation raisonnée et efficiente des intrants agricoles.

Pour le collectif ASAP, l'intégration agriculture-élevage est une des voies importantes d'IE en AO. Cette dernière est en effet bâtie sur une forte valorisation des ressources locales (biomasses, énergies, nutriments et carbone) et elle contribue fortement à augmenter l'efficience, l'autonomie et la production globale des systèmes de production. L'intégration agriculture-élevage est abordée par le collectif en terme de système caractérisés par des flux et des bilans « offre – besoin » et non pas en terme de techniques.

Les premiers résultats du collectif montrent par ailleurs que l'IE ne va pas de soit et qu'au-delà de la question de conception des systèmes écologiquement intensifs, qui est une question essentiellement agronomique, des questions importantes se posent aux sciences humaines et sociales. Il s'agit des questions d'accompagnement des producteurs, d'organisation des marchés et de la conception des politiques agricoles et de la gouvernance territoriale. Ces questions, communes aux démarches d'accompagnement de bien des processus de développement, doivent être traitées de façon spécifique concernant l'IE. Elles devront tenir compte des possibilités de certification et de paiement pour services environnementaux qui constitueront peut-être dans le futur de nouveaux instruments de développement des systèmes agro-sylvo-pastoraux d'Afrique de l'Ouest.

Bibliographie

AFFHOLDER F., JOURDAIN D., MORIZE M., DAN DINH QUANG, RICOME A. 2008. Eco-intensification dans les montagnes du Vietnam. Contraintes à l'adoption de la culture sur couvertures végétales. Cahiers Agricultures, 17 (3) : 289-296.

ALTIERI M.A., 2002. Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments, Agr. Ecosyst. Environ. 93, 1–24.

ALTIERI M.A., 1986. L'Agroécologie : Bases scientifiques d'une agriculture alternative. Ville, Pays, Edition Debard, 237 p

ANDRIEU N., CHIA E., TOU Z., OUEDRAOGO M., 2012. Analysis and modelling of the flexibility of crop-livestock farming systems in western Africa : the case of Burkina Faso. (soumis à Agricultural systems).

AUMAND A, BARTHELEMY D., CARON P., LE COTTY T., 2005. Multifunctional agriculture in perspective : Conceptualisations and debate in french policy and research. Roczniki akademii rolniczej w poznaniu. Ekonomia, 367 (4) : 11-18.

ASAP, 2010 (collectif). Intensification écologique et conception des innovations dans les systèmes agro-sylvo-pastoraux d'Afrique de l'Ouest. Projet Scientifique du DP ASAP. Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 25 p.

BANQUE MONDIALE, 2009. Le réveil du géant assoupi. Perspectives de l'agriculture commerciale dans les savanes africaines. Wahshington, Etats-Unis, Rome, Italie, Banque Mondiale et FAO, X p.

BAZLUL K., 1986. The green revolution : an international bibliography, New York ; Londres : Greenwood press.

BELIERES J.F., BOSC P.M., FAURE G., FOURNIER S., LOSCH B. 2002. Quel avenir pour les agricultures familiales d'Afrique de l'Ouest dans un contexte libéralisé ? Londres, Royaume Uni, IIED 113, Dossier des zones arides, 40 p.

BENAGABOU I., VIGNE M., BLANCHARD M., KANWE A., VALL E., 2011. Efficiences énergétique et économique des systèmes agropastoraux en Afrique subsaharienne (Burkina Faso). Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, CIRDES, 19 p (à soumettre).

BLANCHARD M., DOUBANGOLO C., BA A., SISSOKO F., POCCARD-CHAPPUIS R., 2011. Contribution de l'intégration agriculture-élevage à l'Intensification écologique : le cas du Mali-sud. Séminaire ASAP, Bobo-Dioulasso, 15 – 17 novembre 2011, 12 p.

BONNIEUX 1986. L'approche économique de l'intensification. Économie Rurale (171) : 9- 15

BONNY S., 2010. L'intensification écologique de l'agriculture : voies et défis. Innovation and Sustainable Development in Agriculture and Food (ISDA), Montpellier, France, pp. 1-11.

BRUINSMA J., 2009. The resource outlook to 2050. By how much do land, water use and crop yields need to Increase by 2050? Seminar "How to Feed the World in 2050", 24-26 juin 2009

BUREL F., BAUDRY J., 1999. Écologie du paysage. Concepts, méthodes et applications, Paris, TEC & DOC, 362 p.

CASSMAN, K.G., 1999. Ecological intensification of cereal production systems: Yield potential, soil quality, and precision agriculture. Proceedings of the National Academy of Sciences 96, 5952-5959.

CHEVASSUS-AU-LOUIS B., GRIFFON M., 2008. La nouvelle modernité : une agriculture productive à haute valeur écologique. In : Economie et stratégies agricoles, Demeter 2008, Club Demeter, Paris, 7-48.

CHEVASSUS-AU-LOUIS, B., 2006. Refonder la recherche agronomique. Les défis de l'agriculture au XXIe siècle - Leçons inaugurales du Groupe ESA. ESA, Angers, France, pp. 193-225.

CONWAY G., 1997. The doubly green revolution. Food for all in the 21st century, London, Royaume Uni; Penguin Books.

COULIBALY D., POCCARD-CHAPUIS R., BA A., 2009. Dynamiques territoriales et changements des modes de gestion des ressources pastorales au Mali Sud (Mali). Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants. Paris, les 2 et 3 décembre 2009, 4 pages 357-360, www.inst-elevage.asso.fr

COUTY P., 1991. L'agriculture africaine en réserve. Réflexions sur l'innovation et l'intensification agricoles en Afrique tropicale. Cahiers d'Études africaines, 66-81.

DABAT M-H, 2011. Les nouveaux investissements dans les agrocarburants. Quels enjeux pour les agricultures africaines ? Afrique contemporaine, 2011/1 n° 237, 97 – 109.

DE SCHUTTER O., 2011. Agro-écologie et droit à l'alimentation. Rapport présenté à la 16ème session du Conseil des droits de l'homme de l'ONU. New-York, Etats-Unis, ONU, 23 p.

DE SCHUTTER, 2010. Accès à la terre et droit à l'alimentation. Rapport présenté à la 65ième session de l'Assemblée générale des Nations Unies. New-York, Etats-Unis, ONU.

DONGMO A.L., VALL E., DIALLO M.A., LOSSOUARN J., DUGUÉ P., 2011. Herding territories in Sudano-Sahelian Africa: status, complementarity and flexibility. Animal (soumis à Animal)

DORÉ, T., MAKOWSKI, D., MALÉZIEUX, E., MUNIER-JOLAIN, N., TCHAMITCHIAN, M., TITTONELL, P., 2011. Facing up to the paradigm of ecological intensification in agronomy: Revisiting methods, concepts and knowledge. European Journal of Agronomy 34, 197-210.

DOUILLET M., 2011. La relance de la production agricole au Malawi : succès et limites. Paris, France, Fondation Farm.

DUGUE P., 2000. Flux de biomasse et gestion de la fertilité à l'échelle des terroirs : étude de cas au Nord-Cameroun et essai de généralisation aux zones de savane d'Afrique sub-saharienne. In : Fertilité et relations agriculture-élevage en zone de savane : actes de l'atelier sur les flux de biomasse et la gestion de la fertilité à l'échelle des terroirs, 5-6 mai 1998, Montpellier, France. Montpellier : CIRAD (collection colloques), p. 27-59.

DUGUE P., 2009. Étude d'évaluation environnementale et du développement de systèmes de production durables dans le cadre des projets de soutien à la production vivrière (Mali et Burkina Faso). Montpellier, Paris, France, CIRAD, Fondation FARM, 87 p.

DUGUE P., RODRIGUE KONE F., KONE G., 2003. Gestion des ressources naturelles et évolution des systèmes de production agricole des savanes de Côte d'Ivoire : conséquences pour l'élaboration des politiques agricoles. Cahiers Agricultures, 12 (4) : 267-273.

EASTES R.E., 2010. Vers une agriculture choisie. Editions Le cavalier Bleu, Paris, France.

FAO, 2008. Global Challenges for Food and Agriculture: FAO's Long-term Outlook for Global Agriculture, Rome, Italy, 2008.

FAO, 2011. Produire plus avec moins : Guide à l'intention des décideurs sur l'intensification durable de l'agriculture paysanne. Rome, Italie, FAO 112p.

GLIESSMAN S.R., 2007. Agroecology: the ecology of sustainable food systems. New York, USA, CRC Press, Taylor & Francis, 384 p.

GILLER, K.E., WITTER, E., CORBEELS, M., TITONEL, P., 2009. Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: The heretics' view. Field Crops Research 114, 23-34.

GRIFFON M. ,2006. Nourrir la planète. Pour une révolution doublement verte. Paris, France, Odile Jacob

GRIFFON, M., 2009. Pour des agricultures écologiquement intensives: des territoires à haute valeur environnementale et de nouvelles politiques agricoles. Côtes d4armor, France, Éditions de l'Aube et Conseil général, 110 p.

EGGER, K., 1986. Ecological intensification. Soil conservation and improvement of tropical soils by pastoral agroforestry systems. Collection Documents Systèmes Agraires 6, 129–135.

HERRERO, M., THORNTON, P.K., NOTENBAERT, A.M., WOOD, S., MSANGI, S., FREEMAN, H.A., BOSSIO, D., DIXON, J., PETERS, M., VAN DE STEEG, J., LYNAM, J., RAO, P.P., MACMILLAN, S., GERARD, B., MCDERMOTT, J., SERE, C., ROSEGRANT, M., 2010. Smart Investments in Sustainable Food Production: Revisiting Mixed Crop-Livestock Systems. Science 327, 822-825.

HORLINGS, L.G., MARSDEN, T.K., 2011. Towards the real green revolution? Exploring the conceptual dimensions of a new ecological modernisation of agriculture that could "feed the world". Global Environmental Change 21, 441-452.

INTER-RESEAUX, 2011. L'agroécologie : où en est on ? Inter-Réseaux développement rural & SOS Faim, Bulletin de synthèse souveraineté alimentaire, 8 p www.inter-reseaux.org/

LAMINE C., BELLON S., 2009. Transitions vers l'agriculture biologique. Pratiques et accompagnements pour des systèmes innovants. Éditions Quæ / Educagri éditions. 2009

LANDAIS, 1999. Agriculture durable: les fondements d'un nouveau contrat social?, Courrier de l'environnement de l'Inra, n°33. http://www.inra.fr/dpenv/landac33.htm

LIGHT, A.(1998). Social Ecology After Bookchin. New York: Guilford Press. ISBN 978-1572303799

LIU M ; 1997, Fondements et pratiques de la recherche action. Paris, franc, l'Harmattan, 351 p.

LOTHORE A., DELMAS P., (Editeurs) 2009. Accès au marché et commercialisation de produits agricoles : Valorisation d'initiatives de producteurs, Inter-réseaux, CTA, AFD, 176 p.

MANLAY R.J., A. ICKOWICZ, D. MASSE, C. FLORET, D. RICHARD, C. FELLER., 2004. Spatial carbon, nitrogen and phosphorus budget of a village in the West African savanna--I. Element pools and structure of a mixed-farming system. Agricultural Systems 79,(1), 55-81.

MIKOLASEK, O., KHUYEN, T.D., MEDOC, J.-M., PORPHYRE, V., 2009. L'intensification écologique d'un modèle de pisciculture intégrée : recycler les effluents d'élevages porcins de la province de Thai Binh (Nord Vietnam). Cah. Agric. 18, 235–241.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005. Ecosystems and human well-being Vol. I: current state and trends. Island Press, Washington, DC, pp. 331-353.

MILLEVILLE P., 1989. Activités agro-pastorales et aléa climatiques en région sahélienne. In : Le risque en Agriculture, ORSTOM, A travers champs, Paris, France : 233-241.

MILLEVILLE P., SERPANTIE G., 1994. Intensification et durabilité des systèmes agricoles en Afrique Soudano-Sahélienne. *In* Promotion des systèmes agricoles durables dans les pays d'Afrique soudano-sahélienne, FAO, CTA, CIRAD, Dakar Sénégal, 10-14 janvier 1994 : 33-49.

MOLLISON B., 1990. Permaculture : a practical guide for a sustainable future, Island Press, 579 p.

MORMONT, M., 1996. Agriculture et environnement : pour une sociologie des dispositifs. Economie rurale, 28-36.

PATEL R., 2011. Can the world feed 10 billion people. Foreign Policy. Denver, Etats Unis, University of Denver.

PEREZ C., RONCOLI C., NEELY C., STEINER J.L., 2007. Can carbon sequestration markets benefit low-income producers in semi-arid Africa? Potentials and challenges. Agricultural Systems 94, 2-12.

PERRET B., 2011. Pour une raison écologique. Flammarion. 275 p.

PETIT M., 2011. Pour une agriculture productive et durable. Versailles, France, Editions Quae, 112 p.

PRETTY J., TOULMIN C., WILLIAMS S., 2011. Sustainnable intensification: increasing productivity in African food and agricultural systems. Londres, Royaume Unis, Earthscan Publications , 289 p.

RAPIDEL B., DECLERCK F., LE COQ J.F., BEER J., 2011. Ecosystem Services from Agriculture and Agroforestry. Measurement and Payment. Earthscan, UK, 322 p.

REIJ C., SMALING E.C., 2008. Analyzing successes in agriculture and land management in sub-saharian Africa : is macro-level gloom obscuring positive micro-level change ? Land use Policy 25, 410-420.

ROLING N., PRETTY N., 1997. Extension's role in sustainable agricultural development. In :Swanson E.B., Bentz P.R., Sofranko A.J., (eds). Improving agricultural extension. A reference manual. Rome, FAO.

RUFINO, MC, P TITTONELL, P REIDSMA, S LÓPEZ-RIDAURA, H HENGSDIJK, KE GILLER, VERHAGEN A, 2009. Network analysis of N flows and food self-sufficiency: a comparative study of crop-livestock systems of the highlands of East and southern Africa. Nutr. Cycl. Agroecosyst. 85:169-186.

SANCHEZ P.A, LEAKY R., 1996. Land Use Transformation in Africa: Three Determinants for Balancing Food Security with Natural Resources Utilization. Keynote address, Proceedings of European Society of Agronomy 4th congress, Velthoven, The Netherlands, July 7-11, 1996.

SANCHEZ, P.A., 2002. Soil fertility and hunger in Africa. Science 295, 2019-2020.SMALING, E.M.A., NANDWA, S., M., JANSSEN, B.H., 1997. Soil fertility in Africa is at stake. In: Buresh, R.J., Sanchez, P.A., Calhoun, F. (Eds.), Replenishing Soil Fertility in Africa. ASSA, CSSA, SSSA, Wisconsin, pp. 47-61.

SISSOKO F. et RAPIDEL B., 2009. L'Agriculture de conservation peut-elle être une alternative à l'Agriculture de Conventionnelle en zone cotonnière au Sud du Mali ? Les Cahiers de l'Economie Rurale N° 7. Institut d'Économie Rurale (IER), Bamako, Mali.

STEINFELD H., GERBER P., WASSENAAR T., CASTEL V., ROSALES M., HAAN C. 2006. Livestock's Long Shadow - Environmental Issues and Options. Rome, Italie, FAO.

SUMBERG, J., 2002. Livestock nutrition and foodstuff research in Africa: when is a nutritional constraint not a priority research problem? Animal Science 75, 332-338.

SUMBERG, J., 2003. Toward a dis-aggregated view of crop–livestockintegration in Western Africa. Land Use Policy 20, 253–264.

SWAMINATHAN M.S, 1996. Sustainable agriculture towards an evergreen revolution, Dehli, India, Konark pubishers.

TIREL J.C., 1987. Valeur et limites des notions d'intensification dans l'analyse de l'évolution des systèmes de production. *C.R. Acad. Agric. Fr.*, 28/10/1987, 73(8), pp. 83-95.

TOILLIER A., 2011. Les Paiements des services écosystémiques : des outils incitatifs pour favoriser l'intensification écologique ? Enjeux pour la recherche en Afrique de l'Ouest. Séminaire ASAP, Bobo-Dioulasso, 15 – 17 novembre 2011.

ASAP, 2010 (collectif). Intensification écologique et conception des innovations dans les systèmes agro-sylvo-pastoraux d'Afrique de l'Ouest. Projet Scientifique du DP ASAP. Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 25 p.

VALL E., CHIA E., BA A., BENGALY M., BLANCHARD M.. BOKARY A. K., COULIBALY K., KANWE A., KIEMA S., KOUTOU M., OUEDRAOGO D., OUEDRAOGO S., SANGARE M., 2010.L'agro-écosystème comme objet d'étude pour la conception d'innovations répondant aux critères de l'intensification écologique. Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, Document de travail ASAP, n°2, 26 p.

VALL E., KOUTOU M., BLANCHAR M., COULIBALY K, DIALLO M., ANDRIEU N., 2011. Intégration agriculture-élevage et intensification écologique dans les systèmes agro-sylvo-pastoraux de l'Ouest du Burkina Faso (Province du Tuy). Séminaire ASAP, Bobo-Dioulasso, 15 – 17 novembre 2011, 14 p.

VAYSSIERES J., VIGNE M., ALARY V., LECOMTE P., 2011. Integrated participatory modelling of actual farms to support policy making on sustainable intensification. Agricultural Systems 104, 146–161.

VAYSSIERES J.-F., KORIE S., COULIBALY O., VAN MELLE C., TEMPLE L., ARINLOYE D., 2009. The mango tree in central and northern Benin: damage caused by fruit flies (Diptera Tephritidae) and computation of economic injury level. Fruits, 64, 207–220.

VERGEZ A., 2011. Intensifier l'agriculture en Afrique, réponse aux défis alimentaires environnementaux ? Controverse. Afrique contemporaine, 2011/1, 237, p. 29-43.

VIGNE M., VAYSSIERES J., LECOMTE P., PEYRAUD J.L., 2012. Evaluating the ability of current energy use assessment methods to study contrasted livestock production systems. Agriculture Ecosystems & Environment, submitted.

WARNER, K.D., 2006. Extending agroecology: Grower participation in partnerships is key to social learning. Renewable Agriculture and Food Systems 21, 84-94.

WARNER, K.D., 2008. Agroecology as Participatory Science. Science, Technology & Human Values 33, 754-777.

WEZEL, A., BELLON, S., DORÉ, T., FRANCIS, C., VALLOD, D., DAVID, C., 2009. Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. Agronomy for Sustainable Development 29, 503-515.