

L'innovation par simplification expliquée par le principe de moindre quantité d'action de Maupertuis : cas de l'intégration agriculture-élevage en Afrique soudano-sahélienne

VALL E. (1), BLANCHARD M. (2), DIALLO M.A. (3), LECOMTE P. (4)

(1) CIRAD, UMR SELMET, Bobo-Dioulasso BP 454, Burkina Faso

(2) et (4) CIRAD, UMR SELMET, Campus International de Baillarguet, Montpellier, 34398, France

(3) CIRDES, URPAN, BP 454 Bobo-Dioulasso BP 454, Burkina Faso

RESUME

Les paysans d'Afrique subsaharienne confrontés aux changements globaux et à la rareté des facteurs de production innovent. Quel principe guide l'innovation dans un tel contexte ? L'objectif de cette communication est de montrer que le principe de moindre action, énoncé par Maupertuis au 18^{ème} siècle, permet d'expliquer le processus d'innovation par simplification privilégié par les paysans. Pour argumenter cette démonstration, nous nous sommes appuyés sur l'adoption du modèle d'intégration agriculture élevage proposé par les agronomes dès les années 1950 pour les paysans de l'Afrique soudano-sahélienne. A l'origine, ce modèle qui visait l'intensification de la production s'appuyait sur 3 piliers intégrés, la traction animale, la production de fumure organique et la production fourragère. Les paysans ont simplifié les techniques de culture et de transport attelé, les modes de production de fumure organique et les systèmes fourragers en valorisant au mieux les ressources locales disponibles (savoirs faire locaux, main d'œuvre, espèces animales, biomasses végétales, déjections animales, parcours naturels...). L'innovation par simplification, semble bien être guidée par le principe de moindre quantité d'action. La simplification est à la fois technique (moindre action à réaliser...) et économique (moindre investissements à prévoir...). Mais, ce processus d'innovation ne prend pas suffisamment en compte les conséquences environnementales du changement. Nous recommandons donc le développement de modèles de fonctionnement de l'exploitation permettant d'évaluer l'efficacité, l'efficience et l'effectivité des innovations.

Innovation through simplification explained by the least amount of action principle

VALL E. (1), BLANCHARD M. (2), DIALLO M.A. (3), LECOMTE P. (4)

(1) CIRAD, UMR SELMET, Bobo-Dioulasso BP 454, Burkina Faso

SUMMARY

Farmers in sub-Saharan Africa need to innovate because they face global changes and scarcity of production factors. What principle guides innovation in this context? The objective of this paper was to show that the least amount of action principle, enunciated by Maupertuis in the 18th century, can understand innovation through simplification. To argue this demonstration, we relied on the adoption of the concept of crop-livestock integration suggested by agronomists in the 1950s for farmers of sudano-sahelian areas of Africa. The original concept aimed at intensifying production. It was based on three complementary pillars: draft animal power, organic manure and forage production. Farmers have simplified tools for cultivation, transport equipment, organic manure modes of production and forage systems by promoting the best available local resources (local know-how, labor, animal species, plant biomass, animal waste, rangeland ...). Innovation by simplification seems to be guided by the principle of the least amount of action. The simplification is both technical (least action to achieve ...) and cost (less anticipated investment ...). But this innovation process does not adequately take into account the environmental consequences of change. We recommend the development of farm models to assess the effectiveness, efficiency and effectiveness of innovations.

INTRODUCTION

En cas de « *changement dans la nature, la quantité d'action employée pour ce changement est toujours la plus petite qu'il soit possible* » (Maupertuis, 18^{ème} siècle). L'innovation est un changement représentant l'intégration d'une nouveauté dans un milieu social (Alter, 1999) produisant une évolution des pratiques. Nous formulons l'hypothèse que les paysans d'Afrique subsaharienne, confrontés aux changements globaux (climatique, démographique, économique...) et à la rareté des facteurs de production (énergie fossile, eau, travail, capital...), suivent ce principe de moindre quantité d'action quand ils innovent.

L'objectif de cette communication est de montrer qu'en vertu de ce principe le processus d'innovation conduit à des simplifications du modèle défini par les prescripteurs. Cette thèse sera illustrée par l'adoption du modèle d'intégration agriculture-élevage par les paysans de l'Afrique soudano-sahélienne. Nous en tirons des leçons pour les recherches sur la conception de l'innovation.

1. MATERIEL ET METHODES

Nous rappellerons d'abord les principes et les composantes du modèle d'intégration agriculture-élevage théorisé puis développé par la recherche développement en Afrique subsaharienne depuis la fin de la seconde Guerre Mondiale. Nous montrerons comment la recherche a cherché à optimiser les composantes de ce modèle (traction animale/ fumure organique/ cultures fourragère) traitées chacune pour elle-même dans une optique fortement techno-centrée.

Puis à partir de nos travaux de terrain conduits principalement dans les zones subhumides d'Afrique de l'Ouest (ouest du Burkina Faso, sud du Mali) et d'Afrique Centrale (nord-Cameroun, sud Tchad), nous montrerons comment les paysans, ont simplifié les composantes de ce modèle selon un principe (physique) de moindre action élémentaire pour mieux l'adapter à leurs objectifs, à leurs besoins d'énergie agricole, à leurs contraintes biophysiques et financières.

2. RESULTATS

2.1. MODÈLE PROPOSÉ PAR LES AGRONOMES

L'intégration de l'agriculture et de l'élevage proposée par les agronomes s'articulait autour du triptyque traction animale, fumure organique et culture fourragère (Curasson, 1948 a et b). Dans l'optique de la Révolution Verte, dont elle fût un des fers de lance, l'intégration agriculture-élevage visait à induire une intensification massive du système de production. Pour la traction animale, on recommandait de nombreux types d'attelages et d'outils. La fumure organique devait être produite en étable fumière. Les cultures fourragères devaient être insérées dans les assolements au côté des plantes alimentaires et des cultures commerciales.

Dans les années 1990, Landais & Lhoste (1990) ont montré que ce « mythe techniciste » confronté aux réalités du terrain n'était que partiellement adopté par les paysans en raison de certaines faiblesses du modèle technique proposé. L'équipement complet de traction animale demandait de lourds investissements. La production de fumure nécessitait beaucoup de main d'œuvre, d'inputs (eau) et d'investissements en infrastructures. Les cultures fourragères nécessitaient de la main d'œuvre supplémentaire peu ou pas disponible, et complétait une offre fourragère naturelle qui n'était pas réellement insuffisante à l'époque.

Des 3 piliers du modèle, seule la traction animale fût bien acceptée par les paysans car elle permettait d'accroître la surface cultivée par actif agricole et de réduire la pénibilité du travail. Proposée pour l'intensification, les producteurs l'ont adoptée pour accroître la production par extension des surfaces cultivées. En revanche, la production de fumure organique et la culture fourragère ont connu une diffusion plus lente car l'utilisation d'engrais minéraux et le pâturage des espaces naturels présentaient un coût d'opportunité plus attractif (Dugué et al., 2004 ; Vall et Havard, 2006 ; Vall et al., 2006).

2.2. TECHNIQUES DE TRACTION ANIMALE SIMPLIFIÉES

2.2.1. Des espèces animales choisies pour leur adaptation au milieu et pour leur capacité de travail

Plusieurs espèces animales (bovine, asine et équine) et différents modes d'attelages (seul, par 2, par 4...) ont été expérimentés et proposés par les agronomes. Mais les paysans ont choisi des espèces de trait en fonction des contraintes alimentaires et sanitaires rencontrées (Havard et al., 1998 ; Vall et al., 2003). De plus, ils ont spécialisé leur utilisation en fonction des besoins en énergie agricole et des capacités de travail des espèces animales disponibles (Vall, 1998).

Dans la zone subhumide de l'Afrique de l'Ouest, deux types d'attelages sont devenus ultra dominants : la paire de zébus pour les travaux de culture attelée et l'âne attelé seul pour l'attelage de charrettes.

2.2.2. Simplification des harnais

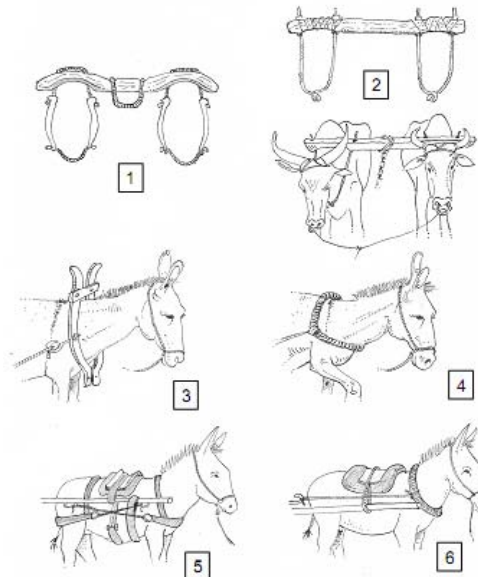
Les harnais proposés par les agronomes, étaient largement inspirés des modèles utilisés en Europe jusque dans les années 1950. L'optimisation de la transmission de l'effort de l'animal à l'outil par des équipements ergonomiques était l'objectif privilégié par les agronomes (Le Thiec, 1996). Les paysans les ont simplifiés pour les adapter aux formats des animaux et pour des raisons économiques.

Le joug de garrot, prenant appui sur la bosse, a été préféré car les zébus sont majoritairement utilisés pour la traction. Les plans initiaux avec arceaux et attelles mobiles réglables ont été remplacés par des modèles plus simples avec méplats et attelles en fer à béton, voire en simple cordage (figure 1).

Le collier (complexe et coûteux à réaliser) n'a jamais été adopté. Les paysans attèlent ânes et chevaux par des « bricoles » (réalisées à partir de vieux pneus de bicyclette).

Les harnais de charrette ont été simplifiés par élimination d'accessoires (sous ventrières, avaloir, licol...) qui ne se sont pas avérés indispensables dans cette grande région de plaines.

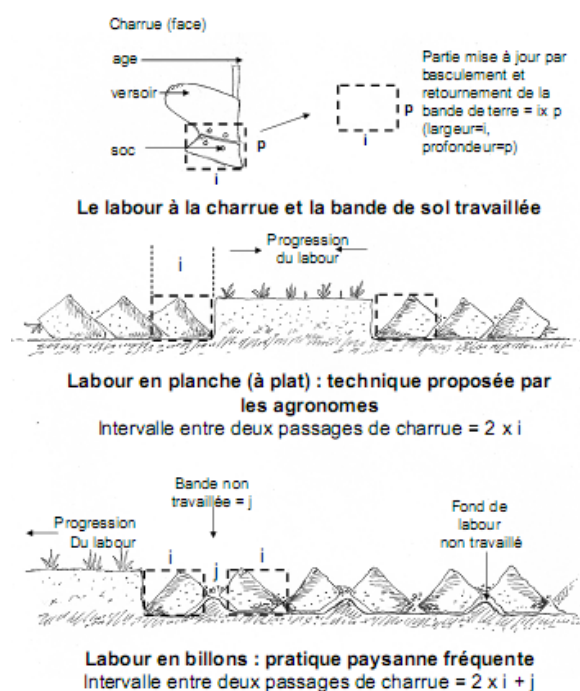
Figure 1 : Harnais proposés par les agronomes (1. joug de garrot à arceaux, 3. collier, 5. harnais complet de charrette) et harnais réellement utilisés aujourd'hui par les paysans (2. jougs de garrot, 4. bricole, 6. harnais de charrette simplifié)



2.2.3. Un labour moins exigeant en énergie

La technique du labour en planche a été privilégiée par les agronomes (Le Thiec, 1996 ; Lhoste et al., 2010) car elle permet un retournement du sol complet et donc une bonne maîtrise des adventices (figure 2).

Figure 2 : Labour en planche (recommandé par les agronomes) et labour en billons (courant chez les paysans)



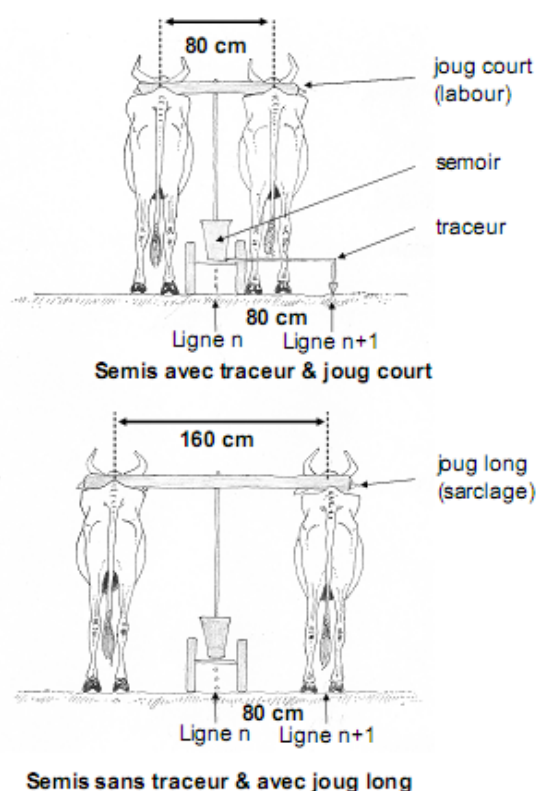
Mais les paysans, ont surtout adopté la technique du labour en billons. Elle permet de réduire significativement les temps de travaux 10 à 15 h/ha contre 20 à 40 h/ha pour un labour à plat, grâce à un espacement des intervalles de passage. Les

bandes de terres retournées sont accolées deux à deux, pour former un billon. La partie centrale du billon n'est pas ameublie ce qui peut présenter une gêne pour le développement des racines. Les contrôles des adventices est aussi moins efficace, mais cet inconvénient est aujourd'hui compensé par l'utilisation des herbicides.

2.2.4. Une technique de semis plus rapide

Les paysans ont adapté le semis mécanique pour accélérer sa réalisation (figure 3). En remplaçant, le joug court (80cm, dit de labour) par le joug long (160 cm, dit de sarclage) la ligne de semis n+1 est marquée par le zébu situé sur la partie du champ restant à semer. Le semis progresse plus rapidement qu'avec le traceur. Cet accessoire fixé au semoir s'accroche et se tord sur les obstacles (pierres, souches...) freinant le semis.

Figure 3 : Semis avec utilisation du traceur (technique recommandée par les agronomes) et semis sans traceur avec joug enjambeur (pratique courante chez les paysans)



2.2.5. Une préférence pour les outils les plus simples

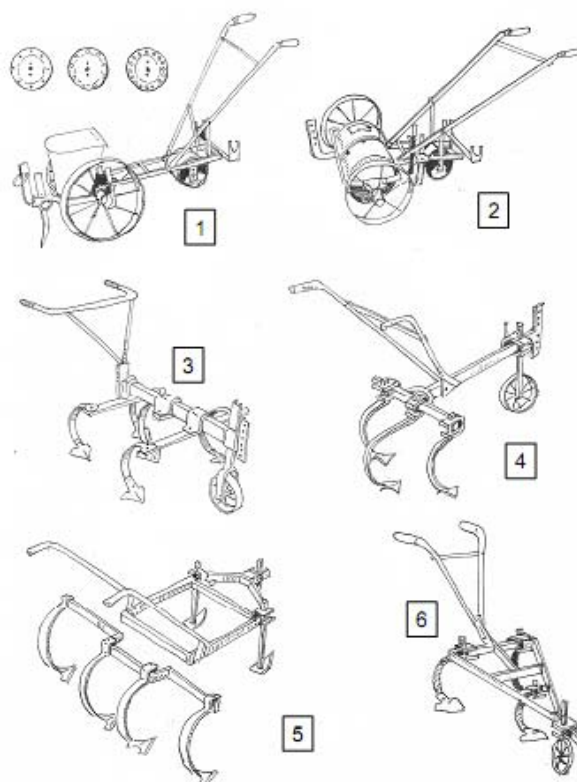
De très nombreux modèles d'outils ont été conçus par les agronomes (Le Thiec, 1996 ; Lhoste et al., 2010). Au Sénégal, plus de 80 outils furent testés à l'origine, 25 ont été préconisés par le développement et moins de 10 ont réellement été adoptés (Lhoste et al., 2010). Mais au fil du temps, ce sont les outils les plus simples, donc les moins coûteux, et les plus robustes qui se sont imposés (figure 4).

Avec le semoir SuperEco, les agronomes ont proposé un semoir de précision monorange qui assure une distribution à écartements réguliers entre les poquets sur la ligne. La distribution est effectuée par un disque incliné, perforé ou crénelé, interchangeable selon les graines à semer, entraîné par les roues support avec un système de transmission simple et robuste (Le Thiec, 1996 ; Lhoste et al., 2010). Mais un semoir monorange de fabrication artisanale moins sophistiqué et deux fois moins cher que le SuperEco connaît un très grand engouement en zone cotonnière du Mali et du Burkina Faso. Ce semoir « Tambour » est équipé d'une trémie simplifiée formée d'un cylindre perforé de 4 trous entraînée par les deux roues (figure 4).

De même le multiculteur Sine et la houe triangle conçus sur des châssis plus simples que les multiculteurs Arara et Ariana ont connu plus d'engouements (figure 4).

Les forgerons locaux, dont la production a progressivement remplacé l'importation d'outils, ont joué un rôle important dans l'adaptation des équipements, en valorisant leur connaissance du terrain et leur proximité avec les utilisateurs.

Figure 4 : Outils proposés par les agronomes (1. semoir SuperEco, 3. Multiculteur Arara, 5. Multiculteur Ariana) et outils utilisés préférentiellement par les paysans (2. semoir Tambour, 4. Multiculteur Sine, 6. Houe en triangle)



2.4. PRODUCTION DE FUMURE ORGANIQUE SIMPLIFIEE

Les paysans ont simplifié et diversifié les modes de production de fumure organique (Blanchard, 2010).

Pour le fumier, les agronomes ont recommandé sa production dans des parcs améliorés ou dans des étables juxtaposées à des fosses fumières avec apports de litière hachée, d'eau et retournements. Les détenteurs de troupeaux ont privilégié la production de fumure soit en parcs fixes (poudrette ou terre de parc), parfois avec litière non hachée (Mali-Sud), soit en parcs mobiles et tournant sur les champs (peuhls). Les paysans limités par le nombre de bovins privilégient la production à proximité du lieu de couchage des animaux et du hangar à fourrage. Les résidus de culture apportés au fumier sont principalement des refus fourragers et des ordures ménagères.

Pour le compost, les agronomes ont recommandé un mode de production intensif en fosse, avec un mélange en « mille feuilles » de résidus de culture hachés (80%) et de déjection animale (20%) copieusement arrosé (100 litres/m³). Pour limiter les travaux, les transports et les intrants, les paysans ont délocalisé une partie de la production de compost dans des fosses en bords de champs. Ils effectuent un remplissage unique de la fosse au tout début de la saison des pluies et une vidange en fin de saison sèche de l'année suivante. Ils utilisent les résidus de culture du champ, un peu de déjections animales ramenées du parc et un arrosage naturel par les pluies.

Les opérations de préparation des fumures ont été simplifiées en démarrant la production en début de saison des pluies (rendant l'arrosage facultatif) et en utilisant davantage les refus fourragers donc des résidus de culture pré-broyés par les animaux.

2.5. SYSTEMES FOURRAGERS SIMPLIFIES

Les techniques d'alimentation préconisées par les zootechniciens visent à assurer la satisfaction des besoins des animaux en énergie, en azote et en éléments minéraux. Avec les tables d'alimentation des animaux, il est possible de concevoir des rations équilibrées composées de plusieurs fourrages et aliments (Le Thiec, 1996 ; Lhoste et al., 2010).

Mais force est de constater que les pratiques paysannes sont éloignées de ces recommandations. Cette différence peut être illustrée par le cas de l'Ouest du Burkina Faso où les paysans valorisent surtout les pâturages naturels et les résidus agricoles au champ car ces ressources sont gratuites et facilement accessibles à certaines périodes. Ils adaptent les circuits de pâturages selon les saisons et les ressources disponibles (Vall & Diallo, 2009). Les quantités de fourrages stockées sont faibles et les quantités d'aliments achetés assez minimales afin de limiter les dépenses monétaires et le travail. Les quantités de fourrage et d'aliments distribuées aux animaux en saison sèche sont très inférieures aux recommandations théoriques (tableau 1) quel que soit le type d'exploitations, et surtout dans les exploitations disposant d'un troupeau important (éleveurs et agro-éleveurs). La différence est prélevée sur les parcours.

Tableau 1 : Recommandation (Le Thiec, 1996) et pratiques paysannes (nos données) pour l'alimentation en saison sèche d'un zébu mâle de 300 kg en effort moyen (4,5 UFL/j et 216 gMAD/j) avec de la paille de maïs (0,53UFL/kg et 4 gMAD/Kg) et du tourteau de coton (0,94UFL/kg et 380 gMAD/Kg)

Fourrages et aliments	Recommandation	Pratiques paysannes		
		Agriculteurs	Agro-Éleveurs	Éleveurs
Paille de maïs (kg/j)	7,7	5,2	1,9	1,4
Tourteau de coton (kg/j)	0,5	0,2	0,2	0,6

Avec l'augmentation de la pression foncière et la raréfaction des terres de parcours, les cultures à fins multiples (fourragère, alimentaire et fertilisante), nécessitant peu de travail et de dépenses en intrants (niébé, mucuna), commencent à être adoptées et l'on assiste aux prémices du développement des cultures fourragères.

3. DISCUSSION

Cette étude de l'adoption du modèle d'intégration agriculture-élevage en Afrique subsaharienne montre que l'innovation paysanne par simplification, se produit dans une logique de moindre quantité d'action. La simplification est à la fois technique (moindre action à réaliser...) et économique (moindre investissements à prévoir...). Elle correspond à une stratégie d'adaptation dans un contexte de rareté des facteurs de production tels que le capital et le travail, et répond donc à un raisonnement de coût d'opportunité.

Mais, l'innovation par simplification ne prend pas en compte les conséquences environnementales des changements de pratiques et de plus, elle se fait au prix d'une perte d'efficacité technique (conservation de l'énergie moins bonne avec des harnais trop rustiques, contrôle des adventices moins efficaces avec des techniques de culture simplifiées, moindre conservation de l'azote sans litière, etc.).

Pourtant, aujourd'hui, l'agriculture africaine doit innover pour devenir à la fois plus productive et plus durable (Petit, 2011). Il faut donc aller vers une agriculture : i) plus effective en

production, c'est-à-dire capable d'ajuster la production à la demande ; ii) plus efficiente dans l'utilisation des ressources naturelles, c'est-à-dire capable de maximiser la production (extrants) avec le minimum de moyens investis (intrants) ; et iii) plus efficace en gestion, c'est-à-dire capable d'atteindre les objectifs fixés au départ en termes d'amélioration de la productivité et de la durabilité.

Nous recommandons par conséquent : i) le développement de modèles du fonctionnement de l'exploitation permettant de produire des bilans d'efficience (rapport : outputs / inputs), d'efficacité (différence : réalisé - objectif) et d'effectivité (rapport : production avec innovation / production sans innovation) ; et ii) l'utilisation de ces modèles dans la co-conception de systèmes de production innovants.

CONCLUSION

En adoptant le modèle d'intégration agriculture-élevage proposé par les agronomes, les paysans ont simplifié les techniques de culture et de transport attelé, les modes de production de fumure organique et les systèmes fourragers en valorisant au mieux les ressources locales disponibles (savoirs faire locaux, main d'œuvre, biomasses végétales, déjections animales, parcours naturels...).

L'innovation par simplification, semble bien être guidée par le principe de moindre quantité d'action. Dans ce processus, la simplification est à la fois technique (moindre action à réaliser...) et économique (moindre investissements à prévoir...).

Ce constat effectué sur le modèle de l'intégration agriculture-élevage mériterait d'être vérifié sur d'autres innovations paysannes et validé par des comparaisons de dépenses énergétiques entre les options paysannes et les options agronomiques.

Alter N., 1999. Paris, France, Puf, 278 p.

Blanchard, 2010. Thèse doctorat. UPEC, France, 306 p.

Curasson, 1948a. Revue Elev. Med. vet. Pays trop., 2, 2 : 77-90

Curasson, 1948b. Revue Elev. Med. vet. Pays trop., 2, 3 : 151-163

Dugué P., Vall E., Klein H.D., Rollin D., Lecomte P., 2004. OCL, 11 : 268-276.

Havard M., Le Thiec G., Vall E., 1998. AMA, 29, 4 : 9-14.

Landais E., Lhoste P., 1990. Cah. Sci. Hum. 26 (1-2): 217-235

Landais E., Lhoste P., 1990. Cahiers Sciences Humaines 1990 ; 26 (1-2) : 217-235.

Le Thiec G., 1996. Montpellier, France, Cirad, Collection techniques, 355 p.

Lhoste P., Havard M., Vall E., 2010. Paris, QUAE, CTA, collection agriculture tropicale en poche, 223 p.

Petit M., 2011. Versailles, France, Editions Quae, 112 p

Vall E., 1998. Annales de zootechnie, 47, 1 : 41-58

Vall E., Diallo M.A. 2009. NSS, 17, 122-135

Vall E., Dongmo A.L., Abakar O., Meyer C., 2002. Revue Elev. Med. vet. Pays trop., 55, 2 : 117-128.

Vall E., Dugué P., Blanchard M., 2006. Cahiers Agricultures, 15, 1 : 72-79.

Vall E., Havard M., 2006. Paris, France, L'Harmattan : 341-352.

Vall E., Lhoste P., Abakar O., Dongmo A.L., 2003. Cahiers Agricultures, 12 : 219-226