

## DIAGNOSTIC EN AGROFORESTERIE DE LA CONTRADICTION ENTRE LES RESULTATS EN STATION EXPERIMENTALE ET EN CONDITIONS REELLES: NOTE TECHNIQUE

N. H. Fonton<sup>1</sup> et G. A. Agbahungba<sup>2</sup>

### Résumé

L'Agroforesterie est un système traditionnel de mise en culture des terres permettant de minimiser les apports d'intrants chimiques. Des travaux de recherche ont été entrepris dans les stations de recherche de même que par l'entremise de plusieurs projets de développement. Mais force est de constater que les résultats positifs obtenus en station sont difficilement reproductibles en milieu réel. Dans cet article les écarts entre résultats obtenus en station et ceux observés en conditions réelles sont mentionnés. La discussion a porté sur les caractéristiques du système le plus représenté, l'agriculture en couloirs et a débouché sur le diagnostic des problèmes de la planification des essais.

Mots-clés: agroforesterie, agriculture en couloirs, planification.

### INTRODUCTION

L'agroforesterie recouvre ici les techniques d'utilisation des terres dans lesquelles les arbres sont associés aux cultures, aux pâturages ou aux deux. L'association peut être immédiate en terme de temps et d'espace ou comprendre des phases. L'objectif est d'optimiser de manière soutenue la production totale par unité de surface (HEUVELDOP et LAGEMANN, 1981). Selon KERKOF (1991), l'agroforesterie est

une autre voie vers la solution du triple problème d'une faible production agricole, d'une aggravation de la pénurie de bois et de la dégradation de l'environnement.

En effet, étant donné l'appauvrissement des terres, causé d'une part par la diminution de la durée des jachères du fait du déficit en terres cultivables lié à une démographie galopante et, d'autre part, de la disponibilité limitée d'intrants externes, le développement de cette nouvelle technologie s'impose comme une nécessité en régions tropicales.

---

\*<sup>1</sup> N. H. Fonton est Docteur en sciences Agronomiques, Professeur - Assistant à la FSA/UNB; B.P. 526 Cotonou, Bénin de Terroir

<sup>2</sup> G. A. Agbahungba est Directeur adjoint de l'INRAB, B.P. 884 Cotonou, Bénin

Le parc arboré, la jachère améliorée, la haie vive, le brise vent, la culture en couloirs, la culture sur brûlis, le jardin de case, le jardin en forêt et les techniques en matière de sylvo-pastoralisme sont quelques exemples de techniques agroforestières. Parmi elles, la culture en couloirs a fait l'objet de nombreux travaux de recherche dans diverses conditions écologiques. De nombreuses stations de recherches réparties dans les zones humides, sub-humides, semi-arides et arides mènent des recherches pour mieux cerner l'interface arbre-culture. Si dans les zones humides et semi-humides des recherches concluent à de meilleurs résultats (KANG, 1993), ce n'est pas le cas en zones arides et semi-arides (CHINNAMANI, 1993). Pour ces dernières, SINGH *et al.* (1989) justifiaient déjà les premiers résultats par le problème de compétition racinaire entre culture et arbre.

Outre les considérations statistiques et agronomiques qui font défaut dans les essais et qui sont évoquées respectivement par ROGER et RAO (1990) puis par RAO et ROGER (1990), au regard des résultats en station non reproductibles en milieu réel, les expériences de cultures en couloirs soulèvent des interrogations. ONG (1994) se demande si l'agriculture en couloirs n'est pas plutôt une question écologique.

Malgré les moyens importants mis en oeuvre à travers plusieurs projets depuis plus d'une dizaine d'années, les technologies proposées

n'ont pas convaincu (KERKOF, 1991). Bien que ce système d'exploitation des terres existât traditionnellement, les modèles à suivre et les techniques ne paraissent pas simples et fiables. Force est de constater que le paysan reste toujours attaché à ses pratiques traditionnelles. Des investigations menées (KOSCHI, 1991), il s'est avéré que les résultats encourageants des premières années n'ont pas donné la preuve irréfutable de la performance des techniques agroforestières sur le terrain.

De la synthèse des résultats des essais de cultures en couloirs de son propre réseau, le Conseil International pour la Recherche en Agroforesterie (ICRAF) a conclu à l'existence des problèmes expérimentaux et d'interprétation (ONG, 1994). De plus l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA), dans son rapport annuel de 1992 conclut que les résultats positifs obtenus en station à travers plusieurs années sont difficiles à reproduire.

Ainsi se pose le problème de la contradiction entre les résultats obtenus en station et ceux observés en milieu réel. Il constitue un argument pour un regard critique sur les essais mis en place.

## Agriculture en couloirs: état de l'art

L'agriculture en couloirs ou « alley cropping », est un système cultural caractérisé par la présence sur la même parcelle des cultures annuelles et des plantes vivaces (cultures pérennes). Mais contrairement aux autres systèmes intercalaires agroforestiers, il se présente sous forme de bandes d'arbres orientées est-ouest dont les couloirs sont destinés à la culture vivrière d'où la dénomination de culture en couloirs.

L'objectif de cette technologie est l'amélioration de la fertilité des sols par l'apport de la matière organique issue de l'émondage des arbustes de façon régulière ou occasionnelle en cours de campagne. Par la décomposition de la litière, les éléments nutritifs sont mis à la disposition des cultures et maintiennent la fertilité du sol. On peut aussi disposer, selon les essences, du bois pour le chauffage ou du fourrage pour le bétail. La figure 1 donne une représentation schématique de l'idée de base du système.

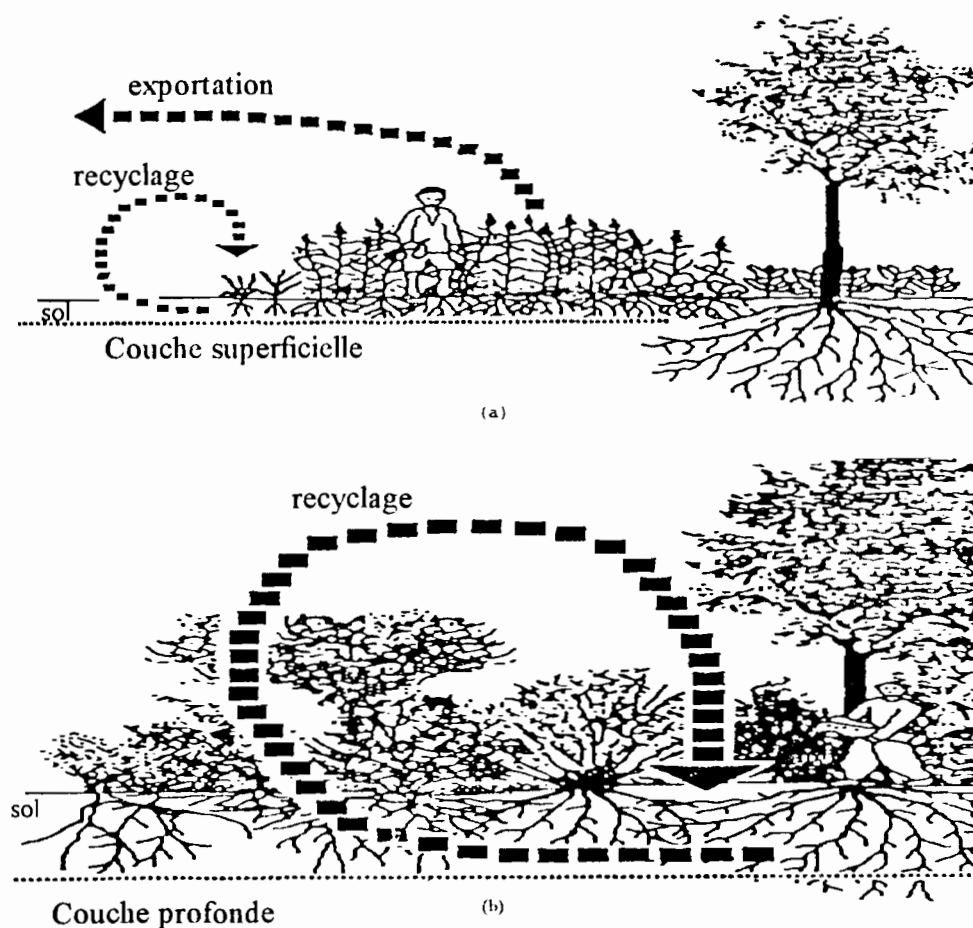


Figure 1. Exploitation pendant la période de culture (a) et reconstitution durant la période de jachère (b) de la fertilité du sol (Source: DUPRIEZ et DE LEENER, 1993).

Au départ, les espèces ligneuses utilisées ont été des légumineuses fixatrices d'azote atmosphérique tels que *Leucaena leucocephala* et *Gliricidia sepium* (KANG *et al.*, 1986). L'objectif visé était la meilleure réponse du système par rapport au témoin et aussi la meilleure combinaison espèce ligneuse/culture pour optimiser la production par unité de surface. Il a soulevé beaucoup d'autres questions à savoir l'écartement optimum entre et sur les lignes d'arbres, la fréquence d'émondage, etc..

Beaucoup de chercheurs ont cru que les bons résultats étaient transposables d'une zone écologique à une autre. Les mauvais résultats obtenus à la suite des transferts de la technologie ont permis de tenir compte des conditions d'adaptation de ces légumineuses, à savoir la fertilité de départ du sol en phosphate nécessaire pour la fixation d'azote, la profondeur du sol, etc. Ainsi, d'autres espèces furent introduites dans le système: *Sesbania grandifolia*, *Acacia auriculiformis*, *Casuarina equisetifolia*, etc., et des espèces autochtones dont la sylviculture est moins maîtrisée.

### Caractéristiques des essais et discussion

Les facteurs étudiés dans ce système se rapportent les uns à la culture pérenne et les autres à la culture annuelle. Il en est de même pour les variables observées.

Pour la culture pérenne, les facteurs et les variables sont:

Les facteurs:

- types d'essence;
- provenance;
- nombres d'élagage par an;
- périodes d'élagage;
- écartements dans les lignes et entre les lignes; etc.;

les variables:

- biomasses totale et/ou partielle;
- caractéristiques dendrométriques.
- etc..

Pour la culture annuelle, les facteurs et les variables sont:

Les facteurs:

- types de culture;
- variété;
- densité;
- date de semis; etc.;

les variables:

- biomasses totale et/ou partielle;
- rendement;
- etc.;

En ce qui concerne la mise en place des essais, seuls quatre aspects importants seront évoqués à savoir les dispositifs utilisés, l'affectation des objets, l'arrangement spatial et la durée des essais.

## A propos des dispositifs

Le dispositif expérimental le plus représenté est le dispositif en blocs aléatoires complets (BAC), puis le split-plot (SP). En effet, dans le cadre du séminaire sur l'agriculture en couloirs tenu à l'IITA (KANG et REYNOLDS, 1986), 53% des dispositifs expérimentaux présentés dans les communications étaient des BAC et 23% des SP. Ces pourcentages sont dans les mêmes ordres de grandeur que ceux relatifs aux essais agronomiques en général tels que rapportés par CLAUSTRIAUX (1977). Le *confounding* ou les blocs aléatoires incomplets n'a jamais été utilisé à notre connaissance pour limiter le nombre d'unités expérimentales.

La présence des cultures pérennes nécessite des unités expérimentales de grandes tailles en raison du développement ultérieur des arbres. D'ailleurs, l'une des explications donnée à la contradiction des résultats en station avec ceux en milieu réel est la taille très petite des unités expérimentales. A partir des investigations de ONG (1994) sur les essais de plus de cinq ans, il a été noté que les superficies des unités expérimentales sont comprises entre 28 m<sup>2</sup> et 225 m<sup>2</sup>. On assiste, dès lors, à des blocs de grandes tailles, d'où à une grande variabilité induite. Tenant compte de l'hétérogénéité des sols en milieu tropical, les blocs de petites tailles sont mieux indiqués.

En considérant que certaines interactions peuvent être confondues notamment avec le facteur blocs, le recours aux dispositifs non équilibrés et plus précisément le *confounding* semble approprié pour mettre en évidence l'interface arbre-culture.

## A propos de l'affectation des objets

La recherche a été peu ambitieuse à cause de la complexité de la planification et de l'analyse des résultats, ce qui conduit à observer parfois deux unités expérimentales, l'une pour la culture et l'autre pour les arbres. Il n'est pas rare d'avoir des essais séparés par essence forestière. On se pose alors la question de la validité des bases de comparaison des résultats surtout si l'objectif est d'identifier la meilleure association arbre-culture. Il apparaît donc clairement que l'un des aspects de la planification expérimentale, à savoir la randomisation n'est pas pris en compte.

## A propos de l'arrangement spatial

Dans l'arrangement spatial, deux haies servent pour un couloir de culture et deux haies adjacentes sont pour deux unités expérimentales différentes comme le montre la figure 2.

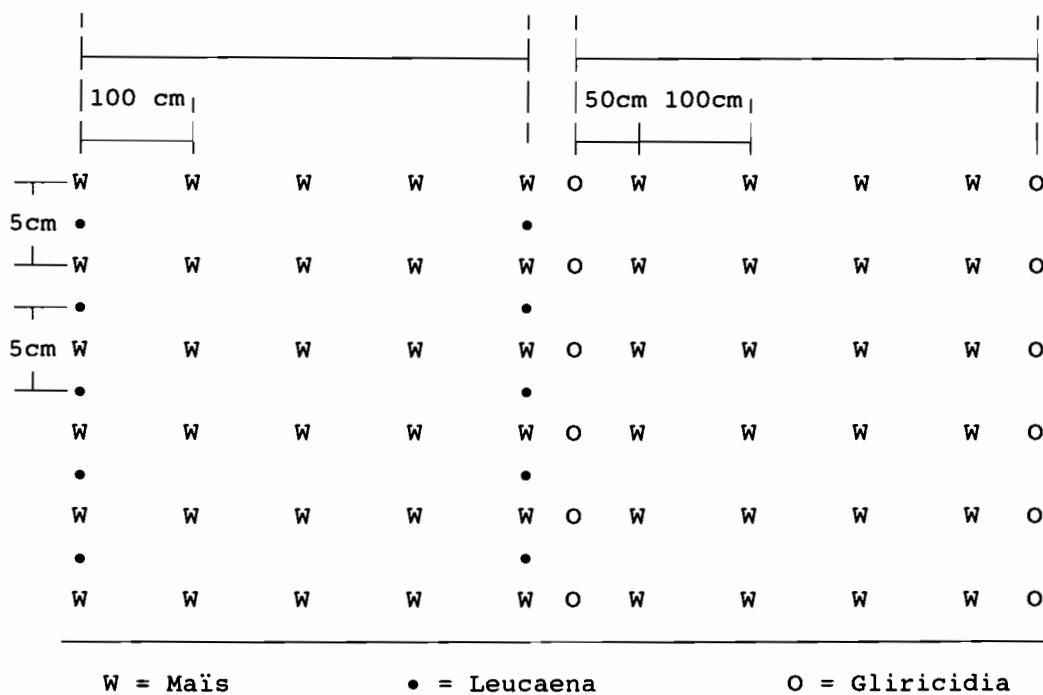


Figure 2. Disposition des haies de *Leucaena leucocephala* et de *Gliricidia sepium* pour la culture du maïs en couloirs de 4m de large. (Source: KANG et al., 1986)

Si le problème de l'ombrage des arbres est résolu non seulement par l'orientation des haies mais aussi par l'émondage des arbres, le problème de la compétition racinaire reste posé. En effet, les racines des arbres d'une unité expérimentale entrent en compétition avec les composantes d'une autre parcelle pour l'eau et les éléments nutritifs malgré parfois, l'existence d'une parcelle de garde ou de bordure. Cette compétition entre unités expérimentales est plus forte dans les zones arides (SINGH *et al.*, 1989). Dans ces conditions, nul doute qu'un tel arrangement spatial ne représente pas le système.

Dans les essais, on a également tendance à concentrer toute la biomasse au niveau des lignes centrales des cultures en privant ainsi celles se trouvant en bordure des haies. Et la justification souvent donnée à la faiblesse des rendements de ces dernières est la concurrence des arbres. Il s'agit là d'un acte délibéré visant à concentrer toute la biomasse au niveau des cultures vivrières. De même, le rendement est parfois évalué sur les lignes centrales et par conséquent les résultats obtenus sont surestimés.

Pour un système viable, on ne peut préconiser en milieu réel deux haies d'arbres pour un seul couloir. Non seulement la concurrence entre arbre et culture va s'intensifier au fil du temps, mais aussi, l'extraction des nutriments du sol sera élevée. Comme l'a souligné BUDELMAN (1989), une forte densité d'arbres conduit à l'accélération de la dégradation du sol si aucune compensation n'est faite. De même, la gestion des haies demandera un travail important.

### A propos de la durée des essais

Dans le domaine agronomique, la variation des paramètres météorologiques peut modifier profondément les résultats d'une saison à l'autre ou d'une année à l'autre; mieux, les arbres ont un certain nombre d'années de croissance soutenue. Pour les arbres à croissance rapide au Sud-Bénin, notamment *Eucalyptus camaldulensis*, *Acacia auriculiformis*, *Leucaena leucocephala*, *Eucalyptus torrelliana*, la productivité décroît entre six et dix ans (AGBAHUNGBA et FONTON, 1993; AGBAHUNGBA, 1990).

On évalue théoriquement à trois ans la durée d'implantation des essais, période qui correspond au début de l'efficacité des cultures en couloirs sur le témoin. Or dans la majorité des travaux, la meilleure performance de la culture en couloirs est évaluée avec des essais de trois ou de quatre ans ce qui devrait être une évidence puisque

cette période correspond à la période du début d'expression de l'efficacité notée ci-dessus. Les observations ne devraient donc pas s'arrêter à cette étape. Sinon, la baisse de la biomasse et la concurrence latérale des racines superficielles des arbres vis-à-vis des racines des cultures au fil du temps sont totalement ignorées.

Du point de vue statistique, la prise en compte de la durée pose un autre problème, celui de la représentativité du témoin. En effet, les témoins considérés dans les essais sont des témoins sans arbres ou des témoins avec arbres. Il est clair qu'une parcelle avec un tel témoin donnera des rendements de plus en plus faibles au fil du temps. Dans les nouveaux programmes de recherches, notamment au Bénin, le témoin est la parcelle avec engrais. Là encore, un tel témoin ne peut servir de comparaison au système parce que ne répondant plus au concept.

### CONCLUSION

La conception des expériences de cultures en couloirs semble être en faveur de cette technologie puisque tout concourt à la surestimation du rendement à l'hectare. Un regard critique sur les essais montre que la dénomination de la technologie a pris le pas sur la représentation même de l'interface arbre-culture. La performance du système d'agriculture en couloirs mise en exergue à travers de nombreux travaux de recherche doit être prise avec beaucoup de réserve.

La principale raison est que le plan expérimental utilisé ne représente pas le système de l'étude de l'interface arbre-culture. Les mêmes problèmes de planification ne se limitent pas à la technologie de culture en couloirs. Ils se retrouvent dans tous les systèmes agroforestiers étudiés en station. Il n'est donc pas surprenant que les résultats en station ne soient pas reproductibles en milieu réel.

On peut affirmer que cette contradiction entre les résultats obtenus en station et ceux observés en milieu réel s'explique par la planification non appropriée des essais.

Dès lors, on peut dire que la recherche en agroforesterie requiert des unités expérimentales de grande taille à cause du développement de la partie souterraine des arbres. Ces dernières sont d'autant plus nécessaires que pour bien représenter le système de cultures en couloirs, les arbres ou les haies d'arbres doivent faire partie intégrante de l'unité d'observations. De cette façon, trois sources d'erreurs seront écartées, à savoir :

- la concurrence pour l'eau et les éléments nutritifs entre parcelles voisines et surtout avec le témoin;
- la distribution de façon homogène de la biomasse fertilisante;
- et enfin, une meilleure estimation du rendement ramené à l'hectare prenant en compte la surface occupée par les arbres.

Il est certain que les nombreuses recherches entreprises ont servi à tirer quelques enseignements de l'interface arbre - culture. Néanmoins, la recherche en agroforesterie est assez complexe et il faudrait attirer l'attention des chercheurs sur cette complexité et envisager les programmes de recherche en tenant compte des réalités du terrain et de la représentation du système.

### REMERCIEMENT

Nous remercions le Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale (CTA) pour avoir mis à notre disposition une documentation précieuse dans le domaine de l'agroforesterie.

### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. AGBAHUNGBA G. (1990). Evaluation de la jachère plantée de Pahou. Rapport de recherche, volet plantation bois de feu au Bénin, 7 p.
2. AGBAHUNGBA G. et FONTON N. (1993). Plantation de bois de feu au Bénin *Eucalyptus camaldulensis*: un espoir sur la station forestière de Pahou. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin 8, 1-8.



3. BUDELMAN A., (1989). Nutrient composition of leaf biomasse of three selected wood leguminous species. *Agroforestry systems* 8, 39-51.
4. CHINNAMANI S., (1993). Agroforestry research in India: brief review. *Agroforestry systems* 23, 253-259.
5. CLAUSTRIAUX J. J., (1977). Etude de la robustesse de l'analyse statistique des résultats expérimentaux à répartition non conforme aux objets (Thèse de doctorat). Gembloux, Faculté des Sciences Agronomiques, 171 p.
6. DUPRIEZ H. et DE LEENER Ph. (1993). Arbres et agricultures multiétagées d'Afrique. *Terres et VIE, CTA*, 280 p.
7. HEUVELDOP J. et LAGEMANN J. (1981). *Agroforestry: Proceedings of a seminar held in CATIE, Turrialba, Costa Rica, February 23 - March 3, 1981. Fondation allemande pour le Développement International (DSE), Feldafing.*
8. KANG B. T., (1993). Alley cropping: past achievements and futur directions. *Agroforestry systems* 23, 141-155.
9. KANG B. T., VADIVEL R., OSINUBI O. A. et GATMAITAN F. M. (1986). Etablissement et entretien des cultures en couloirs. Programme des systèmes de production IITA Ibadan, Nigéria. 6 p.
10. KANG B. T. et REYNOLDS L. (1986). Alley farming in the humid and subhumid tropics. Proceedings of an international workshop held at Ibadan, Nigeria 1986. 251 p.
11. KERKOF P. (1991). *Agroforesterie en Afrique. L'Harmattan* 251 p.
12. KOTSCHI J. (1991). Pratiques d'agriculture écologiques pour les petites exploitations tropicales. *GTZ, Margraf* 207p.
13. ONG, C. (1994). Alley cropping-ecological pie in the sky? *Agroforestry today* 6 (3), 8-10.
14. RAO M. R. et ROGER J. H. (1990). Discovering in hard facts. Part two: Agronomic considerations. *Agroforestry Today* 2 (2), 11-15.
15. ROGER J. H. et RAO M. R. (1990). Discovering in hard facts. Part one: Statistical considerations; *Agroforestry Today* 2(1), 4-7.
16. SINGH R. P., ONG C.K. et SAHARAN N. (1989). Above and below ground interactions in alley cropping in semi-arid India. *Agroforestry systems* 9, 259-274.