

Etude de l'effet de bordure dans les essais forestiers en milieu tropical

FONTON H. N.¹, CLAUSTRIAUX J.J.², ODJO Th¹ & DAH-DOVONON J.³

Résumé

L'effet de bordure a été étudié à partir des essais de comparaison de la productivité d'essences forestières avec des unités expérimentales de 49 (7x7) arbres. Le dispositif expérimental est constitué de blocs aléatoires complets et de carrés latins. Les variables observées sont la hauteur et le diamètre à différents âges de 1 à 7 ans. De façon générale, la valeur du coefficient de variation des variables observées diminue lorsque la taille de la parcelle utile augmente. Néanmoins, les résultats sont statistiquement identiques d'une taille à une autre. Dès lors, des unités de petites tailles sont proposées pour accroître la précision de l'essai par l'augmentation du nombre de répétition pour le même coût. Par ailleurs le coût peut être diminué dans les mêmes conditions pour un nombre moindre d'unités.

Mots clés : Bordure, essais forestiers, provenance, taille, coefficient de variation

Abstract: Border effect in forestry essay on tropical land

The aim of this study is to examine the efficiency of border effect on the results analysis with the comparison of provenance and species of forest trees, it is recommended to take into account the border effect. Each plots has 49 trees (7x7); the border trees represent 49 % of the whole planted trees, and therefore 49 % of experimental unit. Twenty five essays were concerned with some repeated measurements. The experimental designs were randomized complete blocks and Latin square. The observed variables were total height and diameter at breast height. The analysis of variance showed that the differences between plot sizes were not significant. We conclude the use of small units under 49 trees to increase the number of repetitions and decrease the amount of the field work.

Key words: Border, forestry essays, provenance, plot size, variation coefficient

Introduction

La forêt désigne plus particulièrement une association végétale composée en prédominance d'arbres et d'autres plantes ligneuses constituant un peuplement assez dense (F.A.O., 1975). Le développement économique et l'expansion démographique font augmenter de nos jours la demande en produits forestiers de tout genre. Selon la F.A.O. (1997), deux milliards de personnes dans le monde utilisent le bois comme source d'énergie. Pour répondre à

cette demande de produits forestiers, des structures gouvernementales et non gouvernementales se sont mobilisées surtout à travers des programmes et projets de reboisement. Des études expérimentales préliminaires et d'accompagnement ont été menées avant ou durant leur exécution. Elles ont souvent pour objectifs de comparer des essences forestières ou des provenances d'essences afin d'identifier celles qui répondent le mieux et le plus rapidement possible aux besoins.

¹ Faculté des Sciences Agronomiques, Université Nationale du Bénin B.P. 526 Cotonou, Bénin

² Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques ; 2 Passage des déportés, 5030, Gembloux, Belgique ;

³ Institut National des recherches Agricoles du Bénin, B.P. 848 Cotonou

Les dimensions des parcelles expérimentales et l'importance relative des bordures est une question essentielle dans l'expérimentation forestière. Dans la littérature scientifique, la dimension des unités expérimentales des essais forestiers est liée au coefficient de variation de la caractéristique dendro-métrique étudiée (Loetssh *et al.*, 1973). S'il est admis, du point de vue statistique, que la meilleure précision est obtenue avec des unités de petites tailles, il n'en demeure pas moins que les parcelles doivent garder des dimensions suffisantes pour être représentatives notamment en ce qui concerne l'estimation du volume (Fonton, 1989). Un compromis doit donc être trouvé entre, d'une part, les impératifs de la précision statistique et, d'autre part, des contraintes pratiques du coût d'installation. De plus, comme pour la plupart des expériences relatives aux productions végétales, des interférences entre parcelles voisines dans les essais forestiers peuvent encore influencer les résultats. Ces interférences sont relatives aux traitements appliqués qui peuvent se diffuser sur les parcelles voisines où elles sont parfois liées au système racinaire ou végétatif des plantes qui franchit naturellement les limites des unités expérimentales (Dagnelie, 1981). On parle alors de l'effet de bordure.

Un autre phénomène est mis en évidence, à savoir la compétition entre individus voisins qui peut se traduire par des corrélations négatives entre parcelles voisines; elle ne résulte plus de l'hétérogénéité expérimentale proprement dite, mais elle traduit la concurrence liée à la proximité des unités. Le phénomène identique s'observe en grande culture

lorsque les parcelles sont de taille petite et sans bordure (Claustriax, 1997). Des études récentes sur cet effet de compétition ont abouti à la proposition des dispositifs expérimentaux adaptés et des méthodes spécifiques d'analyse des résultats (Claustriax *et al.*, 1997). Ces techniques qui visent à réduire les dimensions de la parcelle ne donnent pas entièrement satisfaction en pratique.

En expériences forestières, les bordures représentent une partie importante de la surface des unités expérimentales. Par exemple, pour des parcelles de 49 arbres (7x7), l'élimination des arbres de bordure aboutit à des parcelles de 25 arbres (5x5) et une réduction de l'unité expérimentale de près de la moitié en nombre d'arbres et en surface utile. A côté de ces calculs théoriques, la question fondamentale qui se pose est de savoir s'il y a vraiment un effet bordure dans le cas d'essais forestiers en milieu tropical, question qui, à notre connaissance, n'a jamais été étudiée à partir des données observées.

Disposant des résultats de plusieurs essais forestiers au Bénin, l'objectif de cette étude est donc d'étudier cet effet de bordure, en pratique et de formuler des recommandations en matière de conception de dispositif expérimental et d'interprétation des résultats.

Matériel et Méthodes

Caractéristiques des sites expérimentaux

Les expériences ont été réalisées par l'Unité de Recherche Forestière (URF) de l'Institut National des Recherches Agricoles au Bénin de 1981 à 1990. Elles ont eu lieu

sur les sites forestiers écologiquement différents de Pahou, de Toffo dans la partie méridionale du Bénin et de Toui au centre du pays..

La station de Pahou, comprise entre 6°20' et 6°25' latitude Nord et entre 2°10' et 2°15' longitude Est, est située à 40 km à l'Ouest de Cotonou, aux abords de la route Cotonou-Ouidah. La pluviométrie est caractérisée par deux saisons pluvieuses avec une pluviométrie moyenne annuelle de 900 mm (Agbahungba, 1984). Deux types de sols sont observés. Il s'agit, d'une part, de sables littoraux avec ou sans hydromorphie issus de sédiments récents, lagunaires ou marins et, d'autre part, de sols rouges, profonds, sablo-argileux issus d'une excoissance du continental terminal (sols ferrallitiques faiblement désaturés). La végétation naturelle est une savane de *lophira lanceolata*.

La station de Toffo, quant à elle, est située dans la dépression de la Lama. Cette zone est comprise entre 6°49' et 7°4' latitude Nord et entre 2°30' et 2°22' longitude Est. Elle se caractérise par un climat de transition entre le climat guinéen côtier du sud et le climat soudano-guinéen. La hauteur de pluie varie entre 800 et 1200 mm par an et est répartie sur deux saisons pluvieuses dont la plus grande se situe généralement entre mars et juillet. Les sols sont des vertisols de texture argilo-sableuse dont l'argile constituante est la montmorillonite avec une forte teneur en matière organique. Les espèces végétales les plus rencontrées dans les reliques de formations naturelles sont: *Bombax buonopozense*, *Ceiba pentandra*, *Dialium guineen*, *Diospyros mes piliformis*, *Drypetes floribunda*, *Sorindeia wameckeii*,

CreMASpora triflora, *oplismenus hirtellus*, etc (Agbahungba, 1984).

Le site de Toui est situé entre 8°25' et 8°50' latitude Nord et entre 2°36' et 2°47' longitude Est, à environ 80 km au Sud de Parakou. Il est caractérisé par un climat de type soudano-sahélien avec une seule saison de pluie de mai à octobre ; les minimum étant observés de juillet à septembre. La pluviométrie moyenne s'élève à 1181mm. Les sols sont principalement des ferrugineux tropicaux lessivés à concrétions dans du granite calco-alcalin.

Les espèces végétales les plus rencontrées sont : *Azelia africana*, *Pterocarpus erinaceus*, *Isobertinia*, *doka*, *Danielle olivieri*, *Bridelia ferruginea*, *Burkea africana*, *Vitellaria paradoxa*, *Parkia biglobosa*, *Anogeissus leicarpus*, *Hymenocardia acida*, *Prosopis africana*, *Vitex cienkowskii*, *Pseudocedula kostchyi*, *Terminalia glaucescens*, *Plumeria acutifolia*, *Anona senegalensis* (Agbahungba, 1984)

Description des essais

Dans le tableau 1, sont présentés les numéros des essais, les titres, les dispositifs expérimentaux et les variables observées. Ces essais ont pour objectif la comparaison des performances des essences forestières ou des provenances d'essences. Les essences forestières concernées sont : *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus tereticornis*, *Eucalyptus torellianan*, *Acacia auriculiformis* et *Leucocephala*.

Les dispositifs expérimentaux utilisés sont le bloc aléatoire complet et le carré latin 5x5. Quel que soit l'essai, chaque parcelle comporte 49 plants avec un espacement de 3 mètres entre les lignes et 3 mètres dans les lignes. Les paramètres dendrométriques observés sont le diamètre ou la circonférence à 1,30 m et la hauteur totale. Les mesures sont effectuées de 1 à

5 ans pour les hauteurs et de 1 à 8 ans pour les diamètres.

Modèles d'analyse statistique de l'effet bordure

Comme le montre la figure 1, quatre dimensions ou tailles de parcelles utiles ont été considérées à savoir l'ensemble de tous les arbres de la parcelle soit 49 arbres, les 25 arbres centraux, les 9 arbres centraux, et enfin l'arbre central.

Pour les trois premières dimensions de parcelle utile, la moyenne et l'écart-type de la variable observée sont calculées. L'observation réalisée sur le seul arbre central correspond à la quatrième modalité du facteur « Taille ». Celui-ci est considéré comme fixe à quatre niveaux qui s'ajoute aux autres facteurs étudiés (espèces ou provenances et blocs ou lignes et colonnes).

Tableau 1 : description des essais étudiés

Essai s	Titres	Dispositifs	Variables
1	Comparaison de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> et <i>Acacia auriculiformis</i>	Bloc Aléatoire Complet (5 blocs)	Hauteur (m) Diamètre (cm) à 1,30m
2	Comparaison de 5 provenances de <i>Eucalyptus tereticornis</i>	Carré Latin (5x5)	Hauteur (m) Diamètre (cm) à 1,30m
3	Comparaison de 5 provenances de <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Carré Latin (5x5)	Diamètre (cm) à 1,30m et Hauteur (m)
4	Eude de comportement de cinq essences forestières (<i>E.camaldulensis</i> , <i>E. tereticornis</i> , <i>E. torellina</i> , <i>L. leucocephala</i> et <i>A. auriculiformis</i>)	Bloc Aléatoire Complet (5 blocs)	Hauteurs totales (m) et Diamètre (cm) à 1,30m
5	Essai de jachère plantée	Bloc Aléatoire Complet (5 blocs)	Hauteur (m) et Diamètre (cm) à 1,30m
6	Comparaison de quatre provenances de <i>Eucalyptus sp</i>	Bloc Aléatoire Complet (5 blocs)	Hauteur (m) et Diamètre (cm) à 1,30m
7	Comparaison de quatre provenances de <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Bloc Aléatoire Complet (5 blocs)	Hauteur (m) et Diamètre (cm) à 1,30m

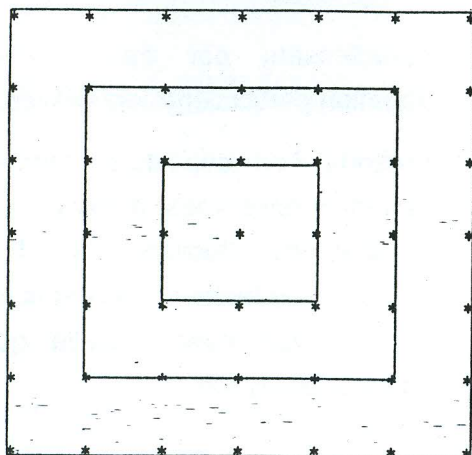


Figure 1 : Disposition des arbres au sein d'une parcelle

Une analyse de la variance, modèle croisé mixte, à trois ou quatre critères de classification, est réalisée. Ainsi, pour un essai de provenances en blocs aléatoires complets par exemple, les sources de variations sont Taille, Provenances, Blocs, Tailles-Provenances, Tailles-Blocs, constituent les erreurs de comparaison respectivement aux facteurs Tailles, Provenances et à l'interaction Tailles-Provenances.

Pour mieux apprécier l'effet de bordure, le coefficient de variation résiduelle de chaque analyse de la variance taille par taille a été calculé. Des analyses descriptives ont été effectuées pour mettre en évidence la relation entre parcelle utile et le coefficient de variation. La formule de Smith (1938) a été également utilisée pour mettre en évidence d'une autre manière, la dépendance ou non entre les différentes tailles des unités expérimentales. Le coefficient de variabilité β qui permet d'évaluer cette dépendance a été déterminé par la formule :

$$CV_n^2 = CV_1^2 / n^\beta$$

dans laquelle CV_1^2 est le carré du coefficient de variation pour les unités constituées de 1 seul arbre et CV_n^2 celui pour les unités de n arbres. Lorsque β est

proche de zéro, il s'agit d'une faible variabilité qui se traduit par une forte dépendance entre parcelles de différentes tailles. Par contre, lorsque β est proche de 1, il s'agit d'une forte variabilité qui se traduit par une faible dépendance entre parcelles de différentes tailles.

Résultats et Discussion

Examen de l'effet de bordure

Au total, 23 analyses de la variance sont réalisées. Aucune interaction entre le facteur Tailles et les traitements (essences ou provenances) n'est significative. Douze analyses montrent une différence significative entre traitements (essences ou provenances) au seuil de 5 % (tableau 2). Quant au facteur Tailles, les probabilités correspondantes sont comprises entre 0,06 et 0,99. Il ressort donc qu'il n'existe pas de différence entre Tailles.

Il apparaît donc que la prise en compte ou non de bordure plus ou moins importantes dans ces essais ne modifie guère les conclusions relatives à la comparaison des essences ou des provenances. Pour le choix d'une taille appropriée, nous avons étudié la distribution des coefficients de variation résiduels en calculant leurs quartiles afin de mieux apprécier le phénomène de bordure (tableau 3).

Comme le montre ce tableau, il ressort que les valeurs des quartiles augmentent lorsque la taille diminue. Ainsi la moitié des essais ont un coefficient de variation inférieur ou égal à 10,64 pour l'ensemble des arbres, tandis qu'il est de 11,51 et 12,73 pour les tailles 25 et 9 arbres centraux respectivement. Les variétés constitués du seul arbre central se

caractérisent par des coefficients de variation particulièrement élevés.

Lorsque l'on considère séparément les variables observées, à savoir la hauteur et le diamètre (tableaux 4 et 5), cette influence du facteur taille est la même pour les 3/4 des essais quelle que soit la variable observée.

Tableau 2. Résultats d'analyse de la variance : probabilités observées.

Essais	Agés	Variables	Tailles	Traitements
1	1	Hauteur	0,95	0,00
2	1	Hauteur	0,99	0,08
2	2	Hauteur	0,75	0,02
2	2	Diamètre	0,35	0,03
3	1	Diamètre	0,26	0,00
3	1	Hauteur	0,58	0,00
3	2	Diamètre	0,70	0,16
3	2	Hauteur	0,86	0,06
3	5	Diamètre	0,48	0,48
3	5	Hauteur	0,90	0,60
3	7	Diamètre	0,22	0,00
4	2	Hauteur	0,42	0,14
4	2	Diamètre	0,72	0,00
5	4	Hauteur	0,06	0,00
5	4	Diamètre	0,41	0,00
6	4	Hauteur	0,11	0,80
6	4	Diamètre	0,24	0,60
6	5	Hauteur	0,73	0,36
6	5	Diamètre	0,99	0,10
7	5	Hauteur	0,81	0,03
7	5	Diamètre	0,25	0,02
7	5	Hauteur	0,18	0,01
7	5	Diamètre	0,27	0,06

Tableau 3 : Quartiles (q_1 , q_2 et q_3) relatifs aux coefficients de variation pour les différentes tailles.

Taille	q_1	q_2	q_3
49	7,31	10,64	14,19
25	8,40	11,51	16,58
9	10,64	12,73	16,19
1	17,07	22,83	19,90

Tableau 4. Quartiles (q_1 , q_2 et q_3) des coefficients de variation résiduelle des hauteurs des arbres pour les différentes tailles.

Taille	q_1	q_2	q_3
49	6,63	11,66	16,59
25	7,62	12,63	20,19
9	10,22	14,13	21,80
1	16,88	19,52	25,12

Tableau 5. Quartiles (q_1 , q_2 et q_3) des coefficients de variation résiduelle des diamètres des arbres pour les différentes tailles.

Tailles	q_1	q_2	q_3
49	7,96	10,12	13,44
25	8,67	10,68	15,44
9	10,85	12,27	14,54
1	19,21	26,35	30,47

Relation essais et variabilité

Les essais possédant des coefficients de variation élevés sont les mêmes quelle que soit la taille de la parcelle utile, il s'agit des essais réalisés à Toffo. Par contre, ceux réalisés à Pahou sont caractérisés par des coefficients de variation plus faibles. Cet état de chose est sans doute lié à la nature du sol des différents sites expérimentaux et l'âge des essais.

La valeur estimée du coefficient de variabilité β est égale à 0,021. Cette valeur proche de zéro, fait état d'une forte dépendance entre les parcelles de tailles différentes et exprime que les parcelles se caractérisent par une forte similarité dans les résultats obtenus. Ce résultat confirme

ceux obtenus par la comparaison des tailles qui sont statistiquement identiques.

De ce qui précède, il est évident que prendre la totalité des arbres de l'unité expérimentale conduit à une réduction sensible de la variabilité résiduelle et par conséquent, on peut ne pas tenir compte de l'effet de bordure pour les essais. Ce qui confirme l'idée de Dagnelié (1981) selon laquelle, dans une expérimentation en verger ou en foresterie, la dimension de la parcelle devra être suffisamment grande pour que l'on obtienne des résultats représentatifs.

Conclusion

De cette étude, il ressort que si en théorie, il y a intérêt à définir sur un terrain d'une dimension donnée des unités expérimentales de dimension aussi petite que possible, en pratique et en foresterie tropicale, la petitesse d'une unité expérimentale est source de variabilité plus importante. En effet, plus la taille parcellaire est faible plus la variance observée augmente. Ce qui veut dire donc qu'en région tropicale et surtout en foresterie, la taille des unités expérimentales doit être relativement plus grande de manière à contenir un nombre relativement élevé de plantes. Par conséquent, la surface optimale proposée par Smith (1938) se présente comme suit :

$$n = \frac{\hat{\beta}c_1}{(1-\hat{\beta})c_2}$$

avec c_1 , correspondant aux frais fixes relatifs à toute parcelle d'expérience (observation, analyses de laboratoire, etc.) et c_2 aux dépenses relatives à toute parcelle unitaire minimale (coût du terrain, opérations culturales, etc.). De cette

formule, il apparaît clairement qu'une éventuelle augmentation de la taille n , est forcément liée à une réduction des coûts variables (c_2).

Références bibliographiques

Agbahungba A. G. 1984. Agroforesterie et expérience de la jachère plantée à Pahou au Bénin. Premières journées de la science et de la technologie. Cotonou, 5-11 Avril.

Claustrioux J. J., David O, Monod H et Philippeau G. 1997. La chasse aux effets de compétition. Perspectives Agricoles, 229 : 86-88.

Claustrioux J. J. 1997. Hétérogénéité et compétition. In : Séminaire " Les effets de compétition dans les essais variétaux, de plein-champ (INRA, Paris, Versailles, INRA et Boigneville, ITCF, 9/96 - 15/96.

Dagnelie P. 1981. Principes d'expérimentation. Gembloux, Presses Agronomiques, 182p.

FAO. 1975. Méthodes de plantation forestière dans les savanes africaines. Rome, Collection FAO, 194p.

FAO. 1997. Les forêts au service de la sécurité alimentaire. Nature et Faune, 13 (1): 17-19.

Loetssh F, Zöhrer F, et Haller K E. 1973. Forest inventory (vol. 2). München : Verlagsgesellschaft, 469p.

Fonton H. N. 1989. Contribution à la mise au point d'un logiciel de traitement de données de production relatives au reboisement en zone tropicale. Gembloux : Fac. Sc. Agr., 91p.

Smith F. H. 1938. An empirical law describing heterogeneity in the yields of agricultural crops. J. Agric. Sc. 28, 1-23.