

TECHNIQUES D'ÉCHANTILLONNAGE EN ÉTUDE DE VÉGÉTATION

R. GLÈLÈ KAKAI*, V. K. SALAKO* & A. M. LYKKE**

* *Laboratoire de Biomathématiques et d'Estimations Forestières, Université d'Abomey-Calavi, 04 BP 1525, Cotonou, Bénin.*

** *Department of Bioscience, Aarhus University, Vejlsovej 25, 8600 Silkeborg, Danemark*

RÉSUMÉ

Les décisions en matière de gestion forestière reposent sur des estimations permettant la connaissance du stock et de l'évolution de leurs potentiels. La précision de ces estimations s'avère donc cruciale pour des décisions raisonnées. Les techniques d'échantillonnage sont des méthodes développées pour permettre de bonnes estimations selon entre autres, les objectifs poursuivis, l'étendue de la végétation, ses caractéristiques et les moyens disponibles. La littérature forestière recèle un grand nombre de techniques d'échantillonnage qui parfois occasionne des difficultés de choix pour les utilisateurs non avertis. Le présent article fait une synthèse des techniques d'échantillonnage les plus utilisées, les conditions de leurs utilisations ainsi que leurs avantages et inconvénients.

Mots clés : Echantillonnage, Estimation, Méthodes, Aménagement forestier

SAMPLING TECHNIQUES IN VEGETATION STUDIES

ABSTRACT

Decisions in forest management are based on estimations of the stock and evolution of their potential. As such, accuracy of these estimations is crucial for reliable decisions. Sampling techniques are methods developed to allow good estimations based among others on the objectives, the extent of the vegetation, the features of the forest and the available resources. There is however a huge number of sampling techniques in the literature which often make difficult the choice for a non-specialized user. This papers deals with the review of the most used sampling techniques, conditions of their utilization and their advantages and limits.

Keywords: Sampling, Estimation, Methods, Forest Management

INTRODUCTION

Une végétation est un ensemble de populations de plantes de physionomie déterminée (Delpech, 1996). Cette physionomie est due à la dominance d'un ou plusieurs types biologiques (exemple : forêt, savane, pelouse, prairie, toundra, steppe, désert, etc.). C'est l'unité végétale de physionomie homogène essentielle pour la description du paysage (Géhu, 1987). Elle est la réponse des communautés de plantes à l'action conjuguée du climat, du sol et des facteurs biotiques. Elle est aussi communément appelée formation végétale.

Elle est différente de la communauté végétale qui désigne l'ensemble d'organismes végétaux vivant rassemblés spontanément dans une portion délimitée de l'espace encore appelée phytocénose ou groupement végétal (Géhu, 1987). Le concept de communauté végétale fait appel à la notion de composition floristique (Ex. groupement végétal à *Combretum hispidum* et *Reissantia indica* ; groupement végétal à *Deinbollia pinnata* et *Reissantia indica* ; Ganglo, 2005).

L'inventaire de la végétation est un précieux outil d'aide à la prise de décision en matière de gestion des formations végétales (Fonweban, 1995 ; Rondeux, 1999 ; Kangas & Maltamo, 2007). Du fait que les formations végétales sont souvent vastes pour faire l'objet d'un inventaire exhaustif, l'inventaire de la végétation repose presque toujours sur un échantillonnage (Picard, 2006 ; Van Laar & Akça, 2007). Dès lors, la minimisation des erreurs d'échantillonnage pendant la réalisation de l'inventaire s'avère capitale pour une plus grande fiabilité des données collectées. Autrement, un accent particulier doit être mis sur la technique d'échantillonnage qui impacte l'erreur d'échantillonnage.

Les techniques d'échantillonnage ont été largement discutées et documentées. L'objectif de ce chapitre n'est pas de faire une présentation exhaustive de ces techniques mais de rappeler sommairement les principes, avantages et inconvénients des plus utilisées. Ces avantages et inconvénients sont souvent relatifs au biais d'estimation de la moyenne et de la variance mais aussi au calcul de l'erreur d'échantillonnage, à l'utilisation pratique de ces techniques sur le terrain ainsi qu'au coût de l'inventaire. Il est cependant utile de noter que le choix d'une technique répond à des exigences du terrain ou à des objectifs bien précis et il n'est pas rare qu'un inventaire combine plusieurs d'entre elles. Une présentation plus détaillée de ces techniques est disponible dans la littérature (Rondeux, 1999 ; Lecomte & Rondeux, 2002 ; Van Laar & Akça, 2007).

TECHNIQUES D'ÉCHANTILLONNAGE

Les techniques d'échantillonnage de la végétation sont en réalité très nombreuses. Elles peuvent cependant être différenciées par une gamme variée de critères. Il s'agit notamment de l'étendue, des objectifs, de l'organisation spatio-temporelle et de l'inventaire exhaustif ou non avec ou sans placeaux (Le jeune & Rondeux, 2004). Pour décider du type d'inventaire à appliquer, il est indispensable de bien connaître les objectifs poursuivis (Schlaepfer, 1985). Dans la suite nous présentons succinctement les techniques d'échantillonnage utilisées en insistant sur leurs avantages et inconvénients.

On distingue en général deux grands groupes d'inventaires de la végétation : les inventaires d'aménagement (ou de gestion) et les inventaires nationaux ou (sous) régionaux. On distingue au sein de chaque groupe, plusieurs types d'inventaire qui se différencient par les caractéristiques telles que l'étendue (petite ou grande à très grande) à laquelle ils se réfèrent, les objectifs qu'ils visent et les méthodes utilisées pour conduire l'inventaire (Lecomte & Rondeux, 2002). Ces inventaires peuvent porter sur l'ensemble des ressources floristiques disponibles (relevés floristiques exhaustifs) ou plutôt ciblés quelques espèces particulières comme une espèce d'arbres ou un groupe d'espèce d'arbres (e.g. essence de bois d'œuvre de valeur telle que *Azelia africana* Sm, *Milicia excelsa* (Welw.) C. C. Berg, etc.) ou seulement quelques espèces de graminées (e.g. *Andropogon gayanus* Kunth, *Brachiaria ruziziensis* Germain & Evrard) ou encore quelques espèces d'arbres et de graminées à la fois.

Echantillonnage aléatoire et simple

Principe

Dans un échantillonnage aléatoire et simple, tous les placeaux d'inventaire ont non seulement la même probabilité de faire partir de l'échantillon mais ils sont aussi sélectionnés indépendamment les uns des autres (Figure 1).

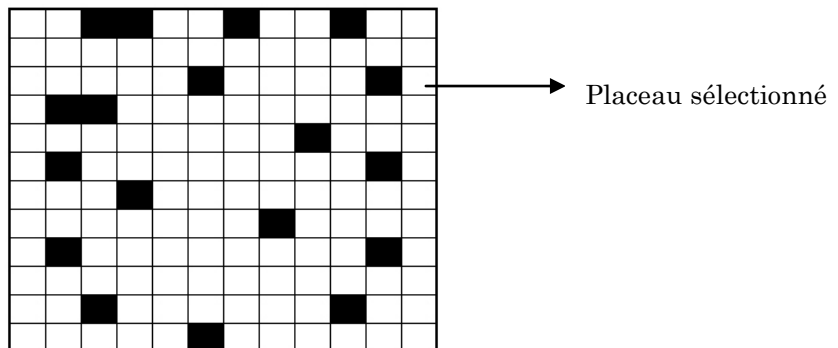


Figure 1. Dispositif d'échantillonnage aléatoire simple: chaque place au sélectionné représente un point d'observation.

Pour utiliser la méthode d'échantillonnage aléatoire et simple dans un inventaire il faut d'abord disposer de la carte de végétation du site à inventorier. Le dispositif d'inventaire aléatoire suppose une relative homogénéité de la végétation où chaque placeau doit être installé de sorte qu'il n'y ait pas de structure ou de strates. Autrement, ceci traduirait une non-homogénéité de la végétation (Bouxin, 2008) et pourrait induire des biais

d'estimations. Ensuite, on quadrille la carte de végétation du site à inventorier en des layons horizontaux et verticaux de par exemple 1 km de distance de séparation et à l'aide d'une table des nombres aléatoires, on choisit de façon aléatoire les quadrats de 1 km² à inventorier. Puis, les coordonnées géographiques de ces quadrats sont enregistrées dans un GPS grâce auquel ces quadrats sont repérés sur le terrain. Enfin, les endroits repérés sont les centres des placeaux à installer selon la forme et les dimensions retenues.

Avantages et inconvénients

L'échantillonnage aléatoire et simple présente des avantages importants: estimation non biaisée de la moyenne de la population, calcul aisé de l'erreur d'échantillonnage. Avec l'échantillonnage aléatoire, les placeaux sont sélectionnés indépendamment les uns des autres et respectent ainsi le caractère aléatoire des observations nécessaires pour les analyses statistiques. Il a pour inconvénient majeur les pertes de temps consécutives à la dispersion des échantillons. Aussi, il est assez rare que la végétation présente une homogénéité structurale justifiant l'utilisation de ce type d'échantillonnage. En cas de structure non homogène de la végétation, par exemple la présence de différents groupements végétaux au sein de la même végétation, l'échantillonnage aléatoire occasionne une perte de précision dans l'estimation des paramètres. Cette erreur étant surtout liée au fait que les formations végétales sont supposées dans ce type d'échantillonnage avoir le même poids en termes de superficie ou de densité d'arbres ou encore d'autres critères.

Echantillonnage systématique

Principe

Dans ce type d'échantillonnage, les placeaux d'inventaire sont disposés à intervalles réguliers dans la végétation suivant une direction rigide telle que chaque placeau est lié à ses voisins et la sélection d'un placeau donné entraîne systématiquement le choix des autres (Figure 2). Ce type d'échantillonnage est largement utilisé dans les inventaires forestiers nationaux.

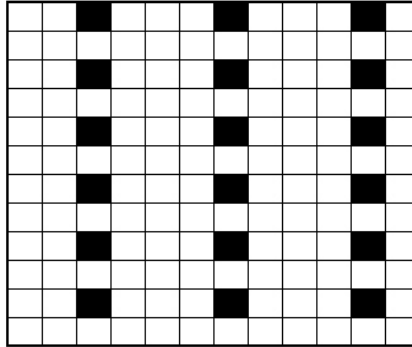


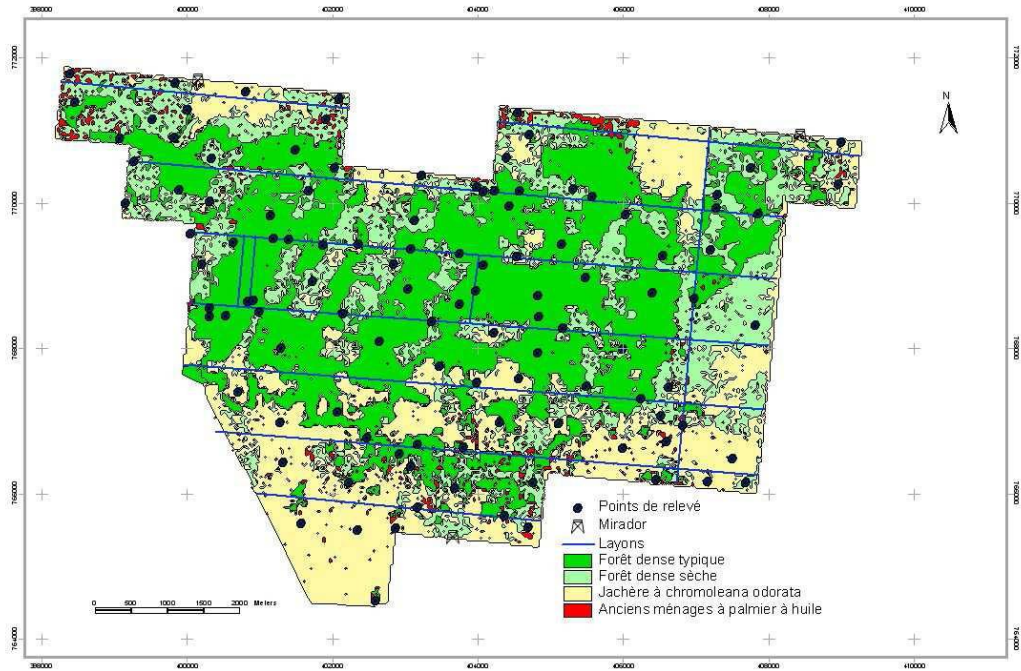
Figure 2. Dispositif d'échantillonnage systématique: chaque place au sélectionné représente un point d'observation

Avantage et inconvénients

L'avantage principal de ce type d'échantillonnage est qu'il est plus facile à réaliser sur le terrain, du fait que l'échantillon est réparti de façon égale sur toute la superficie. Comme inconvénients, le calcul de l'erreur d'échantillonnage peut être biaisé si l'on n'y prête pas attention. De même, la moyenne peut être aussi biaisée, notamment dans les cas où il existe une auto-corrélation entre points de sondage (ici des placeaux) géographiquement/spatialement très proches. C'est un échantillonnage souvent recommandé dans les inventaires forestiers à grande échelle comme les inventaires forestiers nationaux.

Encadré 1. Échantillonnage aléatoire

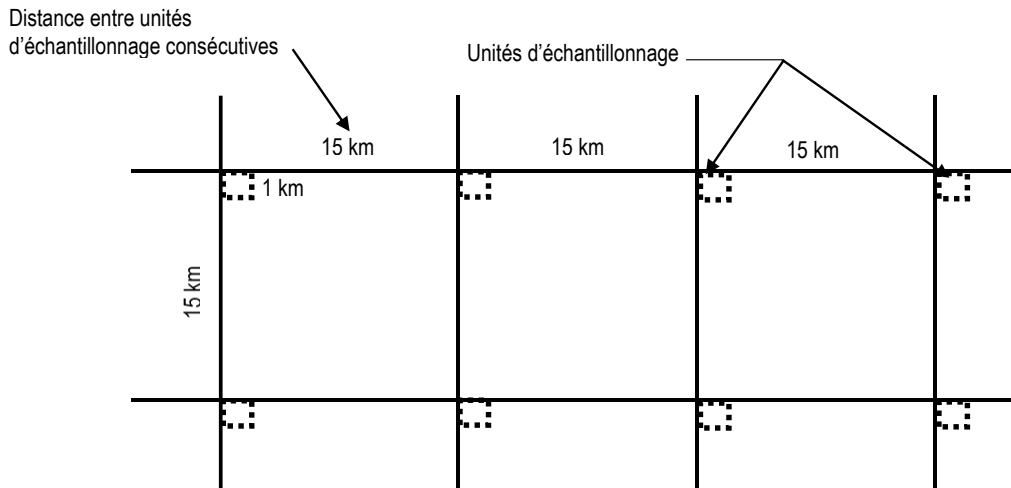
La forêt classée de la Lama est l'une des vestiges de forêt dense semi-décidue au Sud Bénin. Dans le but de collecter les données d'inventaire dans la Forêt Classée de la Lama (Bénin), la carte de végétation a été systématiquement quadrillée par le biais des layons au moyen du GPS au laboratoire. Ainsi 100 points sélectionnés avec la méthode d'échantillonnage aléatoire représentant les placeaux au sein desquels l'inventaire forestier doit être effectué, sont aléatoirement choisis à partir de cette carte. Les coordonnées géographiques de chacun de ces 100 points sont prises depuis le laboratoire et insérées dans le GPS. L'identification et l'installation des placeaux sont faites à partir de la recherche sur le terrain des centres des points-échantillons.



Carte de végétation de la Forêt Classée de la Lama avec les layons et les points (Bonou *et al.*, 2009)

Encadré 2. Echantillonnage systématique

Lors de l'inventaire forestier national 2009 (Projet Bois de Feu phase II, 2009, Bénin) 1540 unités d'Echantillonnage ont été réparties de façon systématique par groupe de 4 sur toute la surface forestière du Bénin selon une maille quadratique de 15 km. Chaque groupe de 4 unités est disposé en carré de 1 km de côté.



Echantillonnage aléatoire stratifié

Principe

L'échantillonnage aléatoire stratifié consiste à diviser la végétation en unités plus petites (strates) homogènes par rapport à un critère déterminé (le type de groupement végétal, par exemple) afin de limiter le plus possible la variabilité des caractéristiques à estimer. La stratification doit se faire *a priori* à partir d'images aériennes ou de renseignements antérieurs à l'inventaire. La distinction de différentes strates permet d'adapter à chacune d'elles le taux de sondage adéquat et de déterminer la méthode de collecte des données la plus appropriée.

Dans un inventaire forestier, on peut utiliser la télédétection spatiale ou photos aériennes lors de la première phase. Ceci permettra d'obtenir la description synthétique des peuplements et la délimitation des différents types de peuplement ; ce qui aboutira à une cartographie ou à une stratification. Un peuplement forestier est en effet un groupe d'arbres occupant un domaine donné, suffisamment uniforme du point de vue de la composition floristique, de l'âge et des conditions stationnelles de manière à

être distingué des forêts établies sur des aires voisines (Van Laar & Akça, 2007). La seconde phase de l'inventaire consiste alors à collecter les données dans les différents peuplements stratifiés dans la forêt. Généralement, on calcule d'abord le nombre n_T d'unités d'inventaire à considérer dans toute la végétation. Après cela, on calcule le nombre d'unités d'inventaire, n_S à considérer dans chaque strate en utilisant un échantillonnage proportionnel :

$$n_S = n_T \times (A_S/A_T) \quad (\text{Equation 1})$$

n_S = nombre d'unités d'inventaire à considérer dans la strate s ; n_T = nombre total d'unités d'inventaire à considérer pour la végétation ; ce nombre est calculé en supposant la normalité de la distribution d'un paramètre (surface terrière par exemple) de la population d'arbres et prend en compte la variabilité du paramètre) ; son calcul est abordé plus loin dans le texte ; A_S = superficie (ou autre critère de discrimination des strates) de la strate ; A_T = superficie totale (ou autre critère considéré).

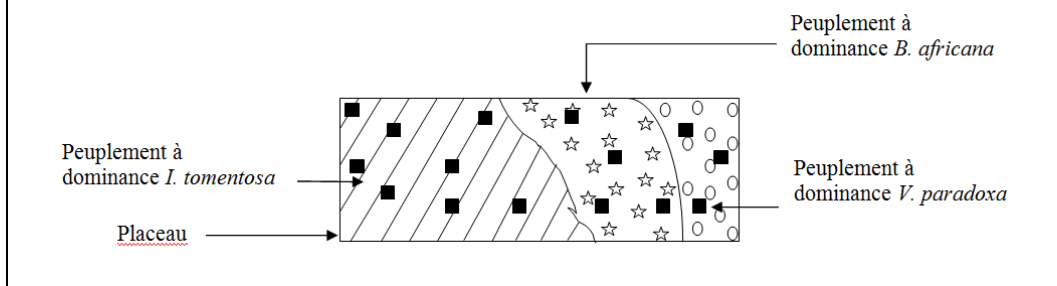
Il est utile de noter que pour la réalisation de tests statistiques de comparaison des strates, un nombre relativement important de données dans chaque strate est nécessaire. Pour cette raison, il est souvent recommandé en pratique de considérer au minimum 5 unités d'échantillonnage (placeaux) par strate, quel que soit les résultats du calcul du nombre d'unités basé sur l'échantillonnage proportionnel.

Avantages et inconvénients

Les principaux avantages de l'échantillonnage aléatoire stratifié sont liés à la possibilité d'estimer pour chaque strate, les moyennes et les variances, et ceci de façon séparée; les dispositifs d'échantillonnage différents peuvent être utilisés dans les différentes strates. Avec l'échantillonnage aléatoire stratifié, les placeaux sont sélectionnés indépendamment les uns des autres et donne ainsi le caractère aléatoire de l'échantillonnage nécessaire pour les analyses statistiques. En outre, la méthode suppose la connaissance préalable de la répartition de certaines strates dans la population et un échantillon doit être prélevé dans chaque strate si l'on souhaite effectuer une estimation relative à celle-ci. C'est la méthode d'échantillonnage la plus utilisée et recommandée pour l'étude de vastes formations végétales.

Encadré 3. Echantillonnage stratifié

On peut utiliser un échantillonnage stratifié pour installer 30 placeaux chacun dans une forêt de 709 ha en tenant compte du fait que 50 % de la forêt (354,5 ha) est constitué d'un peuplement à dominance *Isobertia tomentosa*, 30 % (212,7 ha) est un peuplement à dominance *Burkea africana* et 20 % (141,8 ha) est un peuplement à dominance *Vitellaria paradoxa*. Ainsi, en suivant ces pourcentages, on pourra installer 16 placeaux dans le premier peuplement, 8 placeaux dans le deuxième peuplement et 6 placeaux dans le dernier peuplement. Mais, il faut au préalable identifier les peuplements non seulement à partir d'une carte de végétation ou d'images aériennes ou satellitaires mais aussi les reconnaître sur le terrain, c'est-à-dire dans la forêt.

*Echantillonnage par grappes**Principe*

L'échantillonnage en grappes consiste à diviser la formation végétale à inventorier en groupes ou grappes. Ensuite, on sélectionne au hasard un certain nombre de grappes (unités primaires) pour représenter la formation végétale. Les placeaux d'inventaire sont installés sur toute la surface de chaque grappe choisie. On applique l'échantillonnage en grappes quand il est très difficile d'atteindre toutes les unités d'échantillonnage du fait d'une grande dispersion spatiale ou d'obstacles physiques empêchant l'accès. L'échantillonnage en grappes diffère de l'échantillonnage stratifié puisque contrairement à cette dernière, on subdivise plutôt une population homogène (non pas hétérogène) en grappe (sous-groupe) et on choisit aléatoirement des grappes puis on considère tous les éléments de chaque grappe. En d'autres termes, dans les strates homogènes constituées dans un échantillonnage stratifié, l'échantillonnage par grappe peut être mis en œuvre.

Avantages et inconvénients

Comme avantage, cette technique permet de limiter l'échantillon à des groupes compacts ce qui permet de réduire les coûts de déplacement, de suivi et de supervision. En outre, seuls les individus inclus dans les grappes sont

pris en compte. Cependant, ce type d'échantillonnage peut entraîner des résultats relativement imprécis par rapport aux méthodes précédentes puisque les unités voisines ont tendance à se ressembler sur le plan de la physiologie de la végétation, du fait de leur proximité.

Echantillonnage aléatoire à plusieurs degrés

Principe

Dans ce type d'échantillonnage, les unités d'échantillonnage (placeaux et placettes) sont choisies selon un ordre hiérarchique. La végétation considérée comme une population est divisée en unités primaires (placeaux), qui à leur tour sont subdivisées en unités plus petites appelées unités secondaires (placettes). Ainsi, un échantillonnage des unités primaires est d'abord réalisé et quelques-unes de ces unités sont retenues. A la seconde étape, on réalise un autre échantillonnage aléatoire dans chaque unité primaire pour choisir certaines placettes (ou unités secondaires). Par exemple, des placeaux de taille relativement grande (20 m x 20 m) sont aléatoirement choisis tandis que des placettes de taille inférieure (5 m x 5 m) sont retenues au sein de chaque placeau choisi. L'échantillonnage à plusieurs degrés est utile pour collecter différents types d'espèces sur le même site, e.g. arbre échantillonné dans les placeaux et herbacées dans les placettes.

Avantages et inconvénients

Ce type d'échantillonnage permet de comparer l'information sur différents types biologiques même si ce n'est pas possible de la collecter dans la même étendue.

Nombre d'unités d'inventaire

Le nombre d'unités d'inventaire est souvent un compromis entre le degré de précision à atteindre et les moyens et temps disponibles. Il repose notamment sur la variabilité des individus mesurés, la taille de la population et le type d'échantillonnage. En général, on suppose une distribution normale d'un paramètre donné (surface terrière, diamètre, etc.) de la végétation à estimer et on détermine le nombre n de placeaux à inventorier suivant la formule (Dagnelie, 1998):

$$n = [t_{1-\alpha/2} \times (cv/d)]^2 \text{ (Equation 2)}$$

cv = coefficient de variation du paramètre ; d = marge d'erreur d'estimation du paramètre à estimer; $5 \leq d \leq 15$ %; $t_{1-\alpha/2}$ est la valeur de la statistique t de la distribution de Student pour un risque alpha de 0,05; $t_{1-\alpha/2} \approx 2$.

Encadré 4. Nombre d'unités d'inventaire

Les travaux de Sagbo (2000) dans la Forêt Classée de l'Ouémé Supérieur au Bénin ont montré que le coefficient de variation (cv, en %) de la surface terrière des peuplements à dominance *Isobertinia* spp est de 21,2 %. En considérant que la marge d'erreur d'estimation de cette surface terrière est d'environ 5 % ($d \approx 5\%$), le nombre de placeaux (30 m x 30 m) à inventorier est $n = [2 \times (21,2/5)]^2 \approx 72$.

DÉTERMINATION DU TAUX DE SONDAGE

Le taux de sondage (ou intensité d'échantillonnage, ou taux d'échantillonnage ou fraction sondée), est le rapport entre la taille de l'échantillon et la taille de la population. Il mesure l'effort d'échantillonnage, la fraction de la population à partir de laquelle les conclusions ont été tirées. Toute chose étant égale par ailleurs, plus ce taux est élevé, plus représentatif est l'échantillon et plus précises sont les estimations. En considérant une population finie de N unités de même taille et un échantillon ayant un nombre n de ces unités (chacune de taille s), le taux de sondage f est :

$$f = n/N \text{ (Equation 3)}$$

La fixation du taux de sondage se fait normalement *a priori* (avant l'inventaire) et résulte en général d'un compromis entre la précision recherchée et les contraintes liées aux ressources disponibles (budget, temps, matériels, etc.). Il n'existe pas de règle figée en la matière. Toutefois, le taux d'échantillonnage est souvent plus intensif sur de petite étendue de végétation (e.g. propriété privée) que sur de grande étendue (e.g. inventaires forestiers nationaux ou régionaux). A titre d'indication, en République Démocratique du Congo, le taux de sondage, pour l'inventaire d'aménagement, est (a) supérieur ou égal à 1 % pour une concession de superficie inférieure à 50.000 ha ; et (b) supérieur à 0,5 % pour un massif forestier de superficie supérieure ou égale à 50.000 ha » (SPIAF 2007). Les différents taux de sondage adoptés dans les inventaires forestiers nationaux sont : 0,1 ‰ (inventaire forestier italien) ; 0,4 ‰ (inventaire forestier suédois) ; 0,5 ‰ (inventaire forestier français) et 1 (inventaire forestier néerlandais).

DISCUSSION ET CONCLUSION

Le présent article ne fait pas une description exhaustive des techniques d'échantillonnage de la végétation. Il fait plutôt le point des techniques les plus utilisées tout en insistant sur les principes, les avantages et les

inconvenients de chacune d'elles. Ainsi, cinq techniques ont été abordées à savoir l'échantillonnage aléatoire et simple, l'échantillonnage systématique, l'échantillonnage aléatoire stratifié, l'échantillonnage par grappes et l'échantillonnage aléatoire à plusieurs degrés. La détermination du nombre d'unités d'inventaire ainsi que du taux de sondage a été présentée. Un meilleur choix de la technique d'échantillonnage permettra de bonnes estimations et des conclusions cohérentes.

Toutefois, en dehors de la technique d'échantillonnage, il existe d'autres facteurs tels que les caractéristiques des unités d'échantillonnage (placeaux/placettes), la distribution spatiale des arbres (Jyrki *et al.*, 1998), les erreurs liées à l'opérateur mais aussi la qualité des appareils utilisés (Rondeux, 1999 ; Van Laar & Akça, 2007).

Les principales caractéristiques des placettes en question concernent leur taille, leur forme et leur orientation. La taille des placettes est inversement proportionnelle à la précision des estimations (Shiver & Borders, 1995 ; Salako *et al.*, 2013 ; Houéto *et al.*, 2014). L'effet de la forme et de l'orientation des placettes deviennent prépondérant en présence d'un gradient écologique comme c'est le cas dans les forêts galeries présentant une physionomie caractéristique le long du cours d'eau, laquelle physionomie s'estompe déjà à quelques dizaines de mètre du lit du cours d'eau. Dans ce cas, on préconise des placettes rectangulaires orientées dans la direction du lit du cours d'eau (Natta, 2003). En dehors de ces cas spécifiques d'hétérogénéité marquée dans une direction, le choix entre la forme circulaire, carrée et rectangulaire est dictée par des considérations de facilité d'installation sur le terrain. Ainsi, dans les forêts tropicales, il paraît plus simple d'installer des placettes à angle droit que des placettes circulaires (Rondeux, 1999).

La présentation de ces techniques d'échantillonnage devrait permettre de concevoir un bon dispositif d'inventaire de la végétation. Toutefois, l'avis d'un spécialiste est toujours conseillé en cas de doute dans le choix de la technique appropriée.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOUXIN G. 2008. Analyse statistique des données de végétation. 577p.
- DAGNELIE P. 1998. *Statistique théorique et appliquée* vol. 2. Paris, De Boeck & Larcier, Belgique, 659p.
- DELPECH R. 1996. Vocabulaire de phytosociologie et de synécologie végétale. Conseil International de la Langue Française. *La Banque des Mots*, 51 :49-87.
- FONWEBAN J.N. 1995. Modélisation de la production des peuplements forestiers : Application aux peuplements d'*Eucalyptus sativa* au Cameroun. Thèse de doctorat. ENGREF, Nancy: 197p.

- GANGLO C.J. 2005. Groupements de sous-bois, identification et caractérisation des stations forestières : cas d'un bois au Bénin. *Bois et Forêts des Tropiques* 285 (3) : 35-46.
- GEHU J.M. 1987. Des complexes de groupements végétaux à la phytosociologie paysagère contemporaine. *Inf. Bot. Ital.*, 18 (1-3), 53-83.
- HOUETO G., GLELE KAKAÏ R., SALAKO V., FANDOHAN B., ASSOGBADJO A.E., SINSIN B. & PALM R. 2014. Effect of inventory plot patterns in the floristic analysis of tropical woodland and dense forest. *African Journal of Ecology* 52: 257-264.
- JYRKI J., VANHA I. & TIINA T. 1998. Optimal sample and plot size for inventory of field and ground layer vegetation in a mature Myrtillus-type boreal spruce forest. *Ann. Bot. Fennici* 35: 191-196.
- KANGAS A. & MALTAMO M. 2007. *Forest inventory: methodology and applications*, Springer, Dordrecht.
- LECOMTE H. & RONDEUX J. 2002. Les inventaires forestiers nationaux en Europe : tentative de synthèse. *Les Cahiers Forestiers de Gembloux* 5:1-28.
- LEJEUNE P. & RONDEUX J. 2004. Inventaire forestier de gestion : proposition d'un cadre méthodologique et technique. *Forêt Wallonne* 73: 22-29.
- NATTA K. N. 2003. Ecological assessment of riparian forests in Benin: Phytodiversity, phytosociology, and spatial distribution of tree species. Thèse de Doctorat. University of Wageningen, 226 p.
- PICARD N. 2006. Méthode d'inventaire forestier. Projet de développement rural participatif dans le moyen Atlas central (projet Khénifra). Cirad 00147247 version 1: 1-42.
- PROJET BOIS DE FEU-PHASE II 2009. *Exécution d'un Inventaire Forestier National: méthodologie et résultats d'inventaire au niveau national; système de suivi et évaluation*. Bénin, DGFRN, 62 p.
- RONDEUX J. 1999. *La mesure des peuplements forestiers*. Presses Agronomiques de Gembloux, 2^{ème} éd. Gembloux, 521p.
- SAGBO P. 2000. *Etude des caractéristiques dendrométriques des peuplements naturels à dominance d'Isobertia: cas de la forêt classée de l'Ouémé supérieur au Nord du Bénin*. Mémoire d'Ingénieur Agronome, FSA/UAC, Abomey-Calavi, 94 p.
- SALAKO V. K., GLELE KAKAÏ R., ASSOGBADJO A. E., FANDOHAN B., HOUINATO M. & PALM R. 2013. Efficiency of inventory plots patterns in the quantitative analysis of vegetation: case study of tropical woodland and dense forest in Benin. *Southern Forests* 75(3): 137-143.
- SPIAF-Service Permanent d'Inventaire et d'Aménagement Forestiers. 2007. Normes d'élaboration du plan de sondage de l'inventaire d'aménagement, 12 p.
- SCHLAEPFER R. 1985. Les inventaires forestiers en Suisse. *Revue Forestière Française*, 8: 253-261.
- VAN LAAR A. & AKÇA A. 2007. *Forest mensuration*. Springer, Dordrecht.
- SHIVER B. D. & BORDERS B. E. 1995. *Sampling techniques for forest resources inventory*. John Wiley & sons, New-York, 356p.