

Volumes de bois autorisés à l'exploitation au Cameroun : détermination des valeurs maximales de dépassement tolérable

Mathurin TCHATAT¹
Michel NDOUMBÈ NKENG¹
Joseph Claude ABENA²
Bernard FOAHOM¹

¹ Institut de la recherche agricole pour le développement
Programme Forêt et bois
BP 2067, Yaoundé
Cameroun

² Ministère des Forêts et de la Faune
Direction des forêts
Yaoundé
Cameroun

Pour éviter d'abattre un volume de bois supérieur à celui autorisé, il convient de s'appuyer sur des estimations plus précises que celles dont on dispose habituellement. Au lieu de prendre en compte un tarif unique de cubage pour la zone d'activité, les auteurs proposent de déterminer un tarif par espèce dans chaque phase d'inventaire.



Opération de débardage d'une grume dans l'une des Ufa (unités forestières aménagées) étudiées.
Photo D. Onana.

Mathurin TCHATAT,
Michel Ndoumbè NKENG,
Joseph Claude ABENA,
Bernard FOAHOM

RÉSUMÉ

VOLUMES DE BOIS AUTORISÉS À L'EXPLOITATION AU CAMEROUN : DÉTERMINATION DES VALEURS MAXIMALES DE DÉPASSEMENT TOLÉRABLE

Pour estimer les volumes fûts des arbres sur pied, certains opérateurs utilisent le tarif de cubage de la phase d'inventaire de leur zone d'activité ou l'évaluent d'après leur expérience. Cependant, après l'abattage lors du calcul des volumes réels, des écarts apparaissent par rapport aux volumes estimés. Cette situation crée des controverses entre l'administration forestière et les exploitants qui doivent payer des pénalités inhérentes à ces dépassements, même s'il reste dans l'assiette de coupe un nombre important de tiges qui ont atteint le diamètre minimum d'exploitabilité (Dme). Dans le souci d'assurer une gestion rationnelle et durable des ressources forestières, le ministère des Forêts et de la Faune (Minfof) a envisagé une étude pour fixer le maximum de dépassement tolérable des volumes autorisés à l'exploitation. L'intention est de juguler les incompréhensions entre l'administration et les opérateurs économiques qui constituent des partenaires incontournables de la filière bois, au Cameroun. L'étude a porté sur douze essences principales réparties dans les quatre phases d'inventaire étudiées. Il en ressort que, dans certains cas, les tarifs de cubage en vigueur estiment assez bien les volumes réels. Mais dans bien d'autres cas, il existe une différence significative entre les volumes réels et les volumes estimés. Ceux-ci sont tantôt sous-estimés, tantôt surestimés par rapport aux volumes réels. Pour corriger ces écarts, il apparaît clairement qu'un dépassement maximal tolérable unique ne pourrait être appliqué à l'ensemble de la zone d'étude. Des dépassements maximaux tolérables sont proposés par essence et par phase d'inventaire.

Mots-clés : dépassement tolérable, inventaire, exploitation forestière, Cameroun.

ABSTRACT

STUDY ON THE MAXIMUM ALLOWABLE EXCESS OVER AUTHORIZED WOOD VOLUMES IN TIMBER LOGGING IN CAMEROON

In order to estimate timber volumes, some loggers apply volume tables while others simply rely on their experience. However, differences are observed between actual volumes after felling and the above estimates. This is a source of controversy between the forestry administration and forest loggers, who have to pay penalties for excess felling, even when a good number of trees above the minimum exploitable diameter are still standing in the area being logged. In an effort to ensure rational and sustainable management of forest resources, the Ministry of Forests and Wildlife (MINFOF) envisaged a study to set limits which exploited volumes would not be allowed to exceed. The aim is to put an end to the misunderstandings between government administration and economic operators, the two largest stakeholders in Cameroon's wood industry. The study covered twelve major timber species distributed across the four zones corresponding to the four phases of the nationwide inventory. In some cases, the volume tables gave very good estimates of the actual volumes. But in many others, the analysis showed a significant difference between actual and estimated volumes. The estimated volumes are either under or overestimated when compared with the actual volumes. To correct these differences, it was clear that a single tolerance limit could not be applied to the entire study zone. Tolerance limits were therefore proposed per species and per inventory phase.

Keywords: tolerance limit, inventory, forest logging, Cameroon.

RESUMEN

VOLUMEN DE CORTA AUTORIZADO EN CAMERÚN: DETERMINACIÓN DE LOS VALORES MÁXIMOS DE REBASAMIENTO TOLERABLES

Para calcular el volumen de fuste de árboles en pie, algunos operadores utilizan la tabla de cubicación de la fase de inventario de su zona de actividad o lo evalúan según su experiencia. Sin embargo, cuando se calcula el volumen real después del apeo, aparecen divergencias con respecto al volumen estimado. Esta situación origina polémicas entre la administración forestal y los adjudicatarios que deben pagar multas por rebasamiento de volumen, aunque quede en el área de corta un número importante de troncos que han alcanzado el diámetro mínimo de aprovechamiento (DMA). Para poder garantizar un manejo racional y sostenible de los recursos forestales, el ministère des Forêts et de la Faune (Minfof) encargó un estudio para definir el rebasamiento máximo tolerable del volumen autorizado de aprovechamiento. Se intenta acabar con los conflictos entre la administración y los operadores económicos, que son interlocutores indispensables del sector maderero camerunés. El estudio englobaba doce especies importantes distribuidas en las cuatro fases de inventario estudiadas. Los resultados demuestran que, en algunos casos, las tablas de cubicación vigentes calculan con bastante precisión el volumen real; pero en muchos otros casos, existe una diferencia significativa entre el volumen real y el estimado: a veces se sobrestima, otras se subestima. Para corregir estos desvíos, se observa con claridad la imposibilidad de aplicar un único rebasamiento máximo tolerable a toda la zona estudiada. Se proponen rebasamientos máximos tolerables por especie y fase de inventario.

Palabras clave: rebasamiento tolerable, inventario, explotación forestal, Camerún.

Introduction

La gestion des ressources forestières est une préoccupation majeure de toutes les parties qui interviennent dans la filière bois (FAO, 2003). La planification des activités d'exploitation par les administrations en charge des forêts est devenue incontournable (EBA'A ATYI, 2000). L'inventaire des ressources ligneuses constitue une étape indispensable vers cette planification, en ce sens qu'il permet d'estimer le potentiel du bois sur pied (LANLY, 1976 ; FONWEBAN, HOULLIER, 1997). L'évaluation du volume de ce potentiel utilise certains outils comme les tarifs de cubage (LANLY, 1965 ; THAIMANN, 1965 ; LANLY, LEPITRE, 1970 ; HOULLIER *et al.*, 1991).

Au Cameroun, avant toute exploitation dans une concession forestière (photo 1), l'opérateur économique doit réaliser un inventaire dit d'exploitation (à 100 % de taux de sondage). Sur la base de ce dernier, il adresse une demande dénommée certificat de coupe au ministère en charge des forêts, dans laquelle il indique les volumes fûts de la totalité des arbres et espèces qu'il souhaite extraire de l'assiette annuelle de coupe. Pour estimer ces volumes, certains opérateurs économiques utilisent le tarif de cubage de la phase d'inventaire de leur zone d'activité ou l'évaluent sur la base de leur expérience. D'autres combinent les deux méthodes et indiquent les deux volumes sur leur demande. À l'aide d'un logiciel baptisé Tiama, l'administration forestière vérifie les données d'inventaire envoyées par les opérateurs économiques. En général, les volumes obtenus avec Tiama sont différents et le plus souvent inférieurs à ceux communiqués par les exploitants pour le même nombre de tiges. L'administration forestière, prenant en compte les erreurs éventuelles du logiciel Tiama, pondère les volumes qu'elle obtient. C'est ce dernier volume qui est autorisé aux opérateurs économiques à travers le certificat d'assiette annuelle de coupe en convention provisoire (lorsque le

plan d'aménagement est en élaboration) ou le permis annuel d'opération en convention définitive (lorsque le plan d'aménagement est approuvé).

Lors du calcul des volumes réels des fûts après abattage, l'exploitant utilise des barèmes de cubage ou toute autre formule mathématique qui intègrent d'autres caractéristiques mesurées sur l'arbre (CTFT, 1989). Les différences des volumes observés après exploitation sont en général si importantes qu'elles sont sources de controverse entre les forestiers et l'administration, dont la mission régalienne est d'assurer une exploitation des ressources planifiée et durable. Il s'avère qu'en effet les exploitants forestiers sont parfois obligés de dépasser les quotas des volumes qui leur sont autorisés à extraire alors qu'il reste encore dans l'assiette de coupe un nombre important de tiges ayant atteint le diamètre minimal d'exploitation (Dme). Plus précisément, il s'agit de différences pour le même fût entre, d'une part, le

volume Tiama pondéré et, d'autre part, le volume « réel » du fût après abattage (déterminé avec un barème de cubage ou toute autre formule). Le contentieux est d'autant plus grave que ce dépassement donne souvent lieu à une pénalité infligée à l'exploitant ayant dépassé la limite de volume autorisée par l'administration forestière.

Les contestations découlant des estimations des volumes de bois avant et après exploitation ont justifié la décision d'entreprendre cette étude de la part de l'administration forestière. L'objectif principal de ce travail est de déterminer des valeurs maximales de dépassement tolérables des volumes de bois autorisés à l'exploitation par essence et par phase d'inventaire en vue de corriger les erreurs éventuellement provoquées par le logiciel Tiama. Un indicateur d'impact attendu à la suite de cette étude serait l'amélioration des relations de confiance entre l'administration et la profession.



Photo 1.
Aspect d'une concession forestière en exploitation.
Photo D. Onana.

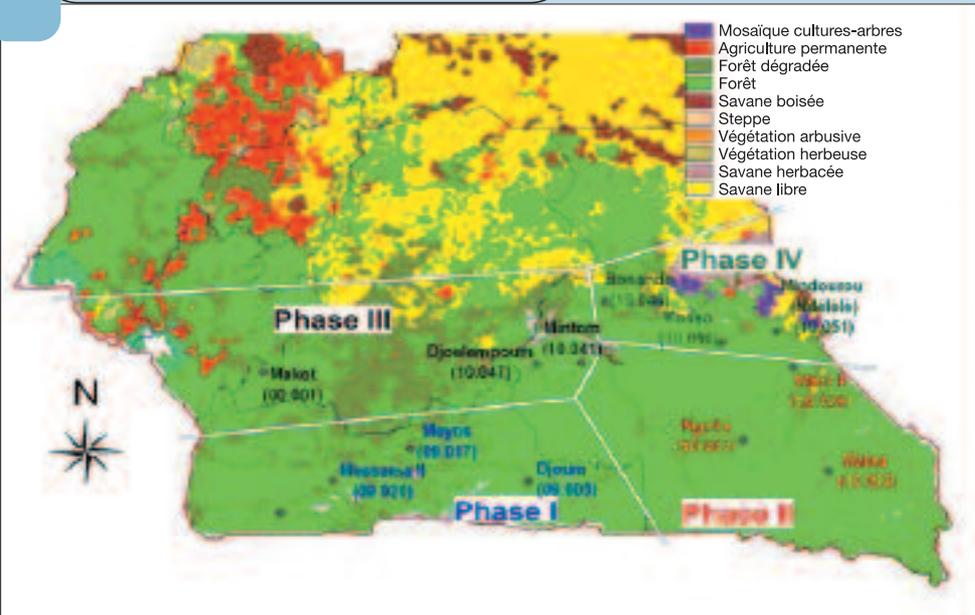


Figure 1.
Répartition des Ufa (unités forestières d'aménagement) échantillonnées par phase d'inventaire.

Le milieu d'étude

L'inventaire des ressources ligneuses de la zone des forêts denses humides du Sud-Cameroun a été mené en quatre tranches ou phases d'inventaire (figure 1). La délimitation de chacune de ces phases ne suit pas une logique de zonage écologique, elle obéit à une approche géographique. L'essentiel de l'exploitation forestière effectuée au Cameroun se déroule dans ces phases et plus encore dans les unités forestières d'aménagement (Ufa). Les inventaires conduits lors des deux premières phases (CENADEFOR, 1983, 1985) datent du début des années 1980, tandis que ceux des deux dernières phases sont un peu plus tardifs (CENADEFOR, 1987). À l'occasion de ces inventaires, des tarifs de cubage pour certaines espèces ou groupes d'espèces ont été établis pour chacune de ces phases. Pour ses prévisions et pour le calcul des volumes octroyés aux exploitants, l'administration fait appel aux tarifs de cubage élaborés lors de ces inventaires. Néanmoins, ces tarifs de cubage sont susceptibles d'induire des biais pendant les

estimations pour diverses raisons qui sont difficiles à identifier *a posteriori*. Par exemple, la variabilité de forme des fûts en fonction des sites et de la nature des forêts peut être une cause plus ou moins « naturelle », et ce n'est pas l'unique : les modalités de mesure et les paramètres retenus peuvent aussi provoquer des écarts d'estimation conséquents.

L'inventaire de la première phase (I) a couvert une superficie de 3 100 000 ha. Elle se situait au sud de l'axe Kribi, Ebolowa, Sangmelima, limite sud de la réserve du Dja. Il s'agit donc d'une bande d'environ 80 km de largeur et 350 km de longueur qui s'étend le long des frontières du Cameroun avec la Guinée équatoriale, le Gabon et le Congo. L'inventaire de la phase II avait été réalisé par le Centre national de développement des forêts (Cena-defor), actuellement Agence nationale des forêts (Anafor), en collaboration avec le Centre technique forestier tropical (Ctft), aujourd'hui le Cirad. La zone inventoriée couvrait une superficie de 3 825 000 ha dans la province de l'Est, au sud d'une ligne joignant Lomié à Yokadouma et d'une ligne joignant Yokadouma à Mboya, poste frontière avec la République centrafricaine.

La zone concernée par la phase III de l'inventaire forestier national recouvre une superficie estimée à 4 600 000 ha, partagée entre les provinces du Littoral, du Sud, du Centre et de l'Est. La phase IV est limitée au nord par la phase VII (phase non encore inventoriée), au sud par la phase II, à l'ouest par la phase III et à l'est par la République centrafricaine.

Méthodologie

Échantillonnage

La méthode d'échantillonnage stratifié a été adoptée lors de cette étude. Les strates étaient constituées par les différentes phases d'inventaire. Les unités cibles de l'échantillon étaient les titres d'exploitation, en priorité dans les assiettes de coupe concédées dans les Ufa. Trois Ufa ont été retenues par strate (phase d'inventaire), les critères de choix étant essentiellement la représentativité sur le plan spatial et le fait que l'exploitation soit ou non en activité. Le tableau I indique les Ufa retenues dans chacune des phases d'inventaire.

Collecte des données

Deux types de données ont été collectés, les données secondaires et les données primaires. Les données secondaires exploitées dans le cadre de cette étude sont celles habituellement collectées par les exploitants forestiers et qui sont consignées dans des carnets de chantier (aussi appelés DF 10). Ces données sont ensuite envoyées au ministère chargé des forêts qui les sauvegarde dans une base dénommée Sigif (Système d'information et de gestion des informations forestières). Il s'agit entre autres : des données de mensuration du diamètre gros bout (Dgb), du diamètre petit bout (Dpb) et de la longueur (L) ; des essences exploitées ; de la localité (commune ou province) où est basée l'exploitation. Ces données secondaires permettent de calculer les volumes fûts des arbres exploités.

Tableau I.
Ufa retenues dans chacune des phases d'inventaire.

Phase	Numéro d'Ufa	Village
I	09.005	Djourn
	09.017	Meyos
	09.020	Messama II
II	10.003	Ngolla
	10.022	Maléa
	10.026	Mbol II
III	00001	Makot
	10.047	Djoelempoum
	10.041	Mintom
IV	10.051	Mindourou (Ndélélé)
	10.056	Kosso
	10.046	Bonando

Tableau II.
Nom botanique des espèces citées dans le texte.

Nom commercial	Nom botanique
Acajou	<i>Khaya</i> sp.
Aningré	<i>Aningeria robusta</i>
Assamela	<i>Pericopsis elata</i>
Ayous/obéché	<i>Triplochyton scleroxylon</i>
Azobé	<i>Lophira alata</i>
Bilinga	<i>Nauclea diderrichii</i>
Bossé clair	<i>Guarea cedrata</i>
Dibétou	<i>Lovoa trichilioides</i>
Doussié blanc	<i>Azalia pachyloba</i>
Doussié rouge	<i>Azalia bipindensis</i>
Ekaba	<i>Tetraberlina bifoliolata</i>
Eyong	<i>Eribroma oblongum</i>
Fraké	<i>Terminalia superba</i>
Illomba	<i>Pycnanthus angolensis</i>
Fromager	<i>Ceiba pentandra</i>
Iroko	<i>Milicia excelsa</i>
Kossipo	<i>Entandrophragma candollei</i>
Moabi	<i>Baillonella toxisperma</i>
Movingui	<i>Distemonanthus benthamianus</i>
Naga	<i>Brachystegia cynometrioides</i>
Lotofa/nkanang	<i>Sterculia rhinopetala</i>
Okan/adoum	<i>Cylicodiscus gabonensis</i>
Padouk rouge	<i>Pterocarpus soyauxii</i>
Padouk blanc	<i>Pterocarpus mildbraedii</i>
Sapelli	<i>Entandrophragma cylindricum</i>
Sipo	<i>Entandrophragma utile</i>
Tali	<i>Erythrophleum ivorense</i>

Or, s'agissant de déterminer des valeurs maximales de dépassement tolérables des volumes à l'exploitation, il est indispensable de comparer les volumes fûts des arbres abattus à ceux estimés pour ces mêmes arbres lorsqu'ils étaient encore sur pied. En effet, ces deux types de volume permettent d'établir les intervalles de confiance des volumes estimés et des volumes calculés des arbres abattus et donc de quantifier des différences tolérables entre volumes. Cela n'est malheureusement pas possible avec les données secondaires collectées, dans la mesure où les DF 10 des arbres exploités qui parviennent au minisère ne contiennent pas des mesures de diamètre à hauteur de poitrine. C'est pourtant une variable essentielle des tarifs de cubage à une entrée, car sans elle l'estimation des volumes fûts des arbres sur pied s'avère impossible, d'où l'obligation de collecter les données primaires.

Les données primaires ont ainsi été directement collectées au sein de douze exploitations forestières, à raison de trois exploitations par phase d'inventaire. Pour l'ensemble de la zone d'étude, les données ont été prélevées sur 1 230 arbres appartenant à 37 espèces différentes. Les noms botaniques des espèces citées dans le texte sont consignés dans le tableau II.

Dans une assiette de coupe en cours d'exploitation, des mesureurs se joignaient aux équipes d'abatteurs et prenaient les mesures sur tous les arbres avant et après abattage (AVERY, BURKHART, 1983 ; PARDE, BOUCHON, 1988 ; TSHIAMALA-TSHIBANGU, 1989 ; DJOMO, 1996). En outre, des entrevues ont eu lieu avec les responsables des différentes concessions, ce qui a permis de recueillir de précieuses informations en ce qui concerne leur expérience de terrain et leur perception des problèmes et des écueils techniques.



Photo 2.
Mesure du diamètre d'un arbre sur pied.
Photo D. Onana.



Photo 3.
Mesure du diamètre à la plus grande extrémité d'un arbre abattu.
Photo D. Onana.

Les variables mesurées étaient les suivantes :

- Le diamètre à hauteur de poitrine (Dhp) avant abattage (photo 2) pour l'estimation du volume fût de l'arbre sur pied par l'application du tarif de cubage correspondant. En fait, ce sont les circonférences à hauteur de poitrine qui étaient mesurées à l'aide d'un ruban, les conversions en diamètre étant faites par la suite. Les circonférences des arbres présentant des contreforts ou des empattements étaient mesurées à 30 cm immédiatement au-dessus de ceux-ci.
- Les diamètres gros et petit bouts (Dgb et Dpb) et la longueur après abattage de l'arbre susmentionné (photo 3) pour le calcul du volume des arbres abattus par l'application du barème de cubage : tableaux à double entrée donnant les volumes des grumes en fonction de la circonférence ou du diamètre moyen (à mi-longueur) et de la longueur.

Toutes les mesures ont été faites à l'aide de rubans dendrométriques au sein de douze exploitations, à raison de trois sites par phase d'inventaire. Sur l'ensemble de la zone d'étude, l'échantillon a donc porté sur 1 230 arbres (suivant la répartition de 327 arbres pour la phase I, 407 arbres pour la II, 225 arbres pour la III et 271 pour la IV).

Traitement des données

Les données secondaires, extraites de la base de données Sigif qui a comme support le logiciel Access, ont été exportées vers Excel. Elles ont ensuite été transférées vers le logiciel d'analyses statistiques « *Statistical Analysis System* » (SAS INSTITUTE, 2001). Ces données ont permis de déterminer les quantités et les principales essences exploitées par province au Cameroun pendant la période 2002-2005.

Les données primaires saisies à l'aide du logiciel Excel ont également été transférées vers le logiciel SAS. Les analyses statistiques ont porté en définitive sur 12 essences des 37 mesurées : ayous (*Triplochyton scleroxylon*),

azobé (*Lophira alata*), eyong (*Eribroma oblongum*), fraké (*Terminalia superba*), fromager (*Ceiba pentandra*), illomba (*Pycnanthus angolensis*), movingui (*Distemonanthus benthamianus*), okan/adoum (*Cylicodiscus gabonensis*), padouk (*Pterocarpus soyauxii*), sapelli (*Entandrophragma cylindricum*), sipo (*Entandrophragma utile*) et tali (*Erythrophleum ivorense*). Les autres essences n'ont pas été prises en compte soit parce qu'elles ne font pas partie de la liste des essences « principales » dressée par l'administration, soit du fait d'un nombre d'individus statistiquement insuffisant (moins de trente).

Dans un premier temps, les volumes des douze essences retenues ont été estimés en utilisant les tarifs de cubage de leurs phases d'inventaire respectives. Dans un second temps, les volumes des mêmes essences ont été calculés en utilisant les variables mesurées sur les arbres abattus. Les analyses effectuées ont permis de comparer les moyennes des volumes de ces derniers à ceux estimés par phase d'inventaire à l'aide d'un test de Student, de déterminer, par phase d'inventaire et par essence, les intervalles de confiance et les écarts relatifs (suivant le rapport : [volume estimé – volume calculé] / volume calculé x 100). Ces écarts relatifs seront utilisés par l'administration forestière pour fixer les valeurs de dépassement tolérables des volumes de bois autorisés à l'exploitation.

Résultats et discussion

Principales essences exploitées au Cameroun

De 2002 à 2005, ce sont 328 844 tiges représentant 175 espèces différentes qui ont été extraites des forêts camerounaises, assises sur les phases d'inventaire concernées par l'étude dans les provinces du Sud, du Centre, du Littoral et de l'Est. Ces zones correspondent respectivement aux phases I à IV couvertes par l'inventaire national. Le nombre de tiges exploitées varie en fonction des provinces ; il est de 190 946, 82 282, 29 411, 26 205 respectivement dans les provinces du Centre, de l'Est, du Littoral et du Sud.

Le tableau III présente le classement des principales essences en nombre décroissant de pieds abattus dans les provinces étudiées. Il ressort que les dix essences les plus exploitées diffèrent d'une province à l'autre. Il faut noter que certaines essences occupent des places de choix dans la plupart des provinces. C'est notamment le cas du fraké, classé parmi les essences les plus exploitées dans toutes les provinces, et de l'ayous, qui occupe la première place dans le Centre et l'Est et la quatrième dans le Sud.

Volumes moyens des principales essences exploitées d'après les données du Sigif

Sur les 175 espèces de bois les plus exploitées, quelques-unes seulement le sont très fréquemment (photo 4). Le tableau IV présente les volumes moyens des essences les plus exploitées au Cameroun entre 2002 et 2005.

Ce tableau montre que, pour une essence donnée, les volumes exploités peuvent être différents dans les diverses phases d'inventaire. Cela conforte l'assertion selon laquelle à chaque type de forêt devrait correspondre un tarif de cubage.

Comparaison des volumes fûts des arbres sur pied à ceux abattus

Les résultats obtenus pour chaque phase d'inventaire sont consignés dans les tableaux Va à Vd. Ces tableaux présentent les volumes fûts moyens estimés et calculés à partir des arbres échantillonnés ainsi que leurs erreurs types, qui sont une indication de la précision avec laquelle chaque moyenne a été estimée.

De la phase I des inventaires (tableau Va), il ressort que certaines essences telles que l'ayous, le movingui et le tali présentent des différences significatives ($p < 0,05$) entre les volumes moyens estimés (volume sur pied) et les volumes calculés après abattage. Pour d'autres, ces différences ne sont pas significatives ; il s'agit de l'azobé, du fraké, de l'illomba, de l'okan et du padouk.

Pour les six espèces principales rencontrées dans la phase II des inventaires, les volumes estimés et calculés du fraké, du padouk, du sapelli et du sipo présentent des différences significatives. Par contre, les volumes de deux autres espèces (ayous et tali) ne sont pas significativement différents (tableau Vb).

Tableau III.
Principales espèces exploitées par province entre 2002 et 2005.

Rang	Province			
	Centre	Est	Littoral	Sud
1	Ayous/obéché	Ayous/obéché	Azobé	Tali
2	Iroko	Sapelli	Illomba	Movingui
3	Fraké	Tali	Fraké	Azobe
4	Sapelli	Assamela	Bilinga	Ayous/obéché
5	Lotofa/nkanang	Fraké	Tali	Fraké
6	Azobé	Sipo	Eyong	Padouk rouge
7	Doussié blanc	Iroko	Iroko	Okan/adoum
8	Movingui	Lotofa/nkanang	Naga	Ekaba
9	Illomba	Kossipo	Padouk blanc	Kossipo
10	Eyong	Bosse clair	Doussié rouge	Iroko

Tableau IV.
Volumés moyens (en m³) des essences principales exploitées entre 2002 et 2005
à partir des données du Sigif.

Nom commercial des essences	Province/Phase d'inventaire			
	Centre Phase III	Est Phases II et IV	Littoral Phase III	Sud Phase I
Acajou	9,61 ± 0,43	10,29 ± 0,97	7,48 ± 0,60	8,59 ± 1,12
Azobé	9,04 ± 0,05	7,81 ± 0,81	7,97 ± 0,04	10,21 ± 0,08
Dibetou	9,18 ± 0,07	10,33 ± 0,23	6,77 ± 0,25	11,49 ± 0,22
Iroko	10,78 ± 0,03	13,74 ± 0,19	9,30 ± 0,14	14,33 ± 0,20
Moabi	17,87 ± 0,84	25,53 ± 0,59	15,11 ± 1,69	23,52 ± 0,59
Adoum	11,81 ± 0,21	15,88 ± 0,65	10,79 ± 0,45	12,29 ± 0,16
Padouk	7,38 ± 0,11	9,45 ± 0,20	7,21 ± 0,21	8,66 ± 0,09
Sapelli	12,95 ± 0,05	12,88 ± 0,05	13,14 ± 0,67	18,18 ± 0,31
Sipo	13,24 ± 0,28	19,51 ± 0,28	8,80 ± 0,63	18,49 ± 0,52
Tali	6,23 ± 0,04	6,84 ± 0,03	5,92 ± 0,08	6,79 ± 0,04
Ayous	10,79 ± 0,03	12,71 ± 0,03	11,87 ± 0,46	14,94 ± 0,16
Eyong	7,17 ± 0,04	8,32 ± 0,18	6,29 ± 0,08	7,24 ± 0,14
Fraké	6,69 ± 0,01	7,76 ± 0,07	6,30 ± 0,05	7,53 ± 0,08
Nkanang	6,22 ± 0,03	7,55 ± 0,09	5,14 ± 0,29	7,47 ± 0,84
Movingui	6,00 ± 0,04	7,19 ± 0,17	5,22 ± 0,11	7,27 ± 0,05
Bilinga	11,00 ± 0,08	10,08 ± 1,08	8,51 ± 0,13	9,44 ± 0,16
Fromager	12,71 ± 0,15	15,00 ± 0,26	13,63 ± 0,36	12,12 ± 1,72
Illomba	7,11 ± 0,04	7,18 ± 0,28	6,65 ± 0,03	7,22 ± 0,14
Moyenne ± erreur type.				



Photo 4.
Une diversité d'essences exploitées et stockées au parc à grumes.
Photo D. Onana.

Pour ce qui est de la phase III des inventaires, les différences ne sont pas significatives pour cinq espèces bien représentées. Seul l'eyong présente des volumes moyens estimés et calculés significativement différents (tableau Vc).

Quant à la phase IV des inventaires (tableau Vd), quatre espèces principales sont bien représentées, parmi lesquelles une seule, le fraké, a des volumes moyens significativement différents.

Il ressort de ces tableaux que, dans quelques cas, les tarifs de cubage en vigueur estiment relativement bien les volumes fûts. Mais, assez souvent, les analyses statistiques montrent qu'il existe une différence significative entre les volumes estimés et les volumes calculés. Les volumes estimés sur la base des tarifs de cubage en vigueur sont tantôt sous-estimés, tantôt surestimés par rapport aux volumes calculés des

Tableau Va.
Comparaison des volumes de bois dans la phase I.

Essence	Volume moyen estimé (m ³) ¹	Volume calculé après abattage (m ³) ¹	Degré de signification ²
Ayous	14,36 ± 0,904	10,97 ± 0,871	S
Azobé	10,01 ± 0,820	11,64 ± 0,935	NS
Eyong	/	/	/
Fraké	8,46 ± 1,000	8,69 ± 1,227	NS
Fromager	/	/	/
Illomba	8,59 ± 0,482	8,55 ± 0,936	NS
Movingui	10,03 ± 0,425	8,33 ± 0,474	S
Okan/adoum	12,16 ± 1,083	11,13 ± 1,115	NS
Padouk rouge	9,15 ± 1,084	8,74 ± 1,294	NS
Sapelli	/	/	/
Sipo	/	/	/
Tali	9,26 ± 0,399	7,46 ± 0,297	S

¹ Moyenne ± erreur type.

² NS = différence non significative (p > 0,05) ;

S = différence significative (p < 0,05).

Les valeurs de certaines essences marquées « / » n'ont pas pu être analysées du fait de leur nombre statistiquement insuffisant (< 30).

mêmes arbres. De même, il n'est guère possible de prédire la variabilité des volumes (calculés et estimés) d'une même espèce à l'intérieur de phases d'inventaire différentes. À titre d'exemple, le tarif de cubage estime bien le volume réel de l'ayous dans la phase I, ce qui n'est pas le cas dans les trois autres phases. Ces différences justifient l'incompréhension qui existe entre les exploitants forestiers et l'administration forestière. Dès lors, la question qu'on est en droit de se poser est celle de savoir quels coefficients de pondération (ou valeurs maximales de dépassement tolérées) peuvent être admis et utilisés pour corriger les volumes estimés par le logiciel Tiam.

Intervalles de confiance et valeurs maximales de dépassement tolérées

Le tableau VI présente les intervalles de confiance des volumes unitaires bruts estimés et calculés après abattage à partir des échantillons de la population. Ces intervalles ont été calculés à un niveau de signification de 95 %, indiquant qu'il y a une chance sur vingt qu'ils ne contiennent pas le volume réel moyen de la population. Ce tableau indique que, pour la plupart des espèces étudiées, les intervalles de confiance aussi bien des volumes estimés que ceux calculés en utilisant le barème de cubage paraissent assez variables quelle que soit la phase. Ces données montrent bien que les tarifs de cubage actuels, utilisés pour l'estimation des volumes de bois au Cameroun, induisent des écarts importants vis-à-vis des volumes de bois réellement exploités. Étant donné que les valeurs estimées et calculées varient notablement pour une même espèce se trouvant dans des zones d'inventaire différentes, il en ressort qu'une tolérance unique ne pourrait être appliquée, comme le fait l'administration en pondérant les volumes estimés par Tiam (à + 10 %) quelles que soient l'espèce d'arbre et la phase d'inventaire.

Tableau Vb.
Comparaison des volumes de bois dans la phase II.

Essence	Volume moyen estimé (m ³) ¹	Volume calculé après abattage (m ³) ¹	Degré de signification ²
Ayous	15,19 ± 0,631	14,19 ± 0,672	NS
Azobé	/	/	/
Eyong	/	/	/
Fraké	10,19 ± 0,620	12,72 ± 0,753	S
Fromager	/	/	/
Illomba	/	/	/
Movingui	/	/	/
Okan/adoum	/	/	/
Padouk rouge	7,90 ± 0,931	10,07 ± 1,218	S
Sapelli	19,13 ± 0,644	17,71 ± 0,605	S
Sipo	26,44 ± 5,695	24,26 ± 3,499	S
Tali	8,09 ± 0,288	7,134 ± 0,327	NS

¹ Moyenne ± erreur type.

² NS = différence non significative (p > 0,05) ;

S = différence significative (p < 0,05).

Les valeurs de certaines essences marquées « / » n'ont pas pu être analysées du fait de leur nombre statistiquement insuffisant (< 30).

Tableau Vc.
Comparaison des volumes de bois dans la phase III.

Essence	Volume moyen estimé (m ³) ¹	Volume calculé après abattage (m ³) ¹	Degré de signification ²
Ayous	7,28 ± 0,460	7,26 ± 0,396	NS
Azobé	11,77 ± 0,899	12,93 ± 1,118	NS
Eyong	7,69 ± 0,537	9,16 ± 0,672	S
Fraké	7,53 ± 0,609	8,010 ± 0,608	NS
Fromager	/	/	/
Illomba	/	/	/
Movingui	6,49 ± 0,297	5,57 ± 0,41	NS
Okan/adoum	/	/	/
Padouk rouge	/	/	/
Sapelli	/	/	/
Sipo	/	/	/
Tali	9,76 ± 0,501	9,60 ± 1,829	NS

¹ Moyenne ± erreur type.
² NS = différence non significative (p > 0,05) ;
S = différence significative (p < 0,05).
Les valeurs de certaines essences marquées « / » n'ont pas pu être analysées du fait de leur nombre statistiquement insuffisant (< 30).

Tableau Vd.
Comparaison des volumes de bois dans la phase IV.

Essence	Volume moyen estimé (m ³) ¹	Volume calculé après abattage (m ³) ¹	Degré de signification ²
Ayous	13,86 ± 0,572	13,15 ± 0,514	NS
Azobé	/	/	/
Eyong	/	/	/
Fraké	7,62 ± 0,317	9,69 ± 0,349	S
Fromager	19,64 ± 2,223	18,22 ± 2,015	NS
Illomba	/	/	/
Movingui	/	/	/
Okan/adoum	/	/	/
Padouk rouge	/	/	/
Sapelli	16,86 ± 2,224	17,89 ± 1,745	NS
Sipo	/	/	/
Tali	8,39 ± 0,897	7,66 ± 0,891	NS

¹ Moyenne ± erreur type.
² NS = différence non significative (p > 0,05) ;
S = différence significative (p < 0,05).
Les valeurs de certaines essences marquées « / » n'ont pas pu être analysées du fait de leur nombre statistiquement insuffisant (< 30).

Les valeurs positives ou négatives des coefficients de pondération permettant d'apprécier les écarts pour chaque essence et chaque phase sont consignées dans le tableau VII. Elles vont, en principe, servir à réduire les biais imputables à la méthode d'estimation des volumes par le logiciel Tiama. Quand les valeurs estimées et calculées ne sont pas significativement différentes, la valeur de tolérance s'avère nulle ou négligeable. C'est le cas, par exemple, de l'illomba de la phase I et de l'ayous de la phase III. Par contre, le logiciel sur-estime beaucoup (+ 31 %) le volume de l'ayous de la phase I et sous-estime nettement (- 20 %) le volume du fraké de la phase II.

Conclusion

Cette étude avait pour objectif principal de déterminer des valeurs maximales de dépassement tolérables des volumes autorisés à l'exploitation forestière par essence et phase d'inventaire. Plus précisément, il s'agissait de comparer les volumes des arbres estimés et ceux abattus, puis de déterminer les intervalles de confiance. Les résultats obtenus montrent qu'il existe dans bien des cas des différences significatives entre les volumes estimés par tarif de cubage et les volumes calculés sur les arbres abattus. De même, les intervalles de confiance déterminés à un seuil de signification de 5 % présentent d'assez grandes variabilités d'une phase à l'autre, et même souvent au sein de la même phase. Enfin, les valeurs de tolérance obtenues indiquent, pour les espèces étudiées, des valeurs relativement variables non seulement d'une essence à l'autre mais aussi d'une phase d'inventaire à l'autre pour une même essence.

Ces résultats viennent conforter l'hypothèse selon laquelle certains facteurs, y compris l'ancienneté des tarifs de cubage, sont susceptibles d'introduire des biais lors des estimations. En effet, les forêts dans lesquelles ces tarifs avaient été établis ont certainement évolué et/ou subi des modifica-

Tableau VI.

Détermination des intervalles de confiance à 95 % des volumes de bois estimés (IC1) et mesurés (IC2).

Essence	Phase I		Phase II		Phase III		Phase IV	
	IC 1	IC 2	IC 1	IC 2	IC 1	IC 2	IC 1	IC 2
Ayous	[12,42 ; 16,30]	[9,11 ; 12,84]	[13,93 ; 16,44]	[13,16 ; 15,82]	[6,34 ; 8,21]	[6,46 ; 8,07]	[12,73 ; 14,99]	[12,13 ; 14,16]
Azobé	[8,30 ; 11,72]	[9,69 ; 13,59]	/	/	[9,92 ; 13,62]	[10,63 ; 15,23]	/	/
Eyong	/	/	/	/	[6,56 ; 8,82]	[7,75 ; 10,57]	/	/
Fraké	[6,70 ; 10,99]	[6,06 ; 11,32]	[8,94 ; 11,45]	[11,19 ; 12,24]	[6,26 ; 8,80]	[6,74 ; 9,28]	[6,99 ; 8,25]	[8,99 ; 10,38]
Fromager	/	/	/	/	/	/	[14,87 ; 24,41]	[13,90 ; 22,54]
Illomba	[7,59 ; 9,59]	[6,61 ; 10,48]	/	/	/	/	/	/
Movingui	[9,18 ; 10,88]	[7,38 ; 9,28]	/	/	[5,80 ; 7,10]	[4,73 ; 6,42]	/	/
Okan	[9,96 ; 14,35]	[8,86 ; 13,39]	/	/	/	/	/	/
Padouk rouge	[6,74 ; 11,56]	[5,85 ; 11,62]	[5,79 ; 10,01]	[7,32 ; 12,83]	/	/	/	/
Sapelli	/	/	[17,85 ; 20,40]	[16,52 ; 18,91]	/	/	[11,90 ; 21,81]	[14,00 ; 21,77]
Sipo	/	/	[13,55 ; 39,32]	[16,34 ; 32,17]	/	/	/	/
Tali	[8,47 ; 10,06]	[6,87 ; 8,05]	[7,52 ; 8,66]	[6,48 ; 7,79]	[8,74 ; 10,78]	[5,89 ; 13,32]	[6,44 ; 10,35]	[5,72 ; 9,61]

tions diverses : croissance, exploitations forestières, etc., d'où l'intérêt de les réactualiser. Mais, dans l'attente de cette réactualisation dans différents types de forêt, les valeurs de tolérance proposées dans le cadre de cette étude peuvent constituer un premier pas pour pallier les erreurs actuellement constatées et limiter ainsi les incompréhensions entre deux partenaires aux intérêts parfois antagonistes : les compagnies forestières désirant exploiter un volume de bois maximal et l'administration forestière devant assurer une planification rigoureuse des ressources ligneuses.

Actuellement, l'administration, par mesure de précaution, majore systématiquement, suivant un taux arbitraire de 10 %, les volumes estimés par Tiama pour autorisation de coupe ; et cela quelles que soient l'espèce et la phase d'inventaire. La présente étude suggère une approche différente : elle propose des valeurs de tolérance qui varient en fonction des diverses phases d'inventaire et donc des différentes zones forestières.

Les cas de l'ayous et du fraké sont à retenir à titre d'exemple : pour l'ayous, le volume estimé par Tiama est majoré de 31 % dans la zone d'inventaire de la phase I, tandis qu'il l'est seulement de 7 % en phase II, de

0 % en phase III et de 5 % en phase IV. Quant au fraké, il est minoré d'environ 20 % en phases II et IV.

Par ailleurs, pour peaufiner les valeurs, il est possible de créer une application sur la base du logiciel Excel, permettant de générer les volumes actualisés à partir des paramètres provenant des inventaires des compagnies forestières.

Enfin, une recommandation peut être formulée à l'endroit des exploitants forestiers : celle de sensi-

biliser leur personnel sur la nécessité de faire effectivement des mensurations fiables sur les arbres. En effet, les entretiens avec des équipes d'inventaire rapportent que certains mensurateurs estiment les paramètres des arbres (Dh, longueur du fût...) juste en les regardant. Cette façon d'agir contribue sans nul doute à exagérer le décalage observé entre les volumes estimés sur pied et les volumes calculés après abattage.

Tableau VII.

Écart d'estimation (%) pour les seuils de tolérance par espèce et par phase.

Espèce	Phase I	Phase II	Phase III	Phase IV
Ayous	+ 31	+ 7	0	+ 5
Azobé	- 14	/	- 9	/
Eyong	/	/	- 16	/
Fraké	+ 3	- 20	+ 6	- 21
Fromager	/	/	/	+ 8
Illomba	0	/	/	/
Movingui	+ 20	/	+ 17	/
Okan	+ 9	/	/	/
Padouk rouge	+ 5	- 22	/	/
Sapelli	/	+ 8	/	+ 11
Sipo	/	+ 9	/	/
Tali	+ 24	+ 14	+ 2	+ 10

Remerciements

Nous remercions le ministère des Forêts et de la Faune qui a assuré le financement de cette étude, les cadres de la Direction des forêts MM. Ntsengue, Petang, Dongmo et Foe pour leur appui. Tous nos remerciements vont également à MM. Paul Fomisang et Elvis Keleko du cabinet d'études Ica Consult, qui ont joué un rôle majeur dans la réalisation de cette étude.

Références bibliographiques

- AVERY T. E., BURKHART H., 1983. Forest measurements. New York, États-Unis, Mc Graw-Hill, 3^e édition, 235 p.
- CENADEFOR, 1983. Inventaire des ressources forestières du Sud Cameroun (1^{re} tranche). Fascicule I : description de la région inventoriée, méthode et réalisation de l'inventaire. Nogent-sur-Marne, France, Ctft, 133 p.
- CENADEFOR, 1985. Inventaire des ressources forestières du Sud Cameroun (2^e tranche). Fascicule I : description de la région inventoriée, méthode et réalisation de l'inventaire. Nogent-sur-Marne, France, Ctft, 128 p.
- CENADEFOR, 1987. Inventaire des ressources forestières du Cameroun. Phase III. Rapport d'étape, volume II. Québec, Canada, Groupe Poulin Thériault, 35 p. + annexes
- CTFT, 1989. Mémento du forestier. Paris, France, Ctft/ministère de la Coopération et du Développement, coll. « Techniques rurales en Afrique », 3^e édition, 1 266 p.
- DJOMO N. A., 1996. Techniques des mesures des arbres et des peuplements forestiers. Yaoundé, Cameroun, Cedef, tome 1, 193 p.
- EBA'A ATYI R., 2000. TROPFORMS, a decision support model for sustainable management of South-Cameroun. Kribi, Cameroun, Tropenbos Cameroon Programme, Tropenbos-Cameroon Series 2, 202 p.
- FAO, 2003. Étude prospective du secteur forestier en Afrique. Rapport régional - opportunités et défis à l'horizon 2020. Rome, Italie, Fao, Études Fao Forêts n° 141, 76 p.
- FONWEBAN J. N., HOUILLIER F., 1997. Tarif des peuplements et modèles de production pour *Eucalyptus saligna* au Cameroun. Bois et Forêts des Tropiques, 253 : 21-36.
- HOUILLIER F., BOUCHON J., BIROT Y., 1991. Modélisation de la dynamique des peuplements forestiers : état et perspectives. Revue Forestière Française, 43 : 87-108.
- LANLY J.-P., 1965. Les tarifs de cubage. Bois et Forêts des Tropiques, 100 : 20-25 ; 101 : 17-28.
- LANLY J.-P., 1976. Les inventaires des forêts tropicales pour les décisions en matière d'investissement industriel. Rome, Italie, Fao, 12 p.
- LANLY J.-P., LEPITRE C., 1970. Estimation des volumes commercialisables dans les inventaires forestiers tropicaux par sondage. Bois et Forêts des Tropiques, 129 : 49-68.
- PARDEJ., BOUCHON J., 1988. Dendrométrie. Nancy, France, Engref, 2^e édition, 328 p.
- SAS INSTITUTE Inc., 2001. SAS User's Guide Statistics. Cary, N.C., États-Unis, SAS Institute Inc., Release 8.2.
- THAIMANN A., 1965. À propos du tarif de cubage. Bois et Forêts des Tropiques, 101 : 29-35.
- TSHIAMALA-TSHIBANGU N., 1989. Dendrométrie. Ensa, Centre universitaire de Dschang, Cameroun, 91 p.