

## Volume de bois et biomasse ligneuse

### RÉSUMÉ

Le volume de bois et la biomasse ligneuse aérienne présents dans les forêts ont été estimés pour chaque pays en 2000. L'évolution de ces paramètres dans les années 90 a été évaluée au niveau mondial. Les informations servant à appuyer les estimations du volume et de la biomasse des forêts n'étaient cependant pas disponibles pour beaucoup de pays, notamment ceux des zones tropicales. Il a donc fallu recourir à des hypothèses et des extrapolations. Pour l'année 2000, l'estimation du volume de bois mondial provenant des forêts s'élève à 386 milliards de mètres cubes, et celle de la biomasse aérienne mondiale à 422 milliards de tonnes. Les résultats ont montré que le volume de bois s'est accru de 2 pour cent durant les années 90, dans une large mesure, en raison de l'accroissement dans les forêts tempérées et boréales. Au cours de la même période, la biomasse ligneuse aérienne a diminué de 1,5 pour cent environ. Cette augmentation du volume de bois, simultanée à une diminution de la biomasse ligneuse, s'explique par la perte des forêts tropicales, qui contiennent un volume de biomasse beaucoup plus élevé par rapport au volume de bois sur pied, comparée aux forêts boréales où des gains ont été enregistrés.

### INTRODUCTION

Le volume de bois et la quantité de biomasse ligneuse sont d'importants indicateurs du potentiel des forêts à fournir du bois et à piéger le carbone. Le bois est utilisé comme matériel de construction, matière première dans l'industrie de la pâte et du papier, combustible et source d'énergie, ainsi que pour une grande variété d'autres usages. Étant donné que ces forêts piègent et emmagasinent de grandes quantités de carbone dans leur biomasse ligneuse, on estime qu'elles jouent un rôle potentiellement important comme régulateur du climat mondial. Par ailleurs, les forêts sont aussi une source d'émission de carbone lorsqu'elles sont brûlées ou lorsque le bois et d'autres matières organiques se décomposent, dégageant du dioxyde de carbone dans l'atmosphère.

Le rôle important des forêts comme puits (et source) terrestre de dioxyde de carbone a fait l'objet d'une attention particulière, depuis l'adoption en 1997 du Protocole de Kyoto de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Bien que le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC 2000) ait estimé la teneur en carbone des écosystèmes forestiers (tableau 2-1), les données sont très incomplètes et incertaines. Il n'a pas été possible de déterminer la quantité de carbone présente dans la biomasse ligneuse sans un certain nombre d'hypothèses et d'incertitudes. Même si les inventaires forestiers nationaux, entrepris dans de nombreux pays, sont souvent une importante source de renseignements et d'informations sur la productivité nette et la biomasse, les méthodes appliquées diffèrent et les données ne sont pas toujours disponibles ou adaptées pour être synthétisées au niveau régional ou mondial (SMOT 2000, 2001).

Les statistiques sur le volume et la biomasse figurent parmi les principaux paramètres de FRA 2000. Les données ont été compilées à partir de sources d'informations nationales en suivant les termes et les définitions standardisés. Pour FRA 2000, le volume de bois est défini comme le «volume de bois brut sur pied et sur écorce (allant de du niveau inférieur de la partie de la tige, jusqu'à la première ramification nette de la tige) de tous les arbres vivants, ayant un diamètre supérieur à 10 cm à hauteur de poitrine (ou au-dessus de la limite du contrefort si celle-ci est à plus haute)» (FAO 1998a)<sup>1</sup>. (La définition exclut les branches.) Ce terme est dit «volume sur écorce» (VSE). La «biomasse ligneuse aérienne» a été définie, pour l'évaluation, comme «la quantité totale de matière ligneuse aérienne (tronc principal, écorce, branches, brindilles) des arbres, vivants ou non, arbustes et buissons, à l'exclusion des souches et des racines, du feuillage, des fleurs et des semences» (FAO 1998a). Bien que la biomasse ligneuse totale fournisse une mesure plus complète de la capacité d'un écosystème forestier à piéger le carbone, les algorithmes nécessaires pour convertir les données de volume de bois des forêts en biomasse ligneuse totale font défaut pour la majorité des forêts du monde.

Les données de volume et de biomasse sont disponibles pour la plupart des pays industrialisés. Beaucoup de ces pays ont également des statistiques concernant le matériel sur pied, l'accroissement, les volumes de bois abattus et les pertes naturelles. Cependant, les données fiables au niveau national, sur le volume et la biomasse, dans les pays en développement sont insuffisantes. Dans ces pays, dont la

<sup>1</sup> Pour les pays industrialisés, les arbres à partir de 0 cm de diamètre sont inclus.

Tableau 2-1. Stocks mondiaux de carbone dans la végétation et dans le premier mètre de sol

Biome	Superficie	Stocks mondiaux de carbone (Gt C)		
	Millions de km <sup>2</sup>	Végétation	Sols	Total
Forêts tropicales	17,6	212	216	428
Forêts tempérées	10,4	59	100	159
Forêts boréales	13,7	88	471	559
Savanes tropicales	22,5	66	264	330
Formations herbeuses tempérées	12,5	9	295	304
Déserts et semi-déserts	45,5	8	191	199
Toundra	9,5	6	121	127
Marais	3,5	15	225	240
Terres agricoles	16,0	3	128	131
<b>Total</b>	<b>151,2</b>	<b>466</b>	<b>2 011</b>	<b>2 477</b>

Source: GIEC (2000).

Note: Les définitions utilisées peuvent différer de celles adoptées par FRA 2000.

plupart se trouvent dans les zones tropicales, les estimations du volume se sont fondées sur les inventaires locaux ou sur des inventaires qui ne couvrent que certains aspects de la forêt, comme le volume du bois commercial, ou se limitent à quelques rares espèces seulement (voir IBAMA 1997; Malleux 1975, par exemple). Dans tous les pays du monde, les inventaires se sont rarement basés sur les normes, termes et définitions établies par la FAO, pour mesurer le volume.

Dans les pays en développement, les études sur la biomasse sont souvent moins fréquentes que les inventaires du volume de bois d'œuvre. Les études nationales sur la biomasse de nombreux pays d'Amérique centrale portant sur la quantité de carbone piégée par les forêts constituent des exceptions importantes (USAID 1998). Dans d'autres cas, les évaluations de la biomasse pour la production de bois de feu ont fourni des données de référence (Banze *et al.* 1993).

Parmi les études mondiales examinées lors de l'évaluation (citées dans FAO 1997) figurent celle de Reichle (1981), Brown et Lugo (1982) et Olso *et al.* (1983). Toutefois, elles n'étaient pas appropriées pour les besoins de FRA 2000, car les sites étudiés n'étaient pas toujours représentatifs de la population d'intérêt (Brown et Lugo 1992). C'est pourquoi, leurs résultats n'ont pas pu être extrapolés efficacement au niveau mondial.

## MÉTHODES

### Volume par hectare

Pour les pays en développement, les estimations du volume par hectare se sont appuyées sur des rapports d'inventaire contenant des données relatives au volume, pour les différents types de forêts nationales. Suivant que le diamètre minimum à hauteur de poitrine (DHP) signalé était supérieur ou inférieur à 10 cm, les données ont été ajustées. Le volume de bois sur pied pour les classes manquantes de DHP a été estimé par des équations de régression, établies entre ces classes et le volume correspondant (lorsque les données étaient suffisantes), ou par un facteur d'expansion du volume (FEV) (FAO 1997; FAO 1998b). Le FEV a été

utilisé dans les cas où le volume par hectare était fourni pour DHP, supérieur à celui de 10 cm, et où l'analyse de régression ne pouvait être appliquée.

Il a fallu se servir de différents FEV pour harmoniser toute la variété de données sur le volume issue des rapports inventaires. Les différences dans la composition des données sont dues, souvent, à la diversité des espèces et au type de forêt inventorié. Par exemple, le DHP minimum, cité dans les inventaires, va de 5 cm à plus de 50 cm (CIRAD 1991; Hammermater et Saunders, sans date). Les pays producteurs de bois d'œuvre des zones tropicales humides estiment souvent leur volume à partir de classes de DHP supérieures à 30 ou 40 cm. Inversement, dans les régions sèches d'Afrique, un DHP minimum de 7 à 10 cm est requis (Chakanga et Selanniemi 1999; CIRAD 1991; Saket *et al.* 1999). Les données sur le volume provenant de la plupart des pays asiatiques font référence à un diamètre minimum à hauteur d'homme de 10 cm, et certains pays des régions tropicales humides (Indonésie, Bangladesh, Brunéi) ont donné comme minimum, un diamètre de 20 à 50 cm. Les données sur le volume, incluant les troncs et les branches, ont exigé un ajustement supplémentaire pour les calculs de la biomasse. Dans ces cas, le volume des branches a été exclu, en utilisant le rapport de 46 pour cent de branches pour 53 pour cent de tronc, établi par Saket (1994).

Dans de nombreux pays, seuls des inventaires locaux sont disponibles, et souvent ils ne tiennent compte que des forêts avec un volume important, présentant un intérêt commercial. Pour ces zones, il a fallu faire des ajustements supplémentaires, car l'extrapolation directe du volume de ces forêts à toutes les forêts d'un pays aurait mené à des surestimations. Pour un petit nombre de pays où manquaient des données sur le volume, les estimations ont été réalisées à l'aide d'informations auxiliaires, telles que les cartes mondiales du couvert forestier et des zones écologiques combinées avec des données venant de pays voisins, dont les conditions écologiques et socio-économiques sont similaires. Le volume par hectare de tous les types de forêts nationales a pu être estimé ainsi.

**Tableau 2-2. Densité du bois appliquée pour les espèces d'arbres tropicaux (tonnes de biomasse sèche par mètre cube de bois vert)**

Région tropicale	Moyenne	Intervalle
Afrique	0,56	0,50-0,79
Amérique	0,60	0,50-0,69
Asie	0,57	0,40-0,69

Source: FAO (1997).

Les statistiques sur le volume des pays industrialisés figurent dans CEE-ONU/FAO (2000).

### Biomasse par hectare

Pour les pays en développement, la biomasse par hectare a été calculée, pour chaque type de forêt nationale, sur la base des statistiques du volume (VSE par hectare) et des informations sur la densité du bois (tableau 2-2), et en augmentant le volume pour tenir compte de la biomasse des autres composantes aériennes comme suit (voir aussi FAO 1998b).

$$\text{Biomasse forestière totale (t/ha)} = \text{VSE} * \text{DB} * \text{FEB}$$

Où:

**VSE** = volume sur écorce (m<sup>3</sup> par hectare),

**DB** = densité moyenne du bois pondérée par le volume (tonnes de biomasse sèche par mètre cube de volume de bois vert),

**FEB** = facteur d'expansion de la biomasse (rapport entre la biomasse sèche aérienne des arbres et la biomasse sèche du volume inventorié).

Les statistiques sur la biomasse des pays industrialisés figurent dans CEE-ONU/FAO (2000).

### Total du volume et de la biomasse

Le volume et la biomasse pour chaque pays en développement ont été obtenus, en multipliant le volume et la biomasse estimés par hectare avec la superficie forestière, pour chaque type de forêt nationale, et en ajoutant les résultats des différents types de forêts pour obtenir les totaux nationaux. La répartition des superficies des divers types de forêts a donc représenté un élément important dans les estimations du volume et de la biomasse. La documentation de FRA 2000 relative aux différents

types de forêts nationales, à leur superficie et à leur conformité avec les classes mondiales, a donc été essentielle (voir chapitre 1).

Les chiffres des pays industrialisés sur le volume total et la biomasse totale figurent dans CEE-ONU/FAO (2000).

### Changements entre 1990 et 2000

Les changements dans le volume et la biomasse des forêts se produisent de deux façons différentes. Premièrement, les superficies qui sont transformées en forêts (par le boisement ou l'extension naturelle) ou déboisées, représentent des changements de l'ensemble du stock de volume et de biomasse de la forêt. Deuxièmement, le bilan de l'accroissement, des pertes naturelles et des coupes, influence le volume et la biomasse par hectare, au sein de la forêt. Sur le long terme, ce dernier élément peut être utilisé pour indiquer la dégradation (diminution du volume par hectare) ou l'amélioration (augmentation du volume par hectare) des forêts.

Les changements dans le volume et la biomasse découlant des changements de la superficie forestière ont été estimés pour chaque pays, en multipliant le changement net de la superficie forestière entre 1990 et 2000 (voir chapitre 1) avec la moyenne du volume sur pied et la moyenne de la biomasse pour l'ensemble de la superficie du pays. Les résultats par pays ont été additionnés pour l'ensemble des zones tropicales et des zones non tropicales.

Les changements intervenant dans les forêts peuvent seulement être estimés pour les pays industrialisés (CEE-ONU/FAO 2000), représentant les forêts tempérées et boréales, soit environ 40 pour cent de la superficie forestière mondiale. Pour le reste du monde, les données disponibles ne sont pas assez complètes pour estimer les changements.

## RÉSULTATS

### Volume de bois en 2000

Le volume de bois sur pied mondial a été estimé à 386 milliards de mètres cubes en 2000. Les régions dotées du volume le plus important sont l'Europe (y compris la Fédération de Russie) avec 30 pour cent du total

**Tableau 2-3. Volume de bois et biomasse aérienne de la forêt par région**

Région	Superficie forestière	Volume		Biomasse	
		Par superficie	Total	Par superficie	Total
	millions d'ha	m <sup>3</sup> /ha	Gm <sup>3</sup>	t/ha	Gt
Afrique	650	72	46	109	71
Asie	548	63	35	82	45
Océanie	198	55	11	64	13
Europe	1 039	112	116	59	61
Amérique du Nord et centrale	549	123	67	95	52
Amérique du Sud	886	125	111	203	180
<b>Total</b>	<b>3 869</b>	<b>100</b>	<b>386</b>	<b>109</b>	<b>422</b>

Source: Annexe 3, Tableau 7.

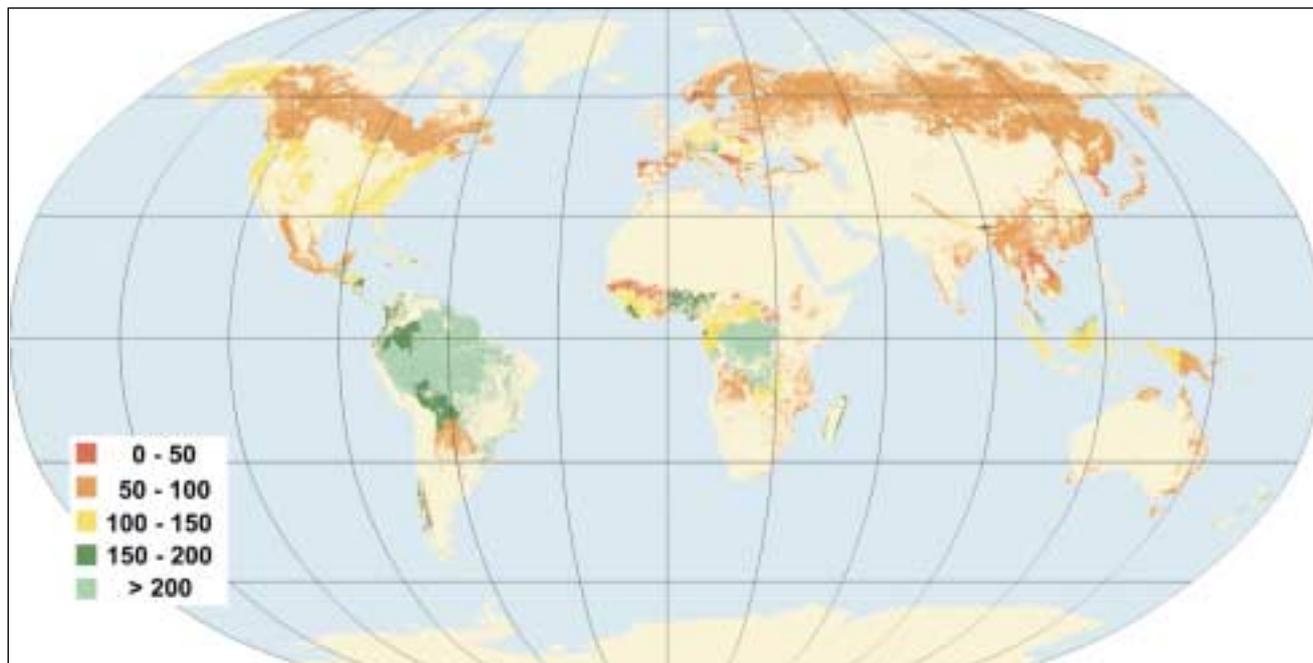


Figure 2-1. Biomasse ligneuse aérienne par pays (tonnes/ha)

(116 milliards de mètres cubes) et l'Amérique du Sud avec 29 pour cent (111 milliards de mètres cubes) (tableau 2-3). L'Océanie a le volume sur pied le plus faible avec 11 milliards de mètres cubes, ou 3 pour cent du volume mondial. On trouvera les estimations pour les différents pays dans l'annexe 3, tableau 7.

### Biomasse ligneuse en 2000

La quantité mondiale de biomasse ligneuse aérienne a été estimée à 422 milliards de tonnes. La région où elle est la plus élevée est l'Amérique du Sud, avec 43 pour cent du total mondial, soit 180 milliards de tonnes. Le Brésil possède à lui seul 27 pour cent de la biomasse ligneuse aérienne mondiale. L'Afrique vient en deuxième position, avec 17 pour cent du total mondial, soit 71 milliards de tonnes. Les autres régions réunies représentent 40 pour cent du total mondial de la biomasse aérienne (figure 2-1, figure 2-2, figure 2-3). On trouvera les estimations pour chaque pays dans l'annexe 3, tableau 7.

### Changements entre 1990 et 2000

Pour les années 90, le bilan des changements liés aux pertes et gains de superficie forestière, a été estimé à -9 milliards de mètres cubes, chiffre correspondant à -16 milliards de tonnes de biomasse ligneuse. Les pertes concernent principalement les zones tropicales, alors que les zones non tropicales connaissent une augmentation du volume et de la biomasse (tableau 2-4).

Les changements survenus au sein des forêts ne sont connus que pour les pays industrialisés, qui ont signalé une augmentation cumulée de 18 milliards de mètres cubes de bois pour les années 90, soit à peine un peu plus de 1 m<sup>3</sup> par

hectare et par an, correspondant à 9 milliards de tonnes de biomasse ligneuse. Ces chiffres représentent les changements intervenus dans les forêts tempérées et boréales qui occupent environ 40 pour cent de la superficie forestière totale (tableau 2-4) (CEE-ONU/FAO 2000).

Les changements totaux entre 1990 et 2000, c'est-à-dire la somme des changements relatifs à la superficie forestière et des changements connus à l'intérieur de la forêt, ont représenté un accroissement de volume de 9 milliards de mètres cubes, ou 2 pour cent. Ce résultat correspond à une diminution de 7 milliards de tonnes de la biomasse ligneuse, soit 1,5 pour cent (tableau 2-4). La simultanéité de l'accroissement du volume et de la diminution de la biomasse ligneuse s'explique par le fait que les forêts tropicales contiennent, par rapport au volume de bois sur

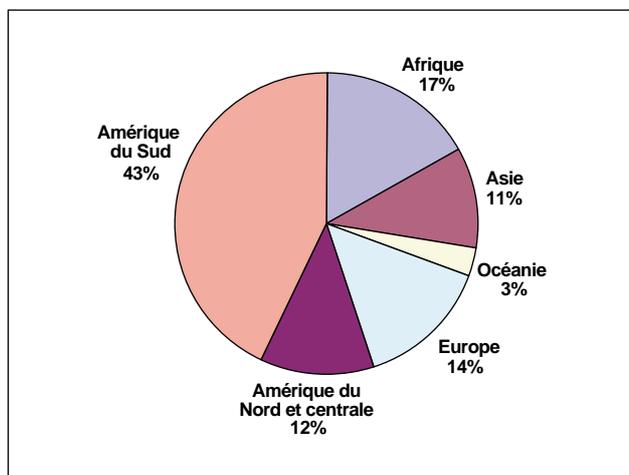


Figure 2-2. Répartition de la biomasse ligneuse aérienne entre les régions

ped, une quantité beaucoup plus élevée de biomasse que les forêts boréales.

## DISCUSSION

Les problèmes de comparaison entre les données nationales et de fiabilité des résultats agrégés, sont issus principalement des différences entre les systèmes de nomenclature nationaux (par exemple les procédés de mesure et les définitions), et entre les périodes de référence. Les écarts entre les définitions et les procédés de mesure ont été comblés en harmonisant et normalisant les nomenclatures nationales et les données.

Les données provenant des pays en développement présentent une très grande variabilité en termes de qualité et de résolution spatiale, thématique et temporelle. Les résultats des évaluations pour les pays des zones tempérées/boréales sont plus complets car, outre le matériel sur pied, ils contiennent généralement une analyse détaillée de l'accroissement, des pertes naturelles, des coupes et des prélèvements.

L'un des aspects du changement du volume et de la biomasse a consisté aux pertes et gains de superficie forestière. Le volume moyen de bois sur pied a été utilisé pour estimer ces transformations. Il s'agit d'une simplification, car ce n'est que sur le long terme que le gain

en superficie forestière se transformera en stock de bois sur pied. Par ailleurs, les forêts converties vers d'autres utilisations des terres peuvent avoir déjà été dégradées et avoir perdu une partie de leur volume et de leur biomasse. Finalement, la transformation des forêts n'aboutit généralement pas à un paysage entièrement dépourvu d'arbres. En l'absence de données probantes, il est raisonnable de supposer que les superficies de transition sont des forêts avec un volume sur pied moyen.

Les changements dans les stocks de volume et de biomasse au sein des forêts sont également le résultat d'un équilibre entre l'accroissement, les pertes naturelles et les coupes. Ces facteurs n'ont été quantifiés que pour les pays industrialisés. Pour les zones restantes, il n'a pas été possible de confirmer les hypothèses sur les changements entre 1990 et 2000. D'une part, les dégradations, par exemple dans les forêts tropicales, réduisent les stocks de bois sur pied. D'autre part, les accroissements nets concernent, par exemple, les grandes formations forestières secondaires.

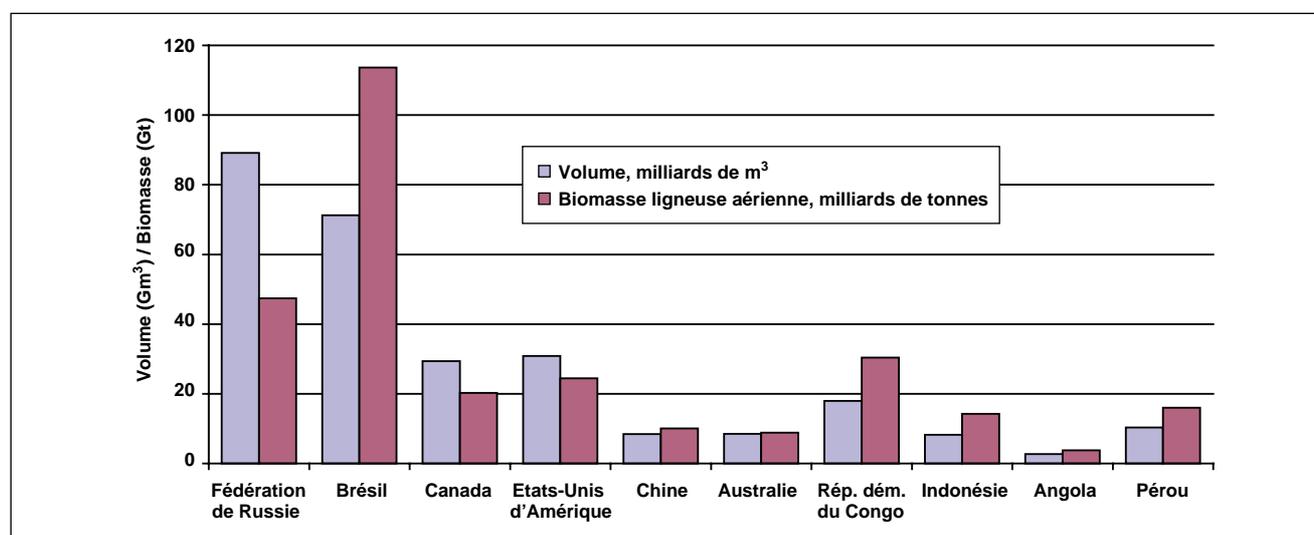
Les estimations du changement mondial ne sont donc pas complètes, car on ignore les transformations internes qui ont eu lieu dans 60 pour cent de la superficie forestière, comprenant toutes les forêts tropicales. Le bilan entre l'accroissement, les pertes naturelles, et les coupes de bois

**Tableau 2-4. Changements du volume et de la biomasse aérienne entre 1990 et 2000 pour les zones tropicales et non tropicales**

Domaine	Changement entre 1990 et 2000 comme résultats du changement de la superficie forestière			Changement entre 1990 et 2000 à l'intérieur des forêts		Changement total entre 1990 et 2000		Totaux, 2000	
	Superficie	Volume	Biomasse	Volume	Biomasse	Volume	Biomasse	Volume	Biomasse
	millions ha	Gm <sup>3</sup>	Gt	Gm <sup>3</sup>	Gt	Gm <sup>3</sup>	Gt	Gm <sup>3</sup>	Gt
Tropical	-123	-12	-18	n.d. <sup>1</sup>	n.d. <sup>1</sup>	-12	-18	179	282
Non tropical	+29	+3	+2	+18 <sup>2</sup>	+9 <sup>2</sup>	+21	+11	207	140
<b>Total</b>	<b>-94</b>	<b>-9</b>	<b>-16</b>	<b>+18</b>	<b>+9</b>	<b>+9</b>	<b>-7</b>	<b>386</b>	<b>422</b>

<sup>1)</sup> Aucune donnée n'existe pour estimer le bilan de l'accroissement, des pertes naturelles et des coupes à l'intérieur des forêts tropicales.

<sup>2)</sup> Se réfère au bilan de l'accroissement, des pertes naturelles et des coupes dans les pays industrialisés comme décrit dans CEE-ONU/FAO (2000); les changements à l'intérieur des autres forêts non tropicales ne sont pas connus.



**Figure 2-3. Volume et biomasse pour les pays ayant les plus grandes superficies forestières**

n'a pu être estimé pour ces zones, faute aussi d'avis d'experts permettant de formuler des hypothèses raisonnables. Il est probable que les changements dans les deux sens sont considérables, mais les informations fiables, permettant de juger l'ampleur relative des changements positifs et négatifs, manquent. Par contre, l'augmentation du volume dans les forêts tempérées et boréales est bien documentée et suffisamment importante pour influencer le bilan mondial du volume et de la biomasse.

## BIBLIOGRAPHIE

### Agence des Etats-Unis pour le développement

**international (USAID) et Programa Ambiental Regional para Centro América (PROARCA)/Central America Protected Areas System (CAPAS).** 1998. *Estimación de la cantidad de carbono almacenado y captado (masa aérea) en los bosques*. Guatemala, Central American Commission on Environment and Development (CCAD).

**Banze, C.J., Monjane, M.J. et Matusse, R.V.** 1993. *Avaliação de Biomassa Lenhosa nas Áreas de Maputo/Corredor do Limpopo, Corredor de Beira e Nampula/Corredor de Nacala*. Maputo, Mozambique, Ministère de l'agriculture et des pêches, Directorat national des forêts et de la faune sauvage (DNFFB).

**Brown, S. et Lugo, A.E.** 1982. The storage and production of organic matter in tropical forests and their role in the global carbon cycle. *Biotropica*, 14: 161-187.

**CEE-ONU/FAO.** 2000. *Forest Resources of Europe, CIS, North America, Australia, Japan and New Zealand: contribution to the global Forest Resources Assessment 2000*. Geneva Timber and Forest Study Papers N° 17. New York et Genève, ONU. [www.unece.org/trade/timber/fra/pdf/contents.htm](http://www.unece.org/trade/timber/fra/pdf/contents.htm)

**Chakanga, M. et Selanniemi, T.** 1999. *Forest inventory report of Caprivi State Forest*. Windhoek, Namibie, Namibia Finland Forestry Programme, National Forest Inventory Sub-component.

**CIRAD.** 1991. *Projet d'inventaire des ressources ligneuses (PIRL)*. Mali.

**FAO.** 1997. *Estimating biomass and biomass change of tropical forests – a primer*, Etude FAO Forêts N° 134. Rome.

**FAO.** 1998a. *FRA 2000 - Termes et définitions*. Document de travail de FRAN° 1. Rome.

[http://www.fao.org/forestry/fo/fra/index.jsp?lang\\_id=2](http://www.fao.org/forestry/fo/fra/index.jsp?lang_id=2)

**FAO.** 1998b. *FRA 2000 - Directives pour l'évaluation dans les pays tropicaux et subtropicaux*. Document de travail de FRAN° 2. Rome.

**Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC).** 2000. *Land use, land use change and forestry. A special report*. Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press.

**Hammermaster, E.T. et Saunders, J.C.** Sans date. *Forest resources and vegetation mapping of Papua New Guinea*.

**Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).** 1997. *Diagnóstico e avaliação do sector florestal Brasileiro*. Brasilia, Brésil.

**Malleux, J.** 1975. *Mapa Florestal del Peru, Memoria explicativa*. Lima, Pérou, Universidad Nacional Agraria la Molina, Departamento de Manejo Forestal.

**Olson, J.S., Watts, J.A. et Allison, L.J.** 1983. *Carbon in live vegetation of major world ecosystems*. DOE/NBB-0037. Springfield, Virginia, Etats-Unis d'Amérique, National Technical Information Service, US Department of Commerce.

**Reichle (éditeur).** 1981. *Dynamic properties of forest ecosystems*. International Biological Programme N° 23. Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press.

**Saket, M., Monjane, M. et Dos Ánjos, A.** 1999. *Results of the detailed forest inventory in the districts of Marrumeu, Cheringoma and Muanza*. Maputo, Mozambique, DNFFB.

**Saket, M.** 1994. *Report on the updating of the exploratory National Forest Inventory*. Maputo, Mozambique, DNFFB.

**Système mondial d'observation terrestre (SMOT).** 2000. *Terrestrial Carbon Observation Synthesis Workshop*. Ottawa, Canada, 8-11 février 2000. GTOS-23. [www.fao.org/gtos/gtospub/pub23.htm](http://www.fao.org/gtos/gtospub/pub23.htm)

**Système mondial d'observation terrestre (SMOT).** 2001. *IGOS-P Carbon Cycle Observation Theme: Terrestrial and Atmospheric Components*. Octobre, 2000 (révisé en février 2001). GTOS 25. [www.fao.org/gtos/gtospub/pub25.htm](http://www.fao.org/gtos/gtospub/pub25.htm)