



Photo Neuhoff.

Gabon — Abattage d'un Okoumé.

## CONTRIBUTION À L'ÉLABORATION D'UN MODÈLE DU COMMERCE INTERNATIONAL DES GRUMES DE BOIS TROPICAUX

par Isabelle SCHIRMER (1) et Joseph BUONGIORNO (2)

*Le travail conduisant à cet article a été financé en partie par le Département Agriculture et Industries Alimentaires-Bois du Ministère de la Recherche et Technologie, par l'Université du Wisconsin, School of Natural Resources et par le projet McIntire-Stennis N° 2855.*

### SUMMARY

*Models of the trade of tropical logs are presented for two regions : Africa Europe and Asia-Pacific.*

*Each model uses econometric equations of supply and demand for each sub-region and country. It then calculates the spatial equilibrium with quadratic programming, by maximizing producer plus consumer surplus. The primal solution gives quantities demanded, supplied and traded. The dual yields equilibrium prices.*

*The model for Africa Europe is a modification of that of Adams (Modeling World Trade in Tropical Timbers, FAO, 1983). Here, the sawnwood market leads the log market and equilibria in the two markets are computed iteratively. The results for the year 1980 were similar in accuracy to those of Adams.*

*The model for Asia Pacific deals with logs only. Test forecasts for 1979 and 1980 gave satisfactory results, but not those of 1981 after Indonesia decreased its log exports.*

(1) Centre Technique Forestier Tropical.

(2) Département des Forêts, Université du Wisconsin.

## CONTRIBUCION PARA LA ELABORACION DE UN MODELO DEL COMERCIO INTERNACIONAL DE MADERA TROPICAL EN ROLLO

*Se presentan en este artículo dos modelos del comercio de madera tropical en rollo, uno para los intercambios entre Africa y Europa y otro para la región Asia-Pacífico.*

*Cada modelo presenta las ecuaciones econométricas de oferta y demanda para cada región y país. La programación cuadrática permite entonces la determinación del equilibrio espacial, por optimización de los superávits del productor y del consumidor. La solución del programa cuadrático permite obtener, para un equilibrio espacial competitivo, las cantidades correspondientes presentadas en variables primarias y los precios en variables duales.*

*El modelo para los intercambios Africa-Europa constituye una modificación de aquel presentado por Adams (Modelo del comercio internacional de maderas tropicales — FAO, 1983). El mercado de los aserríos determina el mercado de la madera en rollo y el equilibrio entre ambos mercados se consigue por iteración.*

*Los resultados para el año 1980 son similares, cualitativamente, a los obtenidos por Adams.*

*En el modelo para la región Asia-Pacífico, se describe únicamente el comercio internacional de madera en rollo. Sometido a prueba en 1979 y 1980, este modelo ha venido a dar resultados satisfactorios.*

*No ocurre así para el año 1985, una vez que Indonesia ha reducido sus exportaciones de madera en rollo.*

## INTRODUCTION

De nombreuses recherches ont été conduites pour développer des modèles décrivant le commerce des produits forestiers (voir par exemple McKILLOP, 1973, BUONGIORNO et GILLESS, 1984, 1985), mais très peu ont été appliquées au commerce des bois tropicaux à l'exception des travaux d'ADAMS, 1983, BUONGIORNO et TENNY, 1980.

Cependant la production de bois tropicaux s'est accrue à un rythme bien plus rapide que la production de bois tempérés (croissances annuelles respectives : 5 et 3 % sur la période 1961-1983). Les bois tropicaux sont devenus une source importante de revenus pour les pays en voie de développement producteurs. Ces pays prennent maintenant des mesures de régulation de l'exportation de grumes et de promotion de l'exportation de produits du bois manufacturés. Un modèle décrivant le marché international des bois tropicaux serait donc particulièrement utile aux preneurs de décisions pour simuler et évaluer l'effet de ces nouvelles mesures.

Les trois principales régions productrices de grumes tropicales sont l'Afrique, la Région Asie Pacifique et l'Amérique latine qui représentent respectivement : 17, 60 et 22 % de la production mondiale de grumes tropicales et 17, 81 et 0 % des exportations mondiales de grumes tropicales (données de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (OAA). Les courants d'échanges principaux vont de l'Afrique vers l'Europe, d'une part, et de la région Asie Pacifique vers le Japon et les pays de l'ASEAN, d'autre part.

Les grumes sont transformées en sciages ou contreplaqués eux-mêmes transformés en de nombreux produits finis. En 1983, l'Afrique représentait 8,5 % des exportations mondiales de sciages tropicaux et 2,5 % de celles de contreplaqués tandis que la région Asie-Pacifique en représentait 77,5 et 89,5 % et l'Amérique latine 13 et 7,5 %. Il y a trois courants d'échanges principaux : 1) de l'Afrique vers l'Europe ; 2) de la région Asie-Pacifique vers l'Europe, le Japon et l'Amérique du Nord ; 3) de l'Amérique latine vers l'Amérique du Nord.

Notre étude se limite au commerce des grumes et des sciages entre l'Afrique et l'Europe et au commerce des grumes dans la région Asie-Pacifique.

L'étude la plus récente disponible dans ce domaine est celle d'ADAMS (1983). Il a exploré des méthodes possibles pour la construction d'un modèle du commerce international des bois tropicaux et a testé une structure de modèle pour le commerce des grumes et des sciages entre l'Afrique et l'Europe.

ADAMS a utilisé un modèle de programmation réactive (reactive programming) d'équilibre spatial avec pour variables endogènes, l'offre, la demande, les quantités, les prix et les flux du commerce international pour deux produits : les grumes et les sciages et pour quatre régions : l'Afrique de l'Ouest, l'Afrique du Centre, l'Afrique de l'Est et l'Europe.

L'offre et la demande sont fonction des variables exogènes et des variables endogènes suivantes : prix des grumes pour l'offre de grumes, prix des sciages pour la demande de sciages, prix des grumes et des sciages pour l'offre des sciages. Chaque année, pour des coûts de transport donnés, le modèle cherche la convergence pour un équilibre simultané de concurrence pure et parfaite sur le marché des grumes et des sciages.

Pour cette même région nous avons spécifié différemment les fonctions et changé la méthode de calcul de l'équilibre économique. En particulier, l'offre des sciages dépend du prix des grumes de l'année précédente. Cette hypothèse permet de décomposer l'équilibre global en deux phases :

— l'équilibre dans le secteur sciages détermine le prix des sciages et la demande dérivée de grumes ;

— l'équilibre dans le secteur grumes détermine le prix et l'offre de grumes, sujet à la demande de grumes dans les divers pays.

En utilisant cette méthode et un algorithme de programmation quadratique on garantit la convergence. L'avantage supplémentaire de la programmation quadratique est la possibilité d'introduire facilement des contraintes exogènes sur les flux de produits, telle que

la décision d'un pays de limiter l'exportation de grumes à une quantité donnée.

Les mêmes principes ont été appliqués à la région

Asie-Pacifique, en modélisant uniquement le commerce des grumes, sans traiter les produits de transformation primaire tels que les sciages et les contreplaqués.

## MODÈLE AFRIQUE-EUROPE

### Structure du modèle

Ce modèle appartient à la classe des modèles d'équilibre spatial multiproduits développés par SAMUELSON (1952), TAKAYAMA et JUDGE (1971). Les produits considérés sont les grumes comme matière première et les sciages comme produits de première transformation. La production et la consommation de placages et de contreplaqués sont laissées exogènes. La constitution des régions est celle indiquée par ADAMS (1983). On considère trois régions productrices de grumes : l'Afrique de l'Ouest, du Centre et de l'Est, et quatre régions productrices et consommatrices de sciages : l'Afrique de l'Ouest, du Centre, de l'Est et l'Europe.

### Marché des sciages

Le marché des sciages est le marché directeur dans chaque région.

**DEMANDE DE SCIAGES.** La demande de sciages est dérivée de la production des industries consommatrices de sciages, qui sont supposées minimiser leurs coûts. La demande dépend donc du prix des sciages et de leurs substituts et de la production des industries utilisatrices (VARIAN, 1984).

La spécification générale de la fonction de demande dans la région  $i$ , pour l'année  $t$ , est la suivante :

$$(1) \quad SD_{i,t} = f(SP_{i,t}, WP_{i,t}, Y_{i,t})$$

où  $SD$  est la demande de sciages,  $SP$  le prix de demande de sciages,  $WP$  le prix des substituts aux sciages, et  $Y$  le niveau d'activité des industries utilisatrices de sciages.

**OFFRE DE SCIAGES.** L'offre de sciages est dérivée d'une fonction de production à facteurs fixes avec deux intrants agrégés : bois et non-bois. L'offre de sciages

CENTRAFRIQUE (R.C.A. - LOBAYE). Chantier de la forêt de Boukoko. Arrivée d'un grumier sur le parc de stockage.

Photo G. de Chatelperron.

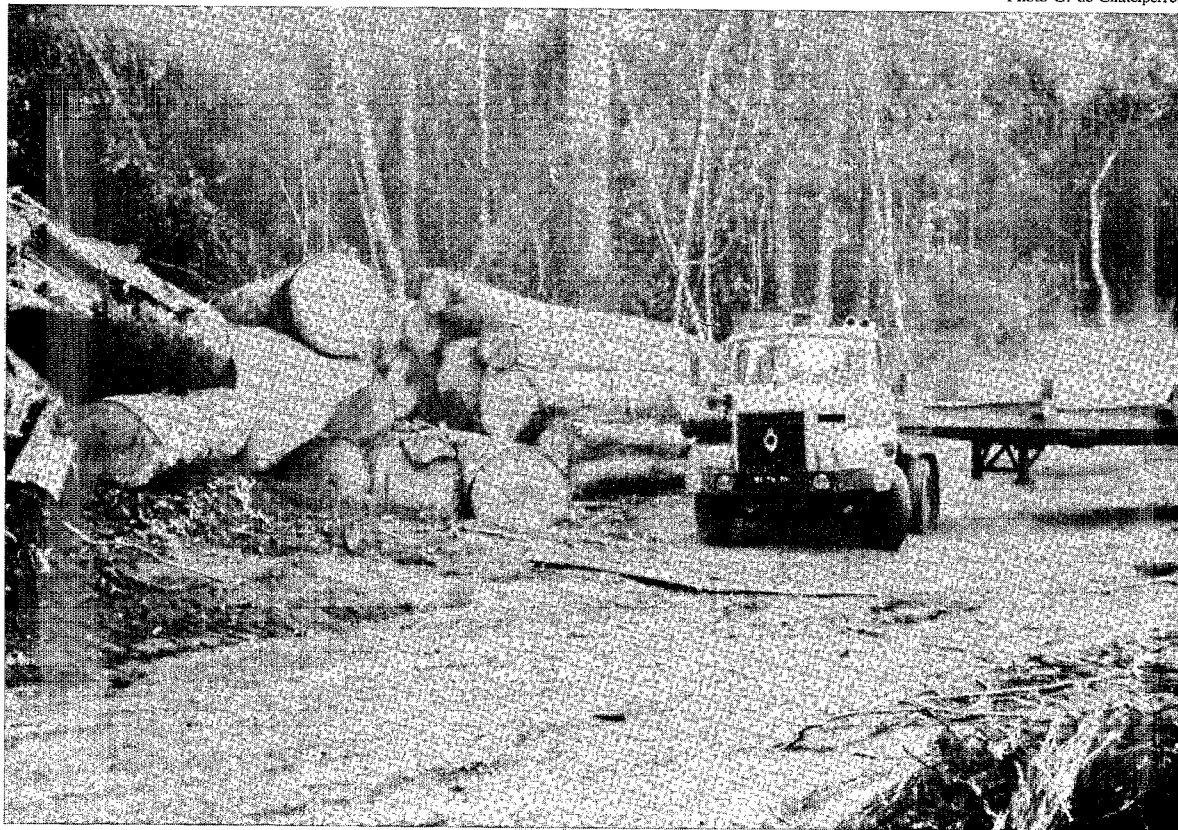




Photo G. de Chatelperron.

Arrivée d'un grumier d'Ayous (*Triplochiton scleroxylon*) sur le parc d'une scierie.

est donc fonction du prix des sciages, du prix des grumes et du prix agrégé des autres intrants.

Les délais d'acheminement des grumes tropicales entraînent une spécification avec un prix décalé pour les grumes. Ceci élimine les problèmes de simultanéité entre le marché des grumes et des sciages.

La spécification générale de la fonction d'offre dans la région  $i$ , pour l'année  $t$ , est la suivante :

$$(2) \quad SS_{i,t} = f(SP_{i,t}, NWP_{i,t}, LP_{i,t-1})$$

où  $SS$  est l'offre de sciages,  $SP$  le prix d'offre de sciages,  $NWP$  le prix de l'intrant non-bois et  $LP$  le prix des grumes.

**ÉQUILIBRE DU MARCHÉ.** Connaissant le prix des grumes de l'année précédente, les variables endogènes sont l'offre, la demande, le prix et les flux de sciages. On suppose un équilibre de marché de concurrence pure et parfaite. Les quantités offertes et demandées et les prix sont linéairement dépendants.

On peut dans ce cas décrire le marché par un modèle de programmation quadratique. La fonction objectif à maximiser est la somme du surplus des consommateurs et des producteurs diminuée du coût total de transport. Les contraintes sont l'équilibre dans chaque région

entre les quantités offertes, demandées et échangées (SAMUELSON, 1952).

La solution du programme quadratique donne, pour un équilibre spatial compétitif, les quantités en variables primaires et les prix en variables duales.

La formulation mathématique du problème est la suivante, pour chaque année  $t$  :

Maximiser :

$$ZS = \sum_i CPSS_i - \sum_i \sum_j s_{ij} XS_{ij} =$$

$$\sum_i [(\lambda_i SD_i - 1/2 \omega_i SD_i^2) - (v_i SS_i + 1/2 h_i SS_i^2)] - \sum_i \sum_j s_{ij} XS_{ij}.$$

Sous la contrainte, pour chaque région  $i$  :

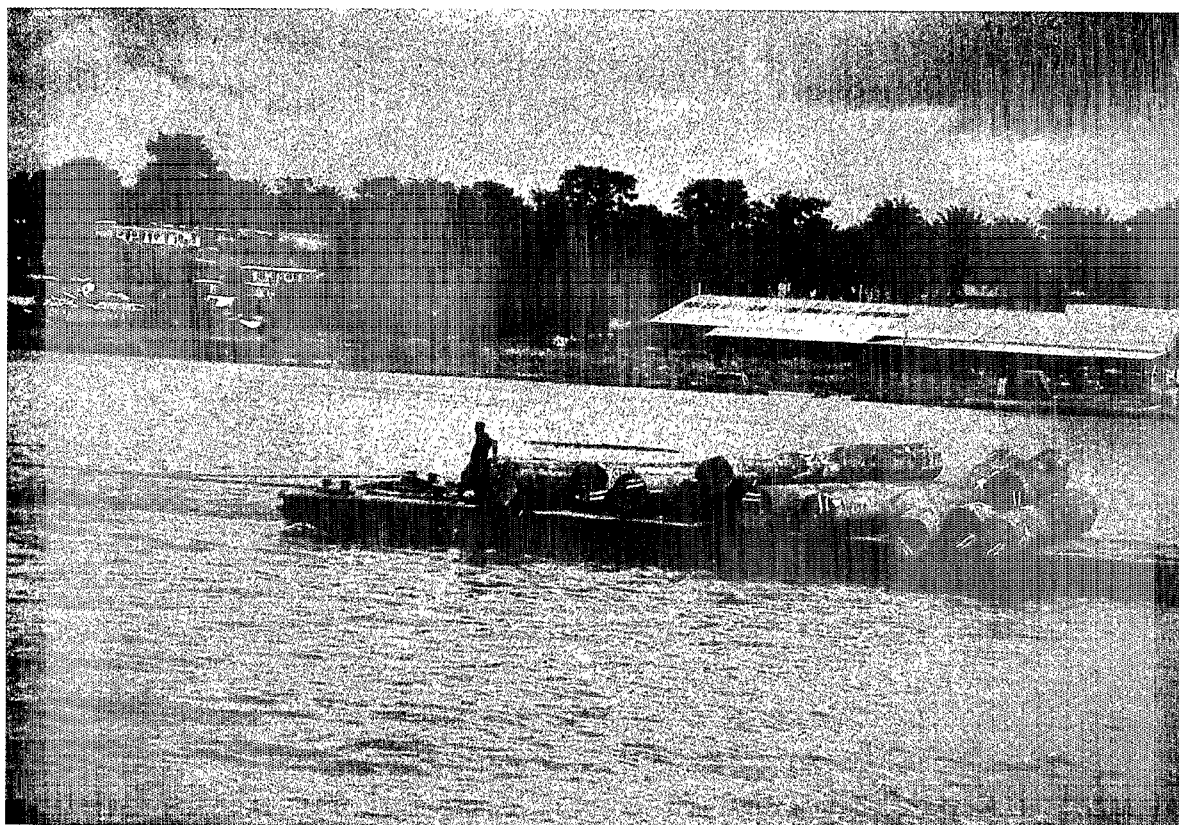
$$SS_i - SD_i + \sum_j XS_{ji} - \sum_j XS_{ij} \geq 0$$

où  $CPSS_i$  est la somme du surplus du producteur et du consommateur.

$SD_i$  est le prix de demande des sciages, égal à  $\lambda_i - \omega_i$ , où  $\lambda_i$  et  $\omega_i$  sont des paramètres.

$SP_i$  est aussi le prix d'offre des sciages, égal à  $h_i + v_i SS_i$  où  $h_i$  et  $v_i$  sont des paramètres.

$XS_{ij}$  le flux de sciages de la région  $i$  vers la région  $j$ .  $s_{ij}$  est le coût de transport correspondant.



Côte-d'Ivoire, Transport de grumes.

Photo Gibily.

### Marché des grumes

**DEMANDE DE GRUMES.** Dans chaque région et chaque année la consommation de grumes est directement proportionnelle à la production de sciages comme suit (nous rappelons que la demande de grumes pour les placages et les contreplaqués est exogène) :

$$(3) \quad LD_i = 1/k_i SS_i$$

où  $LD$  est la demande de grumes,  $SS$  l'offre de sciages et  $k$  est un paramètre.

**OFFRE DE GRUMES.** La majorité des forêts tropicales sont contrôlées par des organismes d'Etat qui imposent de nombreuses mesures qualitatives et quantitatives aux sociétés d'exploitation privées. Ces mesures officielles sont appliquées à un degré variable en fonction du pays et de l'opérateur. Il est donc très difficile de déterminer le comportement moyen d'un exploitant forestier tropical. En première approximation nous spécifions l'offre des grumes uniquement en fonction du prix des grumes et du coût d'exploitation comme suit, pour l'année  $t$ , dans la région  $i$  :

$$(4) \quad LS_i = f(LP_i, LC_i)$$

où  $LS$  est l'offre de grumes,  $LP$  le prix des grumes et  $LC$  le coût d'exploitation.

**ÉQUILIBRE DU MARCHÉ.** Chaque année, pour une offre de sciages, et donc une demande de grumes données, les variables endogènes sont l'offre, le prix et les flux de grumes.

Il est supposé une concurrence pure entre producteurs de grumes ; de plus l'offre de grumes et le prix sont linéairement dépendants. La programmation quadratique peut donc encore être utilisée pour décrire le marché. La fonction objectif à maximiser est la somme des surplus des producteurs (face à une demande fixe) diminuée des coûts totaux de transport. La solution donne l'offre et les flux en variables primaires et les prix en variables duales.

La formulation mathématique est la suivante :

$$\text{Maximiser : } ZL = \sum_i PSL_i - \sum_i \sum_j g_{ij} XL_{ij} \text{ équivalent à}$$

$$\text{Minimiser : } \sum_i (v_i LS_i + 1/2 h_i LS_i^2) + \sum_i \sum_j g_{ij} XL_{ij}$$

Sous la contrainte, pour chaque région  $i$  :

$$LS_i - LD_i + \sum_j XL_{ij} \geq 0$$

où  $PSL_i$  est le surplus des producteurs de grumes.

$LP_i$  est le prix d'offre des grumes, égal à  $v_i + h_i LS_i$  où  $v_i$  et  $h_i$  sont des paramètres.

$XL_{ij}$  est le flux des grumes de la région  $i$  à la région  $j$ .  
 $g_{ij}$  est le coût de transport correspondant.

Le prix des grumes ainsi obtenu est introduit dans la fonction d'offre de sciages pour l'année suivante  $t + 1$ . L'équilibre du marché des sciages est ensuite trouvé

pour l'année  $t + 1$ . Ceci permet de déduire l'équilibre du marché des grumes pour l'année  $t + 1$  et le cycle reprend.

## Estimation des paramètres

A quelques exceptions près nous avons utilisé les mêmes données et la même période de temps que ADAMS (1983).

Toutes les données relatives au bois (production, consommation, exportations, importations, prix) proviennent de l'annuaire mondial des produits forestiers OAA. Les données économiques générales proviennent de l'annuaire statistique des Nations Unies à l'exception du prix du pétrole provenant de l'annuaire financier international du Fond Monétaire International (FMI).

### Estimation des fonctions d'offre et de demande

Les régressions ont été exécutées sur des données annuelles couvrant la période 1966-1980. Nous avons également introduit des variables indicatrices temporelles ou utilisé des périodes écourtées pour pallier des erreurs accidentelles résultant d'une spécification incomplète ou de données inexactes.

Toutes les équations ont été estimées par la méthode classique des moindres carrés. En effet, à ce stade de l'étude l'importance des erreurs de spécification nous a semblé rendre négligeable et incertaine l'amélioration apportée par une méthode d'estimation simultanée (MADDALA, 1977, page 231).

DEMANDE DE SCIAGES. La demande de sciages est spécifiée sous forme de ratios. Cette forme fonctionnelle a été utilisée avec succès dans d'autres études empiriques sur la demande des produits forestiers. Nous avons toutefois obtenu de meilleurs résultats avec le prix en variable dépendante. En raison de la variété des utilisations finales des sciages nous avons utilisé des mesures très agrégées du niveau d'activité des industries transformatrices et du prix des substituts, comme suit :

(5)  $SP_{i,t}/WP_{i,t} = a_i + b_i SD_{i,t}/Y_{i,t} + c_i DUM < \text{année} >$   
où  $SD$  est la demande de sciages (1.000 m<sup>3</sup>/an). En Europe il s'agit de la somme des importations de sciages tropicaux et des sciages produits à partir de grumes importées (estimés par ADAMS (1983)). En Afrique  $SD$  est la consommation de sciages feuillus estimée à partir des données OAA.

$Y$  est l'indice du niveau d'activité des industries transformatrices sur la base 1970 = 100. En Europe il s'agit de l'indice de la production manufacturière (Nations Unies, Economies de marché développées européennes). En Afrique  $Y$  est l'indice du Produit National Brut (PNB) à prix constants. Les indices régionaux des prix à la consommation ont été utilisés pour convertir les prix courants en prix constants.

$SP$  est le prix des sciages (US/m<sup>3</sup>). En Europe  $SP$  est

celui estimé par ADAMS (1983). En Afrique, il s'agit du prix moyen à l'exportation des sciages feuillus.

$WP$  est l'indice des prix des substituts. Pour l'Europe nous avons utilisé l'indice européen des prix de gros, tous produits, barycentre régional pondéré par les PNB nationaux. En Afrique,  $WP$  est l'indice des prix à la consommation, barycentre régional pondéré par les productions nationales de bois industriel.

$DUM$  est une variable indicatrice pour l'année spécifiée.

Les résultats des estimations apparaissent au tableau 1. Une seule équation a été estimée pour l'Afrique du centre et de l'Est en utilisant simultanément les données pour ces deux régions. Les résultats sont acceptables dans le cadre du modèle dans la mesure où l'effet de la demande sur le prix est significatif. Néanmoins 60 à 65 % seulement de la variance des prix en Afrique sont expliqués par les équations.

TABEAU 1

### ÉQUATIONS DE DEMANDE DE SCIAGES EN AFRIQUE ET EUROPE

EUROPE (1966-1975 et 1977-1980)	
$SP/WP = 2,56 - 0,023 SD/Y - 0,43 DUM < 80 >$	
(0,14) (0,003) (0,05)	
$R^2 = 0,91$	$DW = 1,23$
AFRIQUE DE L'OUEST (1970-1980)	
$SP/WP = 187,58 - 11,36 SD/Y - 21,28 DUM < 80 >$	
(48,97) (4,69) (20,33)	
$R^2 = 0,60$	$DW = 2,01$
AFRIQUE DU CENTRE ET DE L'EST (1966-1977)	
$SP/WP = 115,59 - 15,30 SD/Y$	$=$
(7,41) (2,50)	
$R^2 = 0,63$	$DW = 1,73$

Notes : Les années entre parenthèses se réfèrent aux données.  $R^2$  est le carré du coefficient de corrélation multiple.  $DW$  est la statistique de DURBIN-WATSON (JOHNSTON, 1984). L'écart type est entre parenthèses sous le coefficient concerné.

OFFRE DE SCIAGES. Nous avons utilisé une simple forme fonctionnelle linéaire, avec le prix comme variable dépendante (HAYNES and STONE, 1983), pour l'année  $t$  et dans la région  $i$  :

$$(6) SP_{i,t} = a_i + b_i SS_{i,t} + c_i LP_{i,t-1} + d_i OIL_t + e_i DUM < \text{année} >$$

où  $SS$  est l'offre de sciages (1.000 m<sup>3</sup>/an). En Europe, il s'agit de la production de sciages tropicaux à partir de grumes importées, estimée par ADAMS (1983). En

Afrique *SS* est la production de sciages feuillus *SP* est le prix des sciages (US\$/m<sup>3</sup>, voir (5)).

*LP* est en Europe le prix moyen à l'importation (US\$/m<sup>3</sup>) et en Afrique le prix moyen à l'exportation des grumes tropicales.

*OIL* est le prix du pétrole d'Arabie Saoudite en US\$/baril (FMI). Ce prix sert d'indicateur du coût de l'énergie.

*DUM* est une variable indicatrice pour l'année spécifiée.

Nous avons essayé d'incorporer le coût de la main-d'œuvre dans (6) mais les résultats se sont révélés inacceptables. Les équations d'offre obtenues sont présentées au tableau 2. Elles sont nettement meilleures que les équations de demande. Les coefficients de corrélation multiple varient de 90 à 99 %. Les résultats montrent bien la relation positive entre les quantités offertes et les prix. Ils confirment aussi l'influence du prix des grumes sur les prix des sciages, avec un décalage d'un an.

OFFRE DE GRUMES AFRIQUE. La main-d'œuvre et l'énergie sont les deux principaux postes dans les coûts d'exploitation, mais les données sur les coûts de main-d'œuvre sont insuffisantes. Nous avons donc uniquement considéré le coût de l'énergie dans l'équation suivante :

$$(7) \quad LP_{i,t} = a_i + b_i LS_{i,t} + c_i OIL_t + d_i DUM_{t-1}$$

où *LS* est la production de grumes feuillues de sciage et de déroulage (1.000 m<sup>3</sup>/an). *LP* est le prix des grumes et *OIL* le prix du pétrole, tous deux déterminés comme dans l'équation (6). *DUM* est une variable indicatrice pour l'année spécifiée.

Les résultats des estimations apparaissent au tableau 3. Le coût de l'énergie semble n'avoir influencé l'offre de grumes qu'en Afrique du Centre et de l'Ouest. Pour l'offre provenant de l'Afrique de l'Est il a été nécessaire d'utiliser un modèle dynamique pour le prix. Le modèle implique que l'offre est influencée par

TABLEAU 2  
ÉQUATIONS D'OFFRE DE SCIAGES EN AFRIQUE ET EUROPE (1967-1980)

EUROPE			
$SP = 0,017 SS + 0,972 LP_{-1} + 6,23 OIL$			
(0,007)	(0,297)	(1,52)	
$R^2 = 0,96$	$DW = 1,60$		
AFRIQUE DE L'OUEST			
$SP = 18,08 + 0,17 SS + 0,790 LP_{-1} + 31,45 DUM < 73 > - 16,52 DUM < 80 >$			
(6,79)	(0,007)	(0,167)	(5,45) (8,48)
$R^2 = 0,99$	$DW = 2,58$		
AFRIQUE DU CENTRE			
$SP = - 42,19 + 0,174 SS + 1,091 LP_{-1} + 27,63 DUM < 80 >$			
(34,26)	(0,095)	(0,437)	(26,88)
$R^2 = 0,90$	$DW = 2,17$		
AFRIQUE DE L'EST			
$SP = 0,188 SS + 0,361 LP_{-1} + 56,47 DUM < 73 > - 11,74 DUM < 80 >$			
(0,023)	(0,113)	(10,65)	(10,85)
$R^2 = 0,97$	$DW = 2,51$		

Note : Voir le tableau 1.

TABLEAU 3  
ÉQUATIONS D'OFFRE DE GRUMES EN AFRIQUE (1966-1980)

AFRIQUE DE L'OUEST			
$LP = 0,004 LS + 3,59 OIL$			
(0,003)	(0,35)		
$R^2 = 0,96$	$DW = 2,30$		
AFRIQUE DU CENTRE			
$LP = 0,005 LS + 3,47 OIL + 17,14 DUM < 73 >$			
(0,0007)	(0,40)	(6,26)	
$R^2 = 0,96$	$DW = 1,79$		
AFRIQUE DE L'EST			
$LP = 0,039 LS + 0,434 LP_{-1} + 73,19 DUM < 73 > - 25,31 DUM < 76 >$			
(0,007)	(0,089)	(7,84)	(5,86)
$R^2 = 0,60$	$h = 0,149$		

Note : *h* est la statistique de DURBIN pour le test d'autocorrélation dans un modèle dynamique (JOHNSTON, 1984). Pour l'Afrique de l'Est la période observée est 1967-1980.

le prix des grumes de la même année et celui de l'année précédente, mais son pouvoir explicatif est faible.

COÛT DE TRANSPORT. Les coûts de transport ont été estimés par la différence entre le prix FOB dans le pays d'exportation et le prix CIF dans le pays d'importation, tous deux en US\$/m<sup>3</sup>. Cette différence couvre tous les coûts de transport : droits de douane, coûts de

manutention, marges commerciales intermédiaires, ainsi que les coûts de transport proprement dits.

COEFFICIENT DE TRANSFORMATION TECHNIQUE. Nous avons utilisé les estimations d'ADAMS (1983) pour les valeurs de  $k$  dans l'équation (3) : 0,50 pour l'Europe et l'Afrique de l'Ouest, 0,40 pour l'Afrique du Centre et 0,48 pour l'Afrique de l'Est.

### Résultats de la prédiction par le modèle

Le tableau 4 indique les valeurs réelles et les valeurs prédites par le modèle pour les quantités et prix durant l'année 1980 ainsi que l'erreur de prédiction en pour-

centage. Le tableau 4 donne la même erreur de prédiction à partir du modèle d'ADAMS (1983). Le tableau 5 montre les flux commerciaux prédits par les deux modè-

TABLEAU 4  
MODÈLE AFRIQUE-EUROPE  
PRÉDICTION DE LA PRODUCTION, CONSOMMATION ET PRIX EN 1980

SCIAGES									
	Consommation (1.000 m <sup>3</sup> )			Production (1.000 m <sup>3</sup> )			Prix (US\$/m <sup>3</sup> )		
	<i>R</i>	<i>P</i>	<i>e</i>	<i>R</i>	<i>P</i>	<i>e</i>	<i>R</i>	<i>P</i>	<i>e</i>
EUROPE	6.044	6.124	+ 1 (- 4)	1.794	2.506	- 10 (0)	389	383	- 2 (+ 3)
AFRIQUE DE L'OUEST	3.600	3.636	+ 1 (- 1)	4.018	4.282	+ 6,5 (- 3)	178	168	- 6 (+ 14)
AFRIQUE DU CENTRE	510	512	0 (+ 2)	702	670	- 5 (- 12)	231	225	- 3 (- 9)
AFRIQUE DE L'EST	439	447	+ 2 (+ 5)	398	363	- 10 (- 9)	266	258	- 3 (- 7)
GRUMES									
	Consommation (1.000 m <sup>3</sup> )			Production (1.000 m <sup>3</sup> )			Prix (US\$/m <sup>3</sup> )		
	<i>R</i>	<i>P</i>	<i>e</i>	<i>R</i>	<i>P</i>	<i>e</i>	<i>R</i>	<i>P</i>	<i>e</i>
EUROPE	5.700	4.102	- 30 (0)	—	—	—	227	225	- 1 (0)
AFRIQUE DE L'OUEST	8.400	9.507	+ 12 (- 10)	12.337	11.950	- 3 (- 10)	104	102	- 2 (+ 11)
AFRIQUE DU CENTRE	2.348	2.274	- 3 (- 3)	4.733	3.842	- 19 (- 4)	139	137	- 1,5 (- 15)
AFRIQUE DE L'EST	891	1.193	+ 34 (- 14)	891	1.193	+ 34 (- 14)	148	159	+ 7 (+ 9)

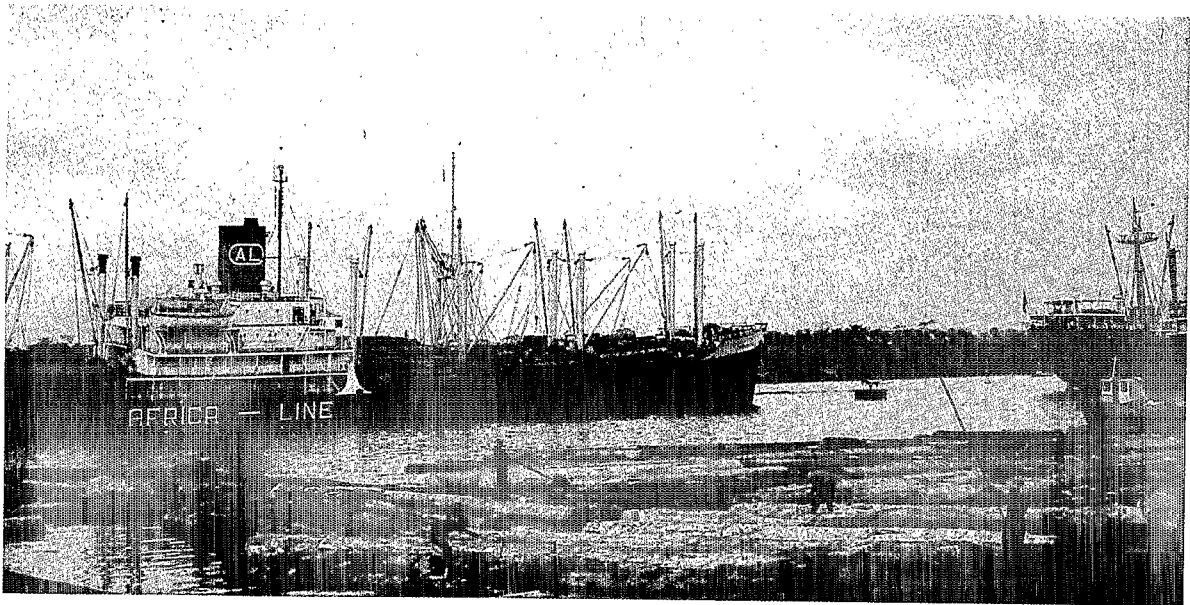
Note : *R* est la valeur observée, *P* la valeur prédite, *e* l'erreur en pourcentage dans notre modèle. L'erreur entre parenthèse est celle du modèle d'ADAMS (1983).

TABLEAU 5  
PRÉDICTION DES EXPORTATIONS D'AFRIQUE  
VERS L'EUROPE EN 1980 (100 m<sup>3</sup>)

Origine	Grumes		Sciages	
	<i>P</i>	<i>A</i>	<i>P</i>	<i>A</i>
AFRIQUE DE L'OUEST	2.443	2.992	647	347
AFRIQUE DU CENTRE	1.569	1.685	157	—
AFRIQUE DE L'EST	—	—	120	—

Note : *P* indique les prédictions de notre modèle, *A* celle du modèle d'ADAMS (1983).





*Côte-d'Ivoire, Chargement de grumes sur un cargo.*

Photo Gibily.

les. Les flux réels ne peuvent être précisément dérivés des données OAA.

Aucun des deux modèles ne présente une supériorité de prédiction absolue. Les quantités semblent mieux expliquées par le modèle d'ADAMS et les prix par le nôtre. Dans notre modèle la relation différée dans le temps entre les marchés des sciages et des grumes facilite le calcul de l'équilibre mais induit la transmission des erreurs d'un marché sur l'autre et leur amplification.

Les erreurs pour le marché des sciages semblent acceptables mais il n'en est pas de même pour le marché de grumes. Donc, il n'est pas certain qu'il y ait un avantage réel à modéliser la relation grumes-produits manufacturés si le seul but est de prédire le marché des grumes. Par ailleurs, si le but du modèle est de prévoir les échanges internationaux il peut aussi être avantageux d'ignorer productions et consommations totales des pays et de se concentrer sur les exportations et importations. Nous avons essayé d'appliquer ces idées dans le modèle suivant pour la région Asie-Pacifique.

## MODÈLE ASIE-PACIFIQUE

### Structure du modèle

La région Asie-Pacifique est caractérisée par la présence des nouveaux pays industrialisés : Hong Kong, Corée du Sud, Taïwan et Singapour. Ces pays importent, avec le Japon, la presque totalité des grumes exportées par les pays producteurs de l'ASEAN : Indonésie, Malaisie, Philippines et Papouasie-Nouvelle-Guinée. Ces grumes sont transformées et réexportées sous forme de produits du bois, principalement sciages et contreplaqués, vers l'Europe et les Etats-Unis. TAKEUCHI (1982) et BRION (1983) donnent une bonne description du secteur forestier dans cette région. NOMURA (1982) présente un modèle du secteur forestier japonais qui comprend l'importation de grumes tropicales.

Dans son ensemble la région Asie-Pacifique représente donc une part du commerce international du bois tropical bien supérieure à celle de la région Afrique-

Europe. Cependant, les données spécifiques concernant la production et la consommation des contreplaqués en bois tropicaux sont très rares ce qui nous a conduits à traiter uniquement du commerce des grumes en première approche.

De plus, seuls les prix à l'importation et à l'exportation étant enregistrés, nous avons construit un modèle décrivant uniquement le commerce international des grumes, sans nous préoccuper des consommations nationales. Comme nous l'avons remarqué plus haut, ces simplifications ne sont pas nécessairement néfastes quand il s'agit de prédire le seul commerce international des grumes.

Les pays d'exportation considérés sont l'Indonésie, la Malaisie, les Philippines et la Papouasie-Nouvelle-Guinée. Les pays d'importation sont le Japon, la Corée du Sud, Singapour et Taïwan. Les importations de Hong Kong, jugées marginales par rapport aux précédentes, sont considérées exogènes.

### Demande d'importation de grumes

Il n'y a plus dans ce sous-modèle de traitement explicite des produits de première transformation (contreplaqués, sciages et autres). La demande d'importation de grumes est une demande dérivée de la production des industries utilisatrices supposées minimiser leurs coûts.

La spécification de la demande est parallèle à celle de la demande pour les sciages dans le modèle précédent, mais ici nous avons dû distribuer les effets des prix et de l'activité économique sur plusieurs années. Durant l'année  $t$ , dans la pays  $i$  :

$$LD_{i,t} = f(LP_{i,t-k}, WP_{i,t-k}, Y_{i,t-k})$$

où  $LD$  est la demande d'importation de grumes,  $LP$  le prix des grumes,  $WP$  le prix des substituts aux grumes,  $Y$  l'activité des industries utilisatrices et  $k$  est un décalage allant de 0 à plusieurs années.

### Offre d'exportation de grumes

La fonction d'exportation de grumes est équivalente à la fonction d'offre de grumes dans le modèle précédent. Durant l'année  $t$ , dans le pays  $i$  :

$$LS_{i,t} = f(LP_{i,t}, LC_{i,t})$$

où  $LS$  est l'offre d'exportation de grumes,  $LP$  le prix des grumes à l'exportation et  $LC$  le coût d'exploitation des grumes.

### Equilibre du marché

Chaque année le prix des grumes de l'année précédente détermine la demande d'importation de grumes.

On suppose une concurrence pure entre producteurs de grumes.

L'offre d'exportation de grumes et le prix des grumes sont linéairement dépendants. Un modèle de programmation quadratique est donc à nouveau utilisé pour trouver la solution d'équilibre. La fonction objectif à maximiser est la somme des surplus des exportateurs diminuée du coût de transport total. Les contraintes sont l'équilibre dans chaque pays des quantités offertes, demandées et échangées.

Nous voulions tester la capacité du modèle à décrire les changements consécutifs à la réduction très forte des exportations décidée par l'Indonésie en 1980. Nous avons donc testé le modèle sur la séquence 1979, 1980, 1981.

Les données indiquent une certaine stabilité des courants d'échanges sur la période observée alors que les flux solution des modèles de programmation quadratique sont très sensibles aux variations des données exogènes, en particulier des coûts de transport. Aussi nous nous imposé une contrainte d'inertie. Pour les années « normales » 1979-1980 chaque flux ne peut varier de plus ou moins 40 % de sa valeur de l'année précédente.

Pour l'année 1981 la réduction volontaire des exportations de grumes à partir de l'Indonésie fut simulée par une contrainte équivalente à l'imposition d'un quota d'exportation et la contrainte d'inertie fut relaxée autorisant une variation des flux entre 25 et 300 % de leur valeur 1980.

La formulation mathématique est identique à celle utilisée pour le marché des grumes dans le modèle Afrique-Europe.

## Estimation des paramètres

Les équations d'offre et de demande ont été estimées à partir d'observations annuelles sur la période 1966-1983.

Toutes les données relatives au bois proviennent de l'annuaire statistique des produits forestiers OAA. Toutes les données économiques générales proviennent de l'annuaire statistique financier international du FMI.

Les fluctuations des anticipations concernant la réduction des exportations de grumes par l'Indonésie n'ont pu être tenues en compte par les variables explicatives. Nous avons donc dû utiliser des variables indicatrices temporelles pour certaines des années 1979 à 1982 pour éviter de trop fortes erreurs d'estimation.

### Demande d'importation de grumes

Nous avons à nouveau utilisé la forme fonctionnelle en ratio. Mais nous y avons ajouté l'hypothèse de l'ajustement partiel de la variable dépendante au cours d'une année (NERLOVE et ADDISON, 1958). Ceci conduit

au modèle dynamique suivant, pour l'année  $t$  et le pays  $i$  :

$$LD_{i,t}/Y_{i,t} = a_i + b_i LP_{i,t}/WP_{i,t} + c_i LD_{i,t-1}/Y_{i,t-1} + d_i DUM < \text{année} >$$

où  $LD$  est l'importation de grumes (1,000 m<sup>3</sup>/an).

$LP$  est le prix moyen des grumes feuillues à l'importation (US\$/m<sup>3</sup>).

$WP$  est pour le Japon, la Corée du Sud et Singapour l'indice des prix de gros sur la base 1980 = 100. Pour Taïwan  $WP$  est l'indice des prix à la consommation.

$Y$  est pour le Japon l'indice du PNB sur la base 1980 = 100. Pour la Corée du Sud, Singapour et Taïwan,  $Y$  est l'indice de la production industrielle européenne sur la base 1980 = 100, puisque l'Europe est le principal importateur de produits semi-transformés à partir de ces pays.

Les résultats apparaissent au tableau 6. Ils sont acceptables du point de vue statistique et conformes aux hypothèses théoriques. Toutefois, le coefficient du prix relatif dans l'équation de Taïwan n'est pas significativement différent de zéro, au seuil de confiance de 95 %.

TABLEAU 6  
 MODÈLE ASIE-PACIFIQUE  
 ÉQUATIONS DE DEMANDE D'IMPORTATION DE GRUMES (1966-1983)

<b>JAPON</b>	
$LD/Y = 34.549,7 - 303,1 LP/WP + 0,73 LD_{-1}/Y_1 + 12.639,7 DUM < 81 >$	
(151.171,9) (127,8)	(0,10) (9.533,9)
$+ 20.492,1 DUM < 80 >$	
(11.968,1)	
$R^2 = 0,95$	$h = 1,25$
<b>CORÉE DU SUD</b>	
$LD/Y = 55,7 - 15,7 LP/Y + 0,50 LD_{-1}/Y_{-1} - 19,2 DUM < 80 > + 6,7 DUM < 81 >$	
(7,1) (2,6)	(0,07) (2,9) (4,6)
$R^2 = 0,93$	$h = 0,341$
<b>SINGAPOUR</b>	
$LD/Y = 11,2 - 8,8 LP/WP + 0,57 LD_{-1}/Y_{-1} - 0,971 DUM < 81 >$	
(5,4) (4,1)	(0,20) (2,89)
$R^2 = 0,86$	$H = 0,352$
<b>TAIWAN</b>	
$LD/Y = 22,94 - 20,12 LP/WP + 0,99 LD_{-1}/Y_{-1} - 10,2 DUM < 81-82 >$	
(16,34) (21,22)	(0,13) (6,8)
$- 4,6 DUM < 80 >$	
(10,4)	
$R^2 = 0,86$	$h = 0,62$

#### Offre d'exportation de grumes

Pour l'Indonésie, la Malaisie et la Papouasie-Nouvelle-Guinée, l'offre d'exportation des grumes fut spécifiée comme suit. Pour l'année  $t$ , dans le pays  $I$ :

$$LP_{i,t} = a_i + b_i LS_{i,t} + c_i OIL_t + d_{i,t} DUM < \text{année} >$$

où  $LP$  est le prix moyen à l'exportation des grumes feuillues (US\$/m<sup>3</sup>),  $LS$  est la quantité de grumes feuillues (1.000 m<sup>3</sup>/an),  $OIL$  est le prix du pétrole de l'Arabie Saoudite à l'exportation et  $DUM$  est une variable indicatrice pour l'année spécifiée.

Les résultats sont présentés au tableau 7. Les équations sont bonnes, tant du point de vue de la corrélation multiple que de l'écart type de la variable quantité.

La statistique de DURBIN-WATSON pour la Papouasie-Nouvelle-Guinée suggère une légère autocorrélation des résidus. Donc les écarts types sont probablement sous-estimés dans cette équation, mais les coefficients restent sans biais (JOHNSTON, 1984).

En raison de l'épuisement de la ressource aux Philippines les exportations ne cessent de diminuer et les prix d'augmenter. Si bien que pour ce pays nous n'avons pas pu estimer une élasticité d'offre avec le signe positif anticipé. Les exportations à partir des Philippines ayant été à la fois faibles et stables sur la période 1978-1981, nous les avons considérées exogènes. Les Philippines sont donc supposées offrir une quantité fixe et subir les prix sur la période testée (« price-takers »).

TABLEAU 7  
 MODÈLE ASIE-PACIFIQUE  
 ÉQUATIONS D'OFFRE D'EXPORTATION DE GRUMES (1966-1983)

<b>INDONÉSIE</b>	
$LP = 0,0006 LS + 3,04 OIL + 19,7 DUM < 79 > - 10,0 DUM < 81 >$	
(0,0001) (0,1)	(5,7) (6,2)
$R^2 = 0,98$	$DW = 1,37$
<b>MALAISIE</b>	
$LP = 0,0013 LS + 1,76 OIL + 31,2 DUM < 79 > - 11,9 DUM < 81 >$	
(0,0001) (0,13)	(5,0) (5,5)
$R^2 = 0,97$	$DW = 1,41$
<b>PAPOUASIE NOUVELLE-GUINÉE</b>	
$LP = 13,1 + 0,021 LS + 26,4 DUM < 79 > + 18,8 DUM < 80 >$	
(3,3) (0,008)	(5,7) (7,7)
$R^2 = 0,91$	$DW = 0,80$

## Résultats des prédictions

Les prix et quantités réels et prédits et l'erreur relative de prédiction sont indiqués dans les tableaux 8, 9 et 10.

Les prédictions du modèle pour les années normales 1979 et 1980 sont bonnes, tant pour les quantités importées et exportées que pour les prix. A ce point de vue, les résultats sont meilleurs que ceux du modèle

Europe-Afrique. Les erreurs sur la direction des échanges restent considérables.

Les prédictions pour l'année 1981, quand l'Indonésie a réduit volontairement ses exportations sont plus mauvaises, surtout en ce qui concerne les prix, qui sont systématiquement sous estimés, et les flux entre pays. Les erreurs sont particulièrement importantes pour les flux les plus faibles.

## CONCLUSION

La capacité de prédiction d'un modèle dépend à la fois de la qualité des paramètres estimés et de la justesse de représentation de la structure du marché.

Le secteur de production des grumes tropicales est ordinairement dominé dans les pays producteurs par des compagnies d'exploitation étrangères et la transformation se fait souvent dans des unités intégrées. Il demeure cependant un assez grand nombre d'acheteurs et de vendeurs indépendants sans action concertée sur le

marché. L'hypothèse d'un marché de concurrence pure et parfaite semble donc une bonne approximation à un niveau aussi agrégé.

La qualité des équations d'offre et de demande semble bonne, tant du point de vue statistique que théorique. Néanmoins, de nombreuses variables indicatrices temporelles demeurent à expliquer. Il est probable que quelques-unes reflètent des changements de variables pour lesquelles nous n'avons pas de bonne mesure, tels

TABLEAU 8  
MODÈLE ASIE-PACIFIQUE  
RÉSULTATS POUR L'ANNÉE 1979

EXPORTATIONS						
	Quantité (1.000 m <sup>3</sup> )			Prix (US\$/m <sup>3</sup> )		
	R	P	e	R	P	e
MALAISIE	16.490	16.471	0	84	84	0
INDONÉSIE	17.800	17.773	0	84	84	0
PAPOUASIE NOUVELLE-GUINÉE	445	490	+ 10	50	50	0
PHILIPPINES	1.250	1.250	—	116	116	0
DIRECTION DES EXPORTATIONS (1.000 m <sup>3</sup> )						
Destination		JAPON	SINGAPOUR	CORÉE	TAIWAN	
<i>Origine</i>						
MALAISIE	R	10.565	467	1.809	2.841	
	P	10.306	509	2.341	2.507	
	e	- 2,5	+ 9	+ 30	- 12	
INDONÉSIE	R	9.227	1.010	4.197	2.823	
	P	9.530	968	3.656	3.146	
	e	+ 3	- 4	- 13	+ 11	
PAPOUASIE NOUVELLE-GUINÉE	R	348	—	—	—	
	P	393	—	—	—	
	e	+ 13	—	—	—	
PHILIPPINES	R	813	—	45	127	
	P	393	—	54	138	
	e	- 2,5	—	+ 20	+ 9	

Note : R est la valeur observée, P la valeur prédite par le modèle et e est l'erreur en pourcentage.

que les coûts de production non-bois dans les industries transformatrices et dans les exploitations forestières.

Nous pensons toutefois que les faiblesses des modèles du point de vue de la prédiction proviennent de la méthode de calcul des équilibres de marchés. Les solutions des modèles de programmation sont très sensibles à la valeur de certains paramètres. Dans notre cas, différents coûts de transport, lesquels sont mal connus, engendrent des changements de flux commerciaux bien plus grands que ceux observés en réalité. Nous avons essayé de corriger ce problème par des contraintes d'inertie, mais leur justification est peu rigoureuse.

Il est plus facile de représenter l'évolution des flux au cours du temps par des modèles purement économétriques (voir par exemple CHOU et BUONGIORNO, 1983), et c'est d'ailleurs cette approche qui est utilisée dans le modèle économétrique global LINK (KLEIN, 1983). Par contre, il est peut être plus difficile de prévoir avec de

tels modèles les conséquences de situations totalement nouvelles, telles que la réduction des exportations de grumes d'Indonésie.

Il est possible que l'utilisation d'un agrégat « bois tropical » qui recouvre diverses essences soit un problème. Mais nous ne pensons pas que ce dernier soit réhibitoire. Les résultats économétriques montrent que l'on peut parler raisonnablement d'offre, de demande et de prix à ce niveau d'agrégation. L'agrégat « bois tropicaux » n'est pas plus difficile à manipuler que celui « produit national brut ». Le but de la modélisation n'est pas la description détaillée, et impossible, de nombreux marchés plus ou moins liés, mais la conceptualisation de systèmes simples traitant de questions aussi bien définies que possible.

Dans notre cas, le but est de comprendre et prévoir le commerce mondial des grumes de bois tropicaux. Nous avons montré dans le modèle Asie-Pacifique que la

TABLEAU 9  
MODÈLE ASIE-PACIFIQUE  
RÉSULTATS POUR L'ANNÉE 1980

IMPORTATIONS						
	Quantité (1.000 m <sup>3</sup> )			Prix (US\$/m <sup>3</sup> )		
	R	P	e	R	P	e
JAPON	18.359	18.366	0	155	153	- 1
SINGAPOUR	1.304	1.331	+ 2	101	99	- 2
CORÉE DU SUD	3.545	3.630	+ 2	143	141	- 1,5
TAIWAN	6.748	6.748	0	106	104	- 2
EXPORTATIONS						
	Quantité (1.000 m <sup>3</sup> )			Prix (US\$/m <sup>3</sup> )		
	R	P	e	R	P	e
MALAISIE	15.145	15.187	0	80	78	- 2,5
INDONÉSIE	14.885	15.048	+ 1	99	97	- 2
PAPOUASIE NOUVELLE-GUINÉE	640	554	- 14	72	70	- 3
PHILIPPINES	1.150	1.150	-	129	127	- 1,5
DIRECTION DES EXPORTATIONS (1.000 m <sup>3</sup> )						
Destination		JAPON	SINGAPOUR	CORÉE TAIWAN		
<i>Origine</i>						
MALAISIE	R	8.846	304	1.676	3.642	
	P	7.603	814	2.081	4.011	
	e	- 4	+ 168	+ 24	+ 10	
INDONÉSIE	R	8.612	1.000	1.817	3.000	
	P	9.931	517	1.462	2.682	
	e	+ 15	- 48	- 20	- 11	
PAPOUASIE NOUVELLE-GUINÉE	R	419	-	-	-	
	P	333	-	-	-	
	e	- 21	-	-	-	
PHILIPPINES	R	482	-	52	106	
	P	498	-	86	55	
	e	+ 3	-	+ 65	- 48	

Note : Voir tableau 8.

TABLEAU 10  
SOUS MODÈLE ASIE-PACIFIQUE  
RÉSULTATS POUR L'ANNÉE 1981

IMPORTATIONS							
	Quantité (1.000 m <sup>3</sup> )				Prix (US\$/m <sup>3</sup> )		
	R	P	e		R	P	e
JAPON	14.395	14.846	+ 3		115	91	- 21
SINGAPOUR	755	749	- 1		116	91	- 22
CORÉE DU SUD	4.047	3.975	- 2		115	89	- 23
TAIWAN	4.635	4.634	0		99	74	- 25
EXPORTATIONS							
	Quantité (1.000 m <sup>3</sup> )				Prix (US\$/m <sup>3</sup> )		
	R	P	e		R	P	e
MALAISIE	15.865	15.977	0		67	42	- 37
INDONÉSIE	6.200	6.200	6		93	68	- 27
PAPOUASIE NOUVELLE-GUINÉE	750	1.010	+ 35		63	39,5	- 37
PHILIPPINES	1.685	1.685	-		108	82	- 24
DIRECTION DES EXPORTATIONS (1.000 m <sup>3</sup> )							
Destination		JAPON	SINGAPOUR	CORÉE TAIWAN			
<i>Origine</i>							
MALAISIE	R	8.926	321	3.342	3.167		
	P	7.794	620	3.502	3.950		
	e	- 13	+ 93	+ 5	+ 25		
INDONÉSIE	R	3.536	430	445	1.310		
	P	4.555	129	366	670		
	e	+ 29	- 70	- 18	- 49		
PAPOUASIE NOUVELLE-GUINÉE	R	496	4	197	43		
	P	1.001	0	0	0		
	e	+ 101	-	-	-		
PHILIPPINES	R	1.437	-	63	115		
	P	1.495	-	106	14		
	e	+ 4	-	+ 68	- 98		

Notes : Voir tableau 8.

modélisation de phénomènes clés tels que l'offre, la demande et la formation des prix est possible, même en ignorant les produits de transformation primaire qui furent pris en compte dans le modèle Afrique-Europe. On arrive ainsi à une structure plus simple et au moins aussi précise.

Néanmoins, les résultats obtenus ne peuvent être considérés que comme des premiers pas dans l'élaboration

d'un modèle global du commerce des grumes de bois tropicaux. Un problème important à résoudre est celui de la relation entre régions. Une solution de ce problème a été ébauchée dans le modèle Asie-Pacifique, en introduisant l'activité économique en Europe comme variable exogène pour la demande de grumes dans les pays transformateurs d'Asie-Pacifique. La solution est simple et plausible du point de vue théorique. On devra explorer si elle est applicable à d'autres régions.

#### BIBLIOGRAPHIE

- ADAMS (D. M.), 1983. — Modeling world trade in tropical timber products. Prepared for the Statistic and Economic Analysis Unit of the Forestry Department, F.A.O. Rome, 105 p.
- BRION (B. H.), 1983. Regional situation paper : the wood products industry of Asia, its current status (1981-1982)

- and future development. Global preparatory meeting for the first consultation on the wood and wood products industry. UNIDO, Vienna, 76 p.
- BUONGIORNO (J.) and TENNY (P.), 1980. — Economic and political influences on international trade of tropical logs. *Agricultural Systems* 6 : 53-66.

*R.C.A. Transport de sciages d'ayous de  
la scierie vers le lieu de vente à Bangui.*

Photo G. de Chatelperron.

- BUONGIORNO (J.) and GILLESS (J. K.), 1984. — A model of international trade of forest products, with an application to newsprint. *Journal of World Forest Resources Management* 1 : 65-80.
- BUONGIORNO (J.) and GILLESS (J. K.), 1985. — Simulation of future trade in wood pulp between Canada and the United States. *The Annals of Regional Science* 19 (2) : 47-60.
- CHOU (J. J.) and BUONGIORNO (J.), 1983. — United States demand for hardwood plywood by country of origin. *Forest Science* 29 (2) : 225-237.
- FMI. — *Annuaire statistique international*. FMI, Washington.
- HAYNES (S. E.) and STONE (J. A.), 1983. — Specification of supply behavior in international trade. *The Review of economic and Statistics* 1983 : 626-632.
- JOHNSTON (J.), 1984. — *Econometric methods*. McGraw-Hill. New York, 568 p.
- KLEIN (L. R.), 1983. — *Lectures in econometrics*. North Holland, Amsterdam, 233 p.
- MADDALA (G. S.), 1977. — *Econometrics*. McGraw-Hill. New York, 516 p.
- McKILLOP, W. L. M., 1973. — *Structural Analysis of Japanese-North American Trade in Forest Products*. *Forest Science* 19 : 63-74.
- Nations-Unies. — *Annuaire Statistique*. Nations Unies, New York.
- NERLOVE (M.) and ADDISON (W.), 1958. — Statistical estimation of long-run elasticities of supply and demand. *J. Farm Econ.* 40 : 861-880.
- NOMURA, YUKUTAKE (I.), 1982. — *Forest sector model in Japan and its simulation analysis*. Prepared for the Division of Forest Management of the Forestry and Forest Products Research Institute. Ibaraki. Japan, 31 p.
- OAA. — *Annuaire des produits forestiers*. OAA, Rome.
- SAMUELSON (P. A.), 1952. — Spatial equilibrium and linear programming. *American Economic Review* 42 : 283-303.



- TAKAYAMA (T.) and JUDGE (G. G.), 1971. — *Spatial and temporal price and allocation models*. North Holland. Amsterdam, 528 p.
- TAKEUCHI (K.), 1982. — *Mechanical processing of tropical hardwood in developing countries : issues and prospects for the plywood industry's development in the Asia-Pacific region*. World Bank. Commodities and Export Projections Division. Working Paper nb 1982-1, 147 p.
- VARIAN (H. R.), 1984. — *Microeconomic analysis*. W. W. Norton and Company. New York, 348 p.