

وزارة التربية الوطنية
MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE - المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

DEPARTEMENT

Génie Industriel

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

*Analyse économétrique des facteurs
contribuant à la productivité.*

Proposé par :

LAABAS

Etudié par :

**AIT MOUHOUB . N
SAIGOUNE . M**

Dirigé par

LAABAS

PROMOTION

Genie 1993

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE AUX UNIVERSITES

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
(EL HARRACH E.N.P)

SPECIALITE : GENIE INDUSTRIEL

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDE

THEME

**ANALYSE ECONOMETRIQUE
DES FACTEURS CONTRIBUANTS
A LA PRODUCTIVITE**

PRESENTE PAR :

Mr: SAIDOUNE MESSAOUD

Mr: AIT MOUHOU B NOUR-EDDINE

DIRIGE PAR:

Mr: LABBAS

Promotion: 93

المجال: ~~هندسة~~ دراسة مدى تباين التغير التقني في الإنتاجية
وذلك بطريقتين:

الأولى تعتمد على كل من دالة الإنتاج ودالة التكلفة عن طريق الدوال
متغير الزمن في هذه الدوال بحيث يمثل عذرنا هو الإنتاج
وتقدير قيمته تمثل نسبة التغير التقني في الإنتاجية
كما الطريقة الثانية فتعتمد على قوانين الإنتاج البسيطة، تطبق
كل من الطريقتين مع ورشة الميكانيك بمركب السيارات الصناعية بالورشة
في ظل تدهور في الإنتاجية والتطور التقني في الفترة 1988 - 1992

Résumé :

L'étude a comme objet la mesure du changement technique
avec deux méthodes :

La première en utilisant les modèles économétriques pour mesurer
le changement technique par l'estimation du coefficient de la
variable temps intégrée dans les modèles de production et de coût .

La deuxième méthode en utilisant les formules de productivité. les
deux méthodes ont été appliquées au centre mécanique du CVI de
ROUIBA, celle ci ont présenté une productivité décroissante durant
la période 1988-1992 sur l'horizon étudié (1982-1992) .

ABSTRACT :

In this study , we have a problem of technical change
measurement in the first method we use different économétrics
modèles of production and cost function and we make a technical
change measurement by changing the time parameter of our models.
in the second method, we use the différent formula of
productivity .

The two méthodes are applied in mechanical building of CVI at
Rouiba, and exhibit a productivity decrease between 1988 and 1992
from the time period (1982-1992) .

DEDICACES

A MON PERE QUI MA SOUTENU ET MA BIEN AIDE DURANT TOUT
MON TRAVAIL.

A MA MERE QUI MA ENCOURAGE ET MA SOUHAITE BEAUCOUP DE BIEN
DURANT MON TRAVAIL.

A TOUTE MA FAMILLE.

A TOUT MES AMIS.

A TOUS CE QUI MONT SOUTENU DE PRES OU DE LOIN.

JE DEDIE CE MODESTE TRAVAIL

=====" nour-eiddine"====

A MON PERE QUI MA AIDE DURANT TOUTE MA VIE.

A MA MERE QUI MA SOUTENU FORTEMENT.

A MA SOEUR QUI MA BIEN AIDE

A DEUX JUMEAUX YOUCEF ET ALI

A TOUTE LA FAMILLE

A TOUS MES AMIS

JE DEDIE CE TRAVAIL

**** SAIDOUNE AHMED****

REMERCIEMENTS

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Nous tenons à exprimer nos plus grands remerciements à notre promoteur Dr.LABBAS qui n'a pas ménagé sa peine et son temps pour encadrer notre travail et nous prodiguer ses précieux conseils tout au long de notre travail .

Un vif remerciement se doit d'être adressé à l'ensemble du personnel du complexe des véhicules industriels de ROUTBA, en particulier :

- Mr BEN AMARA pour l'accueil qu'il nous a réservé au sein de la direction ressources humaines .
- Mr BOUCHALA qui a bien accepté de nous aider et nous orienter tout au long de notre travail .
- Mrs SIAM et surtout KARIM pour de toute l'aide qu'il nous ont accordé .
- Au personnel de la comptabilité et en particulier Mr BERROUAGH et Mr MEBARKI .
- Au personnel de l'ordonnancement , en particulier les Mrs BIENSAFI et AZZEDINE .
- Au personnel des services généraux , en particulier Mr BIECHATOU

Nous tenons à remercier les membres de jury Mr HADDAD président du jury et Mme BEN CHERIF qui ont bien voulu juger notre travail.

Nous ne saurions oublier le grand mérite des enseignants qui ont contribué à notre formation , particulièrement ceux du département Génie Industriel qu'ils trouvent ici le témoignage de notre profonde reconnaissance .

Que tous ceux qui nous ont apporté un soutien morale , trouvent ici, l'expression de notre vive et sincère reconnaissance

SOMMAIRE

RESUME..... I

DEDICACES..... II

REMERCIEMENTS..... III

INTRODUCTION..... 01

CHAPITRE I: PRESENTATION DU BATIMENT MECANIQUE..... 03

 I-1 Organisation de la sonacome..... 03

 I-2 Organisation de la SNVI..... 04

 I-3 Organisation du CVI..... 06

 I-4 Organisation du batiment mecanique..... 06

CHAPITRE II: PRODUCTIVITE DEFINITIONS ET MESURES... 12

 I-LA PRODUCTIVITE..... 12

 I-1 Qu'est ce que la productivité?..... 12

 I-2 La production..... 12

 I-3 Definitions de la productivité..... 13

 I-4 Les facteurs de la productivité..... 14

 I-5 Les avantages de la productivité..... 15

 I-6 Probleme de mesure 16

 I-7 Principales formules de productivité..... 16

 I-8 Indice de prix..... 17

 I-9 Indices d'agregation..... 17

 II LES MESURES INGINNERING DE LA PRODUCTIVITE... 18

 1 Indices de productivité..... 18

 2 Evaluation de productivité..... 20

 3 Amelioration de la productivité..... 21

 3-1 Amelioration de la productivité..... 21

 3-1-1 Les outils de base dans les techniques d'amelioration de la productivité..... 22

 3-3-2 Les procedes technologiques d'amelioration... de la productivité..... 22

 3-3-3 Les outils de gestion du personnel..... 23

 3-3-4 Techniques et travaux de base pour l'amelioration de la productivité..... 23

I-THEORIE DE LA FIRME.....	25
1- Fonction de production.....	25
2- Facteurs de production.....	26
3- Propriétés de la fonction de production	26
4- Les différentes formes fonctionnelles des foncti- - ons de production.....	31
4-1 La fonction de production cobb-douglas.....	31
4-2 La fonction de production de leontief.....	33
4-3 La fonction moyenne quadratique d'ordre P.....	33
4-4 La fonction de production de type CES.....	34
5- Fonction de coût.....	35
5-1 Fonction de coût dans le long-terme.....	36
5-2 Fonction de coût dans le court-terme.....	36
5-3 Elasticité de coût.....	37
5-4 Minimisation de coûts.....	37
5-5 L'isocoût.....	37
6- Les différentes formes fonctionnelles de la fonc- - tion de coût.....	39
6-1 La fonction de coût de cobb-douglas.....	39
6-2 la fonction de leontief.....	39
6-3 La fonction translog.....	39
6-4 La fonction de type CES.....	41
7-Le changement technique.....	41
II- MESURES DU TAUX DE CHANGEMENT TECHNIQUE (taux de productivité).....	44
1-Mesure a partir de la fonction de production.....	44
2-Mesure a partir de la fonction de coût.....	47
3-Mesure a partir des indices (divisia indexes).....	49
4-mesure a partir de l'indice du TFP (total factor productivity).....	51

CHAPITRE IV : APPLICATION 54

4.2- Collecte et traitement des données..... 54

4.3-Modelisation..... 61

4.4-Choix de modeles..... 64

4.5-Test de stabilité..... 68

4.6-Problème de multicoléarité..... 73

4.7-Calcul du changement technique..... 75

4.8-Elasticité de substitution..... 73

4.9-Elasticité d'échelle..... 88

4.10-Elasticité de coût..... 88

4.11-Les parts de coût des facteurs..... 88

4.12-Taux marginaux de substitution..... 89

4.13-Les élasticités de l'output par rapport
 aux inputs 90

CHAPITRE V CONCLUSION..... 91

ANNEXES..... 93

BIBLIOGRAPHIE..... 129

INTRODUCTION

Le progrès technique est à la base de la mécanisation qui s'est développé depuis la révolution industrielle, même si d'autres facteurs ont participé à cette transformation, il s'est traduit sur le long terme par un accroissement de la productivité.

L'intégration du progrès technique dans l'analyse néo-classique, Denison pour les Etats-Unis, Carré du bois et Malinvaud pour la France, avaient ils montré que la partie inexpliquée de la croissance, le fameux facteur résiduel (qui correspond au changement technique) expliquerait l'essentiel de la croissance, mais au niveau théorique, la caractéristique du progrès technique est de ne pas être un facteur autonome mais de s'intégrer à la fois au capital et à la main d'oeuvre.

Les modèles néo-classiques récents tentent de prendre en compte la qualité du capital, le capital est alors daté et considéré comme d'autant plus performant que sa date de naissance est proche. Une autre tentative d'intégration du progrès technique à l'analyse consiste à prendre en compte la qualité du facteur travail qui incorpore plus ou moins le savoir faire, la meilleure productivité serait alors expliquée par l'incorporation du "savoir faire" souvent mesuré par le niveau d'éducation et l'expérience de l'activité industrielle.

Dans cette optique néo-classique, nous avons essayé de mesurer le progrès technique en évaluant le changement technique à travers les fonctions de coûts et de production et les différents indices (la division indexe et les formules de productivité) ainsi que d'analyser les différents facteurs contribuant à la productivité au sein du bâtiment mécanique du CVI. (Complexe des Vehicules Industriels)

Dans le chapitre 1, nous procédons à la description du bâtiment mécanique et du processus de fabrication pour dégager les différents facteurs à incorporer dans l'analyse .

Dans le chapitre 2, nous exposons l'apport théorique concernant la productivité à savoir les différentes formules de productivité, les différents indices d'agrégations et les différents moyens d'amélioration de la productivité .

Le chapitre 3 présente les concepts de base de la théorie de la firme et les différentes mesures économétriques du progrès technique (changement technique) .

Le chapitre 4 traitera la partie application où l'on définit les différentes données collectées, l'estimation des différents modèles de fonction de coût et de production , ainsi que le test de leur stabilité, d'aborder le problème de multicollinéarité, d'évaluer le changement technique par période de temps et le calcul des différents paramètres contribuant à notre analyse .

Enfin, nous terminons notre étude par une conclusion générale .

CHAPITRE I

PRESENTATION ET ORGANISATION
DU BATIMENT MECANIQUE DU CVI

I/ PRESENTATION DE LA SNVI :

1/ L'organisation de la sonacome :

L'entreprise SONACOME existe depuis 26 ans . Avant sa réalisation , l'industrie mécanique en Algérie était réduite à des opérations de montage d'entretien et de réparation . La SONACOME a été créée en 1967 avec un montant d'investissement de 2,5 milliards de DA au cours du premier plan quadriennal et un montant d'investissement de 7 milliards de DA dans le cadre du 2ème plan quadriennal , le rapport de ce dernier estime que ce secteur a accompli 3 grandes réalisations destinées à fabriquer le camion , le tracteur et les machines agricoles , le matériel de travaux publics , le véhicule particulier , crée en 1967 par ordonnance N°67150 . La SONACOME avait pour tâche de doter l'industrie mécanique d'un appareil moderne de production en mesure de répondre au besoins croissants du pays en produits mécaniques . En 1933 à l'instar des autres sociétés nationales , la SONACOME a été restructurée en 10 entreprises autonomes .

a/ Cinq entreprises de production :

- PMA : Production de machine agricoles Sidi-Bel-Abbès .
- PMO : Production de machines outils à Constantine .
- PMH : Production de matériel hydraulique à Berrouaghia .
- PVP : Production de véhicules particuliers à Oran .

- DCR : Roulonnerie , visserie , robinetterie à Sétif .

b/ Deux entreprises de production et de distribution :

- La SNVI : production et distribution du véhicules industriel .
- ENMTP : pour le matériel de travaux publics à Constantine .

c/ Deux entreprises de distribution :

PVP : des véhicules particuliers .

DEI : des équipements industrielles .

La SNVI est aussi composé de plusieurs unités de production de distribution .

2/ L'organisation de la SNVI :

La SNVI (Société Nationale des Véhicules Industriels) est composé de :

1- Le complexe des véhicules industriels qui est composé du :

- La forge .
- bâtiment mécanique .
- bâtiment tolérerie et emboutissage .
- bâtiment montage camions .
- bâtiment montage autobus et autocars .
- bâtiment des sièges .

2- La carrosserie .

3- L'unité de fonderie .

II/ LE COMPLEXE DES VEHICULES INDUSTRIELS (CVI) :

II.1/ Historique :

Situé à Rouiba à 30 Km à l'EST d'Alger , il s'étend sur une superficie totale de 300 ha dont 200 000 m² est couverte .

Réalisé selon la formule "produit en main" , la conception , l'édification et la gestion initiale du CVI ainsi que la formation

du personnel algérien ont été confiées à la société française BERLIET par contrat signé le 30/07/70 qui porte sur l'achat des ateliers de montage camions de BERLIET , les travaux pour l'édification du complexe ont démarrés en janvier 1971 , à la fin de 1974 tous les ateliers étaient en exploration et les premiers véhicules dits "K66" sont sortis pendant la même année , une production annuelle de 4300 camions et 250 autocars dans une gamme de 10 modèles de camions , un modèle d'autocar et un modèle d'autobus .

II.2/ Organisation :

Le CVI est organisé de la façon suivante :

au sommet de la hierarchie se trouve la direction générale du complexe et vient après 6 directions .

La capacité de production étant de 7000 véhicules , les véhicules sont obtenus par fabrication d'organes soit (42) modèles à partir de pièces élémentaires (16700 références) dont 9800 références fabriquées et 6900 achetés , donc un taux d'intégration de 0.586 soit $9800/16700, (16700=9800+6900)$. 80 options peuvent être obtenus à partir de 9 types de véhicules .

La production des véhicules est réalisée dans 7 centres de production dont deux qui n'appartiennent pas au CVI qu. sont la fonderie et la carrosserie) .

A/ La fonderie :

Elle produit 10 000 t/an de bruts pour 30 réf.

B/ La carrosserie :

Ce bâtiment produit environ 70 types de carrosseries .

C/ La forge :

Elle produit 250 bruts de forge à partir des barres d'acier débitées aux dimensions voulues et chauffées au four et par estompage sur marteau pilon et presses .

D/ Tolerie et Emboutissage :

Ce batiment produit des cadres chassis et des cabines dans 5 ateliers comprenant 250 machines (10 types de cadres châssis et 6 types de cabines .)

E/ Montage Camions :

Dans ce batiment sont assemblées sur 2 lignes tractées les 9 types de vehicules .

F/ Montage Autocars et Autobus :

dans ce batiment sont fabriquées les sous-bassements et carcasses d'autobus et autocars , ainsi que le montage des organes mécaniques

G/ Le Batiment Mécanique :

Le batiment mécanique qui fait l'objet de notre étude produit 42 modèles d'organes mécaniques pour 9 types de vehicules : 8 types de boites a vitesse , 24 types de ponts, 5 types d'essieux, 5 types de directions, 1200 réf de pieces qui se montent sur chassis et cabines et cela à partir de 3 types de brut :

- Brut Fonderie .
- Brut Forge .
- Barres d'acier .

L'usinage se fait sur 635 machines dont 47 sont des machines à commandes numériques et qui sont acquises à partir de 1984 et qui produisent une gamme de 3500 références .

III/ ORGANISATION DU BATIMENT MECANIQUE :

Le batiment Mécanique est organisé en 9 ERMOD (Ateliers) et chaque ERMOD est composé d'une ou plusieurs sections .

Le batiment mécanique à été construit entre 1972 et 1973, il contient à l'époque 650 machines le batiment mécanique est divisé en 9 ateliers (ERMOD) de production dont la codification est :

- 3000 centre mécanique
- 3010 atelier engrenage
- 3020 Traitement thermique

- 3030 débitage et décolletage
- 3040 usinage boites de vitesse
- 3050 Usinage Essieux Ponts .
- 3060 Usinage Moyeux Tonbours .
- 3070 Montage Ponts essieux .
- 3080 Montage Boite à vitesse .
- 3090 Usinage Ferrures .

1/ ATELIER DEBITAGE (3030) :

Le brut utilisé étant des barres d'acier à des diamètres et formes différentes .

La visserie est produite dans cet atelier .

L'atelier Débitage 3030 est constitué de deux section :

section 102 Débitage .

section 101 décollétage .

Le diamètre maximal usiné étant de 210 mm .

La section 101 Décolletage , dont le brut vient de la section débitage (pièce débitées) et des bruts de faible diamètre pour fabriquer les rondelles et, la visserie ,la boulonnerie et des petites pièces par les procédés suivants : tournage , fraisage , filletage et perçage . le nombre de références gérées est de 800 à 850 réf . les pièces une fois usinées passent au traitement thermique pour subir un durcissement , les diamètres usinés varient de 6mm - 95mm .

2/ TAILLAGE ET ENGRENAGE (3010)

La fonction principal de cet atelier est l'usinage des engrenages 80% de son brut est un brut forge (couronnes, pignons). 20% est du débittage . 96 types de pièces sont usinés dans cet ER MOD . 95% des pièces usinées vont au traitement thermique et 5% des pièces pour la rectification . les pièces usinées sont par exemple : le pignon d'attaque , les arbres des boites , les couronnes de ponts ,

les recepteurs de ponts , pignons de commande , les satellites et les planétaires .

3/ ATELIER TRAITEMENT THERMIQUE (3020) :

Au niveau de cet ATELIER passent toutes les pieces usinées aux ateliers engrenage , taillage et décolletage . pour subir un traitement thermique pour le durcissement des pieces par un procedé de lavage puis de cémentation dans des fours (carbone à 920°C), une trompe pour augmenter la résistance , puis une opération de revenus (détente) ,une opération de grenailage (amelioration de l'état de surface),une phase de rédressage et traitement par champs électrique (pour les axes) .

90% des pieces ainsi traitées vont être rectifiées et 10% vont être utilisées directement (magasins) .

4/ ATELIER DE RECTIFICATION

Les pieces une fois traités thermiquement vont être rectifiées , les principales opérations de rectification :

- rectification extérieure et intérieure (alésage) .
- Rectification plane .

L'outillage principale utilisé étant des meules , des diamants et des abrasifs .

L'ensemble écrous et vis de direction sont usinés à ce niveau . Et en dernière étape une phase de contrôle des pieces sur des bancs d'essais pour contrôler les vibrations et le bruit des couplage des engrenages .

5/ ATELIER USINAGE BOITE DE VITESSE (3040) :

Au niveau de cet ERMOD on usine des boites de vitesse et des carters de directions , les vis et écrous de direction, il est composé de 3 secteurs :

Secteur 101 : pour l'usinage des carters , des couvercles et les arrières de cloches .

Secteur 130 : Usinage des sous ensembles fourchettes trompètes .

Secteur 131 : Usinage des carters de direction ensemble vis et écrous de direction , levier de direction , les arbres , les axes et les pignons des boites à vitesse , et les carters .

Le nombre de références usinées est environ 80 . les principales opérations sont : tarrodage , perçage multiple et fraisage .

6/ ATELIER USINAGE PONTS ET ESSIEUX (3050) :

Au niveau de cet atelier se fait l'usinage des fusées , les essieux les leviers de direction et de connection dont le brut provient de la forge . On fait aussi l'usinage des cuves de ponts (brut fonderie) et quelques pieces diverses comme les arbres différentiels , les carters d'adaptation , les portes fusées , les paliers .

Les étapes essentielles de fabrication sont : tournage , perçage et fraisage .

L'atelier est composé de plusieurs lignes de fabrication :

- Une ligne pour l'usinage des fusées et essieux (brut forge) et aussi les leviers de direction et de connection .
- Une ligne consacrée uniquement aux pieces d'acier et forgées .
- Une ligne consacrée pour l'usinage des cuves de ponts .

Les pieces usinées dans cet atelier après contrôle , vont directement au montage .

7/ ATELIER USINAGE FERRURES (3090) :

Dans cet atelier se fait l'usinage des ferrures (pieces chassis) au niveau de 4 sections :

- Section perçage et tarrodage des petit diametres .
 - Section usinage des grandes ferrures de source forge (brut forge)
- Au niveau de cet Atelier environ 80 réf de pieces sont usinées.les principaux opérations d'usinage sont :

Perçage unique et multiple , filletage, tarrodage , fraisage des surfaces planes . Le brut est principalement de source fonderie et forge (90%) .

8/ ATELIER USINAGE MOYEUX , TOMBOURS (3060) :

Au niveau de cet Atelier se réalise l'usinage des arbres différentiels des trompettes , les cammes de freins , les moyaux et autres pièces et cela sur 3 lignes d'usinage :

* La ligne 124 : usinage des arbres différentiels, des trompettes , les cammes de freins les écrous différentiels , les bouchons de moyaux .

* La ligne 125 : usinage des coquilles , croisillons , des réducteurs (carters) ,et des boitiers de roulements .

* La ligne 126 : usinage des moyaux , tambours , supports de freins , machines de freins , boitiers de roulements , les réducteurs .

On note qu'il y a des pièces usinées qui subissent un traitement thermique et seront par la suite rectifiées avant d'être adressées au montage . Environ 87 types de pieces sont usinés dans cet atelier .

9/ Atelier montage (3070 / 3080) :

A ce niveau , on fait le montage des principaux organes : les ponts , les boites à vitesses , les essieux , les directions . A partir des pièces usinées dans les ateliers précédents et de quelques pièces achetées de l'extérieur , les machines utilisées sont des presses (pour le montage des grandes pièces) .

Après le montage , on dispose d'un banc d'essai pour les ponts et un autre pour les boites à vitesses pour contrôler

l'efficacité du montage et pour signaler la présence des vibrations ou autres anomalies (craquement , fuites d'huiles) . La durée d'essai est de 10 - 40 mn.

A la fin de l'étape de contrôle , les organes sont fournis au bâtiment montage camions et montage autobus et autocars pour qu'ils soient montés sur les véhicules .

CHAPITRE IILA PRODUCTIVITE
DEFINITIONS & MESURESI/ LA PRODUCTIVITE :1/ Qu'est ce que la productivité ?

Dans le langage courant et pendant longtemps , le mot productivité a simplement désigné la faculté de produire . Cependant pour tout esprit objectif , la productivité est avant tout une constatation quantitative et qualitative de la production.

La définition la plus élémentaire de la productivité est le rapport entre une production et les facteurs de production qui ont permis de l'obtenir .

La productivité est aussi un art d'obtenir de bons résultats avec économie des moyens et ressources , la productivité d'un facteur de production est donc la quantité de produit obtenus par unité de ce facteur .

Donc , il est nécessaire de définir la production et les facteurs de production retenus et même l'unité de production dont on veut mesurer la productivité .

2/ La production :

La production est une transformation d'un état de la matière à un autre , on dit aussi qu'il y a production si l'état de la matière après transformation est préférable que celle avant transformation , dans le cas contraire on dit qu'il y a acte de consommation , la production est un art dont le résultat est d'accroître le degré de conformité entre quantité et qualité .

La production finale brute est composée de produits qui , au cours de l'année , ont été vendus ou sont allés vers les stocks .

La différence entre les termes production et productivité est que la production est l'activité de produire les biens ou services alors que la productivité est l'efficacité de l'utilisation des ressources (les inputs) dans le processus de production des biens et services (outputs) .

3/ Définitions de la productivité :

La définition élémentaire de la productivité est la suivante:

La productivité est le ratio de l'output produit sur les inputs (ressources) utilisées que ce soit les moyens humains ou matériel et le savoir faire .

$$\text{Indice de productivité} = \frac{\text{Produits fabriqués}}{\text{ressources dépensées}}$$

pour plus de précision 3 définitions élémentaires sont présentées ainsi :

a/ Productivité partielle (p.p) : C'est le rapport de l'output sur une classe d'inputs , par exemple la productivité du travail qui est le rapport de l'output sur les ressources humaines utilisées .

b/ Productivité totale des facteurs (TFP) : C'est le rapport de l'output net sur l'ensemble travail et capital utilisés :

output net = output total - biens et services intermédiaires achetées .

c/ Productivité totale (P.T) : C'est le rapport de l'output total sur l'ensemble de tous les facteurs (ressources) utilisées . Cette mesure reflète l'impact des ressources dans la production des outputs .

$$FP = \frac{\text{output}}{\text{facteur } i} \quad i : \text{travail , capital , temps , ...}$$

$$- PP = \frac{\text{output}}{\text{facteur } i} \quad i : \text{travail , capital , temps , ...}$$

$$- TFP = \frac{\text{output net}}{(K + W + Pt)} \quad K : \text{capital , } W : \text{travail , } Pt : \text{Progré technique}$$

$$- PT = \frac{\text{total outputs}}{\text{total inputs}}$$

Les facteurs : facteur humain .

facteur matériel (machine , équipements , ...)

facteur matière première , énergie ...facteur capital , investissement et autres moyens .

4/ Les facteurs de la productivité :

a/ L'investissement : l'investissement est l'accroissement du capital et donc l'amélioration de la productivité , il ya donc une forte corrélation entre l'investissement et le taux d'amélioration de la productivité .

b/ Le capital : qui est parmi les plus importants des facteurs de production , contribue directement à la productivité .

c/ Le travail : représente la main d'oeuvre ou en d'autres

termes la contribution du travail humain dans le produit .

d/ La recherche et le développement (RD) : le domaine d'investigation de la R et D est bien l'amélioration de la productivité , d'ailleurs c'est son objectif principal .

e/ La capacité d'utilisation : la régulation entre le progré industriel et les objectifs sociaux c.a.dire un environnement clair , un poste de travail stable .

f/ L'age de l'équipement et des structures :

g/ Les coûts d'énergie : comme le travail et le capital , l'énergie

est une ressource (input) nécessaire à la production . donc une minimisation des coûts d'énergie est alors une amélioration de la productivité

i/ le risque de perdre l'emploi :

j/ l'effet des mouvements syndicaux .

k/ Le management : est parmi les facteurs majeurs et qui est directement lié à la productivité : la gestion et la planification sont des facteurs qui améliorent la productivité .

l/ La productivité et l'inflation : Quand le taux d'inflation augmente dans une économie , cela est expliqué par un manque de productivité

m/ La productivité et le pouvoir économique : Une société qui n'est pas productive est fortement liée et dépendante d'autres sociétés .

5/ Les avantages de la productivité :

L'importance d'une productivité croissante dans une entreprise est d'élever le profit :

Profit = Revenus - coûts (travail , capital , matière ...)
et par la suite l'amélioration des salaires et la contribution à l'accroissement du revenu national .

La mesure de la productivité présente des avantages au niveau de l'entreprise :

- L'efficacité de la transformation des ressources en production .
- La planification des ressources peut être facile grâce à la mesure de la productivité .
- Les objectifs économiques et non économiques de l'entreprise peuvent être réorganisés à travers la mesure de la productivité .
- La planification du niveau de production peut être faite sur la base de la mesure de la productivité .

6/ Problème de la mesure :

Le problème de la mesure de la productivité se complique dès que l'on désire intégrer plusieurs catégories d'inputs . Comment comparer en effet la productivité de la matière avec la productivité du personnel ? mesurer la productivité pose donc un problème d'agrégation .

Les quantités physiques constituant les inputs de l'entreprise n'étant pas homogènes, des heures de travail , heures machines quantités de matières , etc ... Il est impossible donc de les additionner tels quels . Il est donc nécessaire de construire un système de pondération qui permet leur agrégation pour en mesurer le volume globale des inputs .

7/ Les principales formules de productivité :1/ La productivité globale des facteurs :

C'est le rapport entre la production et plusieurs facteurs de production , ces derniers sont : les consommations courantes (matière première , énergie , les frais généraux) le travail (main d'oeuvre , effectif , les cadres , les gestionnaires ...) , le capital (les structures , machines , les équipements et les amortissements .

$$PGF = \frac{\text{Production}}{\text{Trav} + C.c + Am}$$

avec :

Trav : travail (heures de travail) .

C.c : consommations courantes .

Am : amortissement .

2/ La productivité nette du travail :

$$PNT = \frac{\text{Prod} - Cc - Am}{\text{heures de travail}}$$

3/ productivité brute du travail :

$$PBT = \frac{\text{Production}}{\text{heures de Travail}}$$

4/ La production physique par heure et par tête :

$$PPH = \frac{\text{Production physique}}{\text{Travail}}$$

La production est considérée comme homogène .

5/ La productivité total des facteurs :

$$PTF = \frac{\text{Prod} - Cc}{\text{Travail} + \text{capital}}$$

avec C.c : consommations courantes .

6/ Indice de prix :

On suppose que le prix d'un produit est P_1 à t_0 et sera P_2 à t_1 et P_3 à t_2 , les indices des prix à t_1 et t_2 seront respectivement :

soit t_0 : l'année de base .

a t_1 : on a : $\frac{P_2}{P_1} * 100$ par rapport à t_0 .

a t_2 : on a : $\frac{P_3}{P_2} * 100$ par rapport à t_0 .

9/ Les indices de Laspeyres et de Paasche :

Le but de ces indices est d'homogénéiser des quantités de nature différente en les pondérant par des valeurs pour pouvoir suivre l'évolution des prix et des volumes dans le temps .

Soit les notations :

	Quantité	Prix	Valeurs
Année de référence	Q	P	V
Année étudiée	Q'	P'	V'

L'indice de laspeyres est défini par :

$$\text{indice de volume : } \frac{\sum P Q'}{\sum P Q} = \frac{\sum V \frac{Q'}{Q}}{\sum V}$$

$$\text{indice de prix : } \frac{\sum P' Q}{\sum P Q} = \frac{\sum V \frac{P'}{P}}{\sum V}$$

Cet indice pondère les accroissements par les valeurs de l'année de base, la production est donc fixe, ne dépendant que de l'année de référence.

L'indice de paasche est défini par :

$$\text{L'indice de volume : } \frac{\sum P' Q'}{\sum P' Q} = \frac{1}{\sum V' \frac{1}{Q'/Q} / \sum V'}$$

$$\text{Indice de prix : } \frac{\sum P' Q'}{\sum P Q'} = \frac{1}{\sum V' \frac{P}{P'} / \sum V'}$$

Cet indice est l'inverse d'une pondération par les valeurs de l'année étudiée des inverses des accroissements. La pondération est variable, cette pondération par moyenne arithmétique des inverses est une moyenne harmonique des accroissement ponderes

II/ LES MESURES ENGINEERING DE LA PRODUCTIVITE :

1/ Indices de productivité :

a/ En se basant sur la définition de l'indice de prix, l'indice de

la productivité totale est :

$$PT = \frac{\text{Mesure de l'output de l'année } t \text{ par rapport aux prix de période de base}}{\text{Mesure de l'input de l'année } t \text{ par rapport aux prix de période de base}}$$

b/ La différence de l'output et l'input par rapport à une période de base est le gain de productivité (ou perte) .

Indice de productivité totale des facteurs : TFPI .

$$TFPI = \frac{\text{Output net}}{\text{Input totale}}$$

Input totale : travail , capital , matière première, techniques...

Output net : production globale-produits intermédiaires achetées.

Gain de productivité = output net - input globale .

c/ La productivité totale : (modele de craig - Harris)

$$PT = \frac{O_t}{L + C + R + Q}$$

où : O_t : output total .

L : travail , C : capital .

R : matière première .

Q : autre facteurs nécessaires à la production .

d/ Modèle de Taylor Davis (77) (TFP) :

$$TFP = \frac{(S + C + MP) - E}{(W + B) + [(Lw + Kf) \cdot Fb \cdot df]}$$

A : Valeur ajoutée de l'output total .

B : input total .

S : ventes nettes .

C : Changements des instalations et équipements .

= somme des matières premières et produits finis .

MP : articles achetés de l'extérieur et transformés à l'intérieur de l'entreprise .

E : matériel et services achetés de l'extérieur + dépréciation du bâtiment , des machines , et location .

W : salaires et primes .

B : heures supplémentaires , assurances , indemnités ...

Kw : capital variable , notes des comptables , inventaires .

Kf : capital fixe , building , machine , équipement .

Fv : % investissement (contribution) .

df : prix déflationniste .

e/ Modèle d'AGRAWAL (1979) :

Composite productivité index =

$$A \frac{\text{profit net}}{\text{investissement . total}} + B \frac{\text{V.A}}{\text{nbre de travailleurs}}$$

$$+ C \frac{\text{Ventes totales}}{\text{nombre de consommateurs}} + D \frac{\text{total achats}}{\text{nombre d'offreures}}$$

$$\text{CPI} = \text{AT} + \text{BY} + \text{CZ} + \text{DW}$$

L'output et l'input sont exprimés en terme de monnaie constante par rapport à une période de base .

2/ Evaluation , planification et amélioration de la productivité :

A/ Evaluation de la productivité :

La phase de l'évaluation de la productivité est la phase qui suit la mesure de la productivité . Le problème consiste à évaluer la productivité entre deux périodes t - 1 et t en premier lieu , et au sein d'une période t donnée .

Dans le premier cas , une comparaison entre les productivités des deux périodes t - 1 et t est plus appropriée , dans le second cas on compare la productivité réelle avec celle budgétée .

Cette démarche peut être appliquée pour toutes les types

d'entreprises , l'évaluation de la productivité dans le premier cas est donnée par :

$$(\Delta TP)_t = \frac{\Delta O_t - \Delta I_t * (TP)_{t-1}}{I_{t-1} + \Delta I_t}$$

où :

- $(\Delta TP)_t$: variation (écart) de la productivité totale au temps t .
- ΔO_t : variation de l'output total au temps t .
- ΔI_t : variation de l'input total au temps t .
- $(TP)_{t-1}$: la productivité totale au temps t-1 .
- I_{t-1} : l'input à la période t-1 .

Cette équation représente le changement dans la productivité totale entre deux périodes successives (t-1 , t) , cela constitue un outil de contrôle pour les managers en constatant s'il y a progrès , performance , amélioration ou le contraire . L'évaluation de la productivité dans le second cas est donnée par :

$$(TP)'_t = \alpha (TP)_{t-1} + (1 - \alpha) (TP)'_{t-1}$$

où :

- $(TP)'_t$: la productivité totale budgétée à la période t .
- $(TP)_{t-1}$: la productivité totale à la période t-1 .
- α : coefficient de lissage $0 < \alpha < 1$.

B/ Planification de la productivité :

L'importance de la productivité est de développer un planning des processus et des structures dans l'entreprise , d'établir une surveillance de la productivité , une assistance et une coordination de l'organisation et de la production .

Deux modèles de planning sont suggérés :

a/ Le planning de productivité de court terme :

Pour les productivités qui sont établies pour chaque semaine chaque mois , chaque trimestre , ceci par le contrôle du niveau de production .

b/ Le planning de productivité de long terme :

Est un modèle qui doit être établit pour une période de plus de 5 ans jusqu'à 20 ans pour fixer la stratégie de la production et du management .

C/ Amélioration de la productivité :

1/ Les outils de base dans les techniques

d'amélioration de la productivité :

- L'inventaire .
- Le MRP (matériel requirement planning) .
- Les outils de managements .
- Le contrôle de la qualité .

2/ Les procédés technologiques d'amélioration de la productivité :

- L'aide du computer à l'industrie manufacturière .
(G.P.A.O ; CAD et autres logiciels de gestion) .
- Le système (CAM) : Computer aided manufacturing .
- CTM : Computer-intergrated manufacturing .
- La robotisation et l'automatisation .
- La technologie LASER et les nouvelles énergies .
- Le graphisme par computers .
- Le management de maintenance et fiabilité .
- Innovation des anciennes machines .
- La technologie de conservation d'énergie (ECT) .

3/ Les outils de gestion du personnel :

- Encouragements financiers individuels et collectifs .
- Les primes d'encouragement (assurances médicales , les allocations , les frais sociaux , les frais de missions,etc..)
- La promotion (motivation financières , statut , ...)
- Enrichissement de l'emploi (autonomie , ...)
- Elargissement de l'emploi (statut des responsabilités associées à l'emploi) .
- Rotation de l'emploi (rotation des employés dans différents emplois pour une courte période) .
- Encouragement de la contribution individuelle au groupe collectif) .
- Amélioration de la compétence et des performances de l'emploi .
- La motivation des techniques de managements par objectifs .
- Etude de la courbe de production par personne .
- La transmission du flux d'information entre le manager et l'employé (communication) .
- Amélioration des conditions de travail (lumière , température , l'humidité , l'environnement) .
- La formation des travailleurs , l'éducation .
- Les reconnaissances (les bonnes appréciations , les bonnus etc...) .
- Les cercles de qualité .
- Productivité et qualité par équipe .
- La technique management (temps de gestion) .

4/ Techniques et travaux de base pour l'amélioration de la productivité :

- Gestion des tâches (simplification , élimination , réduction du temps) .
- Minimisation des coûts d'énergie , des coûts de capital et autres dépenses .

- Mesure de travail : détermination des temps d'opérations .
- Job design : design de l'emploi .
- Job-évaluation : établissement des travaux relatifs aux divers emplois dans une entreprise .
- Job SAFETY design : une technique formelle pour améliorer l'aspect sécurité du poste de travail .
- Ergonomie : adaptation de l'homme à la machine et à l'environnement de travail .

CHAPITRE III

THEORIE DE LA FIRME
ET MESURES ECONOMETRIQUES
DE LA PRODUCTIVITE

I/ THEORIE DE LA FIRME :

I.1/ Fonction de production :

La technologie de production décrit les contraintes techniques qui limitent la portée du processus de production pour une entreprise . La technologie de production consiste en certaines méthodes alternatives pour la transformation de la matière et de services pour la production de biens et de service , les biens et services distincts utilisés comme inputs pour la production sont appelés facteurs de production .

En formulation néoclassique , la technologie est résumée par la fonction de production , une relation technique basée sur des considérations physiques ou engineering indiquant que le maximum d'output est atteint pour des combinaisons alternatives des facteurs de production . Dans le cas où la firme produit un seul output à partir de 2 inputs , la fonction de production peut être représentée comme :

$$Y = f (x_1 , x_2)$$

y : niveau maximal possible de l'output .

x₁ , x₂ : niveaux des 2 inputs .

f(.) : une fonction qui est généralement supposée être continuellement différentiable .

2/ Facteurs de production :

- Travail : A ce type de facteur , nous y référons l'effort physique et l'intelligence développée par l'être humain pour changer l'état des choses . Ce facteur peut être divisé en plusieurs suivant la qualification , on y distingue les travailleurs , les professionnels , les managers , les bureaucrates, ...etc .

Le facteur travail est mesuré comme les heures de travail employées par an mais il est quelque fois mesuré comme le nombre d'employés .

- Capital : A ce type de facteur , nous distinguons le capital fixe (structures , machines , outils , amortissements , ...) et le capital variable (inventions , cash , comptes recevables , ...) .

Le capital est mesuré en terme de ses services par unité de temps et est mesuré aussi comme étant le stock de capital net de la dépréciation . De tous les inputs , le capital est le plus complexe, il représente généralement une agrégation de beaucoup de composantes diverses , incluant plusieurs types de machines , d'installations et autres . Souvent même les machines de même type peuvent causer des problèmes si elles sont de périodes différentes , avec des caractéristiques techniques différentes et particulièrement différents niveaux de productivité .

Parmi les autres facteurs qui peuvent être inclus dans la fonction de production , on distingue : la matière première , l'énergie (gaz , électricité ...) et les consommations intermédiaires .

3/ Propriétés de la fonction de production :

a/ La fonction de production est continue et 2 fois différentiable. Ainsi , cette fonction doit satisfaire les propriétés suivantes :

$f(0, x_2) = f(x_1, 0) = 0$ (les 2 inputs sont indispensables pour la production de l'output) .

$$F_1 = \delta f / \delta x_1 \quad , \quad F_{11} = \delta^2 f / \delta x_1^2$$

$$F_1 \geq 0 \quad , \quad F_2 \geq 0 \quad , \quad F_{11} \leq 0 \quad , \quad F_{22} \leq 0 \quad ,$$

$$\text{et : } F_{11}F_{22} - (F_{12})^2 \geq 0 \quad .$$

b/ Rendements d'échelle :

Si les inputs augmentent dans la même proportion n , alors l'output y augmentera soit dans la même proportion ou dans une proportion supérieure ou inférieure .

$$F(hx_1 \quad , \quad hx_2) = h^n F(x_1 \quad , \quad x_2) = h^n Y$$

n : degré d'homogénéité .

Si $n = 1$, on aura des rendements d'échelle constants .

Si $n > 1$, on aura des rendements d'échelle croissants .

Si $n < 1$, on aura des rendements d'échelle décroissants .

- Théorème d'EULER pour les fonctions homogènes :

La somme des dérivées partielles pondérées par les quantités des facteurs égale au produit de l'output par le degré d'homogénéité .

$$F_1 \cdot x_1 + F_2 \cdot x_2 = n \cdot Y$$

Si $n = 1$ (fonction linéairement homogène) , alors :

$$F_1 \cdot x_1 + F_2 \cdot x_2 = n \cdot Y$$

Ce qui implique que tous les facteurs sont payés par leurs production marginale .

d/ Résultats de la maximisation de profit :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Max } \Pi = P Y - w_1 x_1 - w_2 x_2 \\ x_1 \quad , \quad x_2 \quad , \quad Y \\ Y = f (x_1 \quad , \quad x_2) \end{array} \right.$$

w_i : coût unitaire de l'input x_i .

P : prix de l'output Y .

On trouve en annulant les dérivées premières que :

$$F_1 = MP_1 = w_1/P \quad \text{et} \quad F_2 = MP_2 = w_2/P$$

MP_i : production marginale de l'input i .

L'élasticité de l'output par rapport à l'input i est définie comme :

$$\epsilon_i = MP_i \cdot x_i / Y$$

sous la maximisation de profit , elle devient alors :

$$\epsilon_i = MP_i \cdot x_i / Y = w_i x_i / P Y = S_i$$

S_i : part de l'input i dans le revenu total .

e/ L'isoquant : L'isoquant est une courbe qui représente toutes les combinaisons d'inputs qui donne une quantité d'output constante .

Ainsi , on a :

$$Y = f(x_1 , x_2) = \bar{Y}$$

En prenant la dérivée de Y , on a :

$$dY = F_1 \cdot dx_1 + F_2 \cdot dx_2 = 0$$

La pente de l'isoquant est appelée le taux marginale de substitution qui est donné par :

$$MRST_{12} = - dx_2 / dx_1 = F_1 / F_2 = MP_1 / MP_2$$

f/ Elasticité de substitution :

L'élasticité de substitution est définie comme le changement proportionnel dans le rapport des inputs résultant d'un changement proportionnel dans le taux marginale de substitution et mesure alors la facilité de substitution entre les facteurs .

$$\delta = d \log (x_2 / x_1) / MRST_{12}$$

Une valeur nulle pour δ implique qu'aucune substitution n'est possible et que les facteurs sont combinés dans des proportions fixes .

g/ Fonction de production homothétique :

Une fonction de production est homothétique si elle peut être

représentée tel :

$$F (f^*(x)) = f (x)$$

avec $f^*(x)$ satisfaisant les propriétés suivants :

- 1) $f^*(x)$ croissante .
- 2) $f^*(x)$ finie , non négative évaluée pour $x \geq 0$.
- 3) $f^*(x)$ continue et 2 fois différentiable .
- 4) $f^*(x)$ est concave et linéairement homogène .

et $F()$ doit être continue , 2 fois différentiable , non négative , finie et non décroissante en $f^*(x)$.

Les familles des fonctions homothétiques sont particulièrement importantes car ce sont les seules classes de transformation où les changements dans les inputs sont précisément reflétés par les mêmes changements dans leur agrégation .

Le taux marginale de substitution pour cette famille de fonction est constant le long de n'importe quel rayon à partir de l'origine (donc isoquants parallèles) .

L'élasticité de substitution associée avec $f(x)$ est la même que celle associée avec $f^*(x)$.

h/ Long terme : Le long terme est défini tel que tous les inputs sont variables .

- Court terme : Dans le court terme au moins un input doit être fixe .

1/

- Production moyenne d'un facteur de production :

La production moyenne d'un facteur de production est définie comme l'output par unité de ce facteur .

- Production marginale d'un facteur de production :

La production marginale d'un facteur de production est définie comme l'augmentation de l'output, résultant d'une unité additionnelle d'un facteur :

$$MP_L = \frac{\delta Y}{\delta x_L}$$

La production marginale prend une grande signification dans le concept de la loi des rendements décroissants .

j/ Loi des rendements décroissants :

La loi des rendements décroissants statue que si un facteur variable est utilisé de plus en plus avec une quantité d'autres facteurs fixes , l'output diminuera .

une justification de cette loi est le cas de l'agriculture où l'input fixe est la terre et l'input variable est le travail . Au premier temps , la terre la plus productive est utilisée et le travail est fortement productif . Une fois que la mauvaise terre est intégrée dans la production la productivité des derniers travailleurs sera inférieure à celle des premiers travailleurs .

k/ Fonctions de production flexibles :

Une fonction de production est dite flexible si elle n'impose pas de contraintes restrictives tel l'homothécie , l'élasticité de substitution constante et la séparabilité . Cette fonction doit être adaptable à inclure multiples outputs et multiples inputs . Une des fonctions flexibles la plus utilisée en pratique est la fonction translog .

l/ Elasticité d'échelle :

L'élasticité d'échelle est définie comme le rapport de l'augmentation de l'output sur l'augmentation des inputs .

$$\varepsilon = (dY / Y) / (dx / x)$$

$x = (x_1, \dots, x_n)$: vecteur input (cas de n inputs) .

La formule la plus généralement utilisée est :

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^n f_i (x_i / Y)$$

f_i : dY / dx_i

$\varepsilon=1$: rendements d'échelle constants

(Une augmentation des inputs d'une même quantité engendra une même

augmentation d'output) .

$\varepsilon > 1$ ($\varepsilon < 1$) implique rendement d'échelle croissant (décroissants)
 (Une augmentation des inputs d'une quantité donnera une augmentation d'output d'une quantité plus grande (resp : une augmentation des inputs d'une quantité donnera une augmentation de l'output d'une quantité inférieure)) .

m/ Elasticité de la demande d'un facteur :

L'élasticité de la demande pour un facteur j est définie comme :

$$E_j = s_j \delta$$

δ : élasticité de substitution .

s_j : part de l'input j dans le revenu .

De même on définit l'élasticité de la demande pour les facteurs i et j comme :

$$E_{ji} = - \left(\frac{dx_j}{x_j} \right) / \left(\frac{dw_i}{w_i} \right)$$

E_{ji} s'interprète ainsi :

Si $E_{ji} > 0$, alors une augmentation du prix de i causera une réduction de la demande de j et (i et j) sont appelés alors à être complémentaires .

Si $E_{ji} < 0$, alors une augmentation du prix de i causera une augmentation de la demande de j , i et j sont alors appelés à être substitutifs .

4/ Les différentes formes fonctionnelles des fonctions de production :

1) La fonction de production Cobb-Douglas :

Cette fonction de production est homothétique et se présente de la forme suivante :

$$Y = A \prod_{i=1}^n x_i^{\alpha_i} ; \quad 0 < \alpha_i < 1$$

Y : output .

x_i : input i .

α_i : coefficient et A une constante positive .

a/ Caractéristiques de la fonction :

$$\alpha_i = \frac{x_i}{Y} \frac{\delta Y}{\delta x_i} , \quad MRST_{ij} = \frac{-\alpha_i}{\alpha_j} \frac{x_j}{x_i}$$

- Rendement d'échelle = $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$ (linéairement homogène)

- Elasticité de substitution : $\delta = 1$.

Pour une compétition parfaite : $\alpha_i = w_i x_i / (P Y) = S_i$

w_i : prix unitaire de l'input i .

S_i : part de l'input i dans le revenu .

P : prix de l'output .

$$\text{Revenu} = \sum_{i=1}^n w_i x_i = \sum_{i=1}^n \alpha_i P Y = P Y$$

b/ Généralisation de la fonction Cobb-Douglas :

- Fonction transcendental :

$$Y = A \prod_{i=1}^n x_i^{\alpha_i} \exp \left(\sum_{i=1}^n \alpha_i' x_i \right) .$$

$A > 0$, $0 < \alpha_i < 1$ et $\alpha_i' \leq 0 \quad \forall i = 1, n$

$\alpha_i = 0$, on se retrouve au cas Cobb-Douglas

- Fonction "ZELLNER - REVANKAR " :

$$Y \cdot \exp (CY) = A \prod_{i=1}^n x_i^{\alpha_i} \quad 0 < \alpha_i < 1$$

$C = \text{cste} \geq 0$

Si $C = 0$, on se retrouve au cas de Cobb-Douglas .

- Fonction "NERLOVE - RINGSTAD" :

$$Y^{1+c} \ln Y = A \prod_{i=1}^n x_i^{\alpha_i} \quad \begin{array}{l} 0 < \alpha_i < 1 \\ C = \text{cste} \geq 0 \end{array}$$

Si $C = 0$, on se retrouve au cas de Cobb-Douglas.

- Fonction de JANVRY (1972):

$$Y = A \prod_{i=1}^n x_i^{\alpha_i} \exp(g(x))$$

Si $f_i(x) = \alpha_i$ et $g'(x) = \sum \alpha_i' x_i$, on se retrouve au cas de la fonction transcendental. si $f_i(x) = \alpha_i$ et $g(x) = 0$, on se retrouve au cas de la fonction de Cobb-Douglas.

2/ Fonction de production de LEONTIEF :

$$Y = \min \left(\frac{1}{\alpha_1} x_1, \dots, \frac{1}{\alpha_n} x_n \right).$$

$\alpha_i > 0, \forall i = 1, n$

Elasticité de substitution : $\delta = 0$.

Cette fonction est utilisée pour les études concernant les interrelations entre les secteurs productifs ou un output d'un secteur est utilisé partiellement par un autre pour dégager son output.

- La fonction leontief est linéairement homogène.

3/ La fonction de type moyenne quadratique d'ordre P :

$$Y = \gamma + \sum_{i=1}^n \gamma_i Z_i^{p/2} + 1/2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} Z_i^{p/2} Z_j^{p/2}$$

Un cas particulier de cette forme qui est fortement utilisée en pratique à cause de sa flexibilité est la fonction translog, qui est en fait le logarithme de la moyenne quadratique d'ordre 2.

$$\ln Y = a + \sum_{i=1}^n \alpha_i \ln x_i + 1/2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} \ln x_i \ln x_j$$

avec : $\gamma_{ij} = \gamma_{ji}$.

- Caractéristiques :
- Elle n'est pas homothétique .
- Le taux marginal de substitution entre i et j est défini comme :

$$MRST_{ij} = \frac{w_i x_i}{w_j x_j} = \frac{\phi_i}{\phi_j}$$

$$\phi_i = \alpha_i + \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} \ln x_j$$

- w_i (resp w_j) prix unitaire de l'input i (resp j) .
- ϕ_i (resp ϕ_j) part marginale de l'input i (resp j) .

4/ Fonction de production CES (à élasticité de substitution constante) :

Pour une fonction à 2 inputs seulement , la CES a la forme suivante :

$$Y = A [\delta x_1^{-\beta} + (1 - \delta) x_2^{-\beta}]^{-1/\beta}$$

- A : paramètre d'échelle , $A > 0$.
- δ : paramètre de distribution , $0 < \delta < 1$
- β : paramètre de substitution , $\beta \geq -1$.

a/ Caractéristiques :

$$MRST_{12} = \left(\frac{\delta}{1 - \delta} \right) \left(\frac{x_2}{x_1} \right)^{1/\delta}$$

- Elasticité de substitution : $\delta = 1 / (1 + \beta)$.
- $\beta = -1$, $\delta \rightarrow \infty$, la fonction CES devient une forme linéaire :

$$Y = A [\delta x_1 + (1 - \delta) x_2]$$

- $\beta \rightarrow \infty$, $\delta \rightarrow 0$, CES devient une forme leontief .
- $\beta \rightarrow 0$, $\delta \rightarrow 1$, CES devient une forme Cobb-Douglas .
- Pour les rendements d'échelle non constants , CES aura la forme :

$$Y = A [\delta x_1^{-\beta} + (1 - \delta) x_2^{-\beta}]^{-h/\beta}$$

- Approximation de Taylor autour de $\beta = 0$:

$$\ln Y \cong a + h \delta \ln x_1 + h (1 - \delta) \ln x_2$$

$$- \frac{\beta h \delta (1 - \delta)}{2} (\ln L - \ln K)^2$$

b/ Pour une fonction CES à plusieurs inputs :

$$Y = A \{ [\delta_1 x_1^{-\beta_1} + (1 - \delta_1) x_2^{-\beta_1}]^{-\beta/\beta_1}$$

$$+ [\delta_2 x_3^{-\beta_2} + (1 - \delta_2) x_4^{-\beta_2}]^{-\beta/\beta_2} + \dots$$

$$+ [\delta_{n/2} x_{n-1}^{-\beta_{n/2}} + (1 - \delta_{n/2}) x_n^{-\beta_{n/2}}]^{-\beta/\beta_{n/2}} \}^{-1/\beta}$$

- L'élasticité de substitution pour x_1 et x_2 est : $\frac{1}{1 + \beta_1}$

- L'élasticité de substitution pour x_3 et x_4 est : $\frac{1}{1 + \beta_2}$

- L'élasticité de substitution pour x_{n-1} et x_n est : $\frac{1}{1 + \beta_{n/2}}$

- L'élasticité de substitution pour tous les inputs est alors : $\frac{1}{1 + \beta_1}$

- Cette fonction CES à plusieurs inputs est appelée une fonction CES à "haut niveau" .

- La fonction CES est homothétique , linéairement homogène et fortement séparable .

1.5/ LA FONCTION DE COUT :

Souvent il est preferable de travailler en terme de coûts et des prix des facteurs qu'en terme de production et facteurs de production (inputs) , la relation entre les coûts et les prix des facteurs de production est appelée : la fonction de coûts et qui represente le dual de la fonction de production , et elle est simplement établie de la même manière que celle de la fonction de production , mais en terme , de prix et en terme de quantités .

1/ La fonction de coût dans le long terme :

Soit X_i $i = 1, 2, \dots, n$ les facteurs de production et P_i , $i = 1, \dots, n$ les prix de ces facteurs .

Le coût total de production est

$$CT = \sum_{i=1}^n P_i X_i$$

aussi nous avons une relation entre l'output et les prix des facteurs (inputs)

$$CT = H(q, P_1, P_2, \dots, P_n)$$

q :niveau de l'output.

qui represente la fonction de coût total .

Le coût total moyen : CT/q

le coût marginal est:

$$CT_m = \frac{d(CT)}{dq}$$

dans le long terme tous les facteurs de production sont variables . donc les coûts fixes ne figurent pas dans la fonction de coût .

2/ La fonction de coût dans le court terme :

Dans cette forme de fonction de coût , certains coûts sont fixes . Le coût total est :

$$CT = H(q, P_1, P_2, \dots, P_n)$$

avec P_1, P_2, \dots, P_n = les prix des facteurs .

Le capital et les coûts de structures sont considérés comme fixes, dans le court-terme . le coût moyen et le coût marginal prennent la même forme que dans le long-terme .

3/ Elasticité de coût :

L'élasticité de coût est le rapport entre l'accroissement dans le coût et l'accroissement dans la production relatif :

$$E_c = \frac{d(TC) / TC}{dq / q}$$

Elle est l'inverse de l'élasticité d'échelle :

$$E_c = 1 / \varepsilon$$

ε : élasticité d'échelle .

4/ Minimisation de coûts :

La maximisation du profit revient à minimiser les coûts :

$$\pi = P \cdot q - CT(q)$$

π : profit ,

P : prix de l'output ,

q : la production ,

La condition de 1er ordre de minimisation de coût (maximisation du profit) donne :

$$P = CM(y) \quad ; \quad \text{prix égale au coût marginal .}$$

La demande du facteur est :

$$x_i = \frac{\delta CT(y)}{\delta w_i} \quad \text{avec : } x_i : \text{demande du facteur } i .$$

$w_i : \text{prix du facteur } i .$

Le niveau optimal des inputs dépend généralement des prix de ces inputs et du niveau de l'output .

5/ Isocoût :

On définit l'isocoût comme étant la droite qui contient

toutes les combinaisons possibles entre les inputs et avec un coût total constant soit $CT = w_1 x_1 + w_2 x_2$: le coût total .

d (CT) = 0 donc :

$$w_1 x_1 = - w_2 x_2 \text{ alors : } x_2 / x_1 = - w_1 / w_2$$

la pente de la droite est donc le rapport des prix unitaires .

L'optimum est obtenu aux points de tangence entre l'isocoût et l'isoquant et donc aux points où le taux marginal de substitution est égal au rapport des prix unitaires d'un couple de facteurs .

6/ Les différentes formes fonctionnelles
de la fonction de coût :

1/ Modèle de Cobb-Douglas :

Soit w_i : $i = 1 \dots n$ les coûts unitaires des facteurs de production .

$C(w_i, y)$ le coût total de production .

y : la production (l'output) .

α_i : coefficients d'élasticité .

$$C(w_i, y) = A \left(\prod_{i=1}^n w_i^{\alpha_i} \right) \cdot y^{\frac{1}{\sum \alpha_i}}$$

l'élasticité de coût par rapport à la production :

$$E_c = 1 / \sum \alpha_i$$

2/ Modèle leontief :

$$C(w_i, y) = \left[\sum_i \sum_j b_{ij} w_i^{1/2} \cdot w_j^{1/2} \right] \cdot y$$

b_{ij} : coefficients du modèle .

3/ Modèle translog :

$$\begin{aligned} \ln C(w_i, y) = & \alpha_0 + \alpha_y \ln y + 1/2 \alpha_{yy} (\ln y)^2 + \sum_i \alpha_i \ln w_i \\ & + \sum_i \sum_j \gamma_{ij} \ln w_i \ln w_j + \sum_i \gamma_{iy} \ln y \ln w_i \\ & + \beta_T \ln T + 1/2 \beta_{TT} (\ln T)^2 + \sum_i \theta_{it} \ln w_i \ln T \\ & + \theta_{iy} \ln y \ln T . \end{aligned}$$

T : indice du temps .

$\alpha_0, \alpha_y, \alpha_{yy}, \gamma_{ij}, \gamma_{iy}, \beta_T, \beta_{TT}, \theta_{it}, \theta_{iy}$: sont des coefficients du modèle .

Restriction du modèle :

- homogénéité : $\sum_i \alpha_i = 1$; $\sum_j \gamma_{ij} = 0$; $\sum_i \gamma_{ij} = 0$; $\sum_i \theta_{it} = 0$
- symétrie : $\sum_i \gamma_{ij} = \sum_j \gamma_{ij} = 0$
- homothécie : $\gamma_{ij} = \gamma_{yy} = 0$.

Elasticité de substitution : (ALLEN - UZAWA)

$$\sigma_{ij} = \begin{cases} (\gamma_{ij} + m_i^2 - m_j) / m_i^2 & i = j \\ (\gamma_{ij} + m_i \cdot m_j) / m_i \cdot m_j & i \neq j \end{cases}$$

si $\gamma_{ij} = 0$ alors $\sigma_{ij} = 1$

Rendement d'échelle :

$$\mu = [\alpha_y + \alpha_{yy} \text{Ln } y + \sum_i \gamma_{iq} \text{Ln } w_i]^{-1}$$

La fonction de coût translog pour un cas de deux facteurs , avec p_1 et p_2 leurs prix respectifs:

$$\begin{aligned} \text{Log } C = & \log \gamma_0 + \gamma_1 \text{Log } y + \alpha_1 \text{Log } p_1 + \beta_1 \text{Log } p_2 + 1/2 \gamma_2 (\text{Log } y)^2 \\ & + 1/2 \alpha_2 (\text{Log } p_1)^2 + 1/2 \beta_2 (\text{Log } p_2)^2 + \gamma_3 \text{Log } y \text{Log } p_1 \\ & + \gamma_4 \text{Log } y \cdot \text{Log } p_2 + \gamma_5 \text{Log } p_1 \text{Log } p_2 + \beta_3 \text{Ln } T \\ & + 1/2 \beta_{tt} (\text{Ln } T)^2 + \theta_{1t} \text{Ln } p_1 \text{Ln } T + \theta_{2t} \text{Ln } p_2 \text{Ln } T \\ & + \theta_{ty} \text{Ln } y \text{Ln } T . \end{aligned}$$

Les parts marginales de coûts des facteurs :

$$- M_{p_1} = \frac{\delta \text{Log } C}{\delta \text{Log } p_1}$$

$$- Mpz = \frac{\delta \text{ Log } C}{\delta \text{ Log } pz}$$

4/ Le modèle de fonction de coût CES :

Nous avons défini le coût total comme :

$$C = p_1 x_1 + p_2 x_2$$

par substitution des équations des facteurs x_1 et x_2 , on aura :

$$C = q^{1/\mu} \gamma^{-1} p_1 p_2 [(1 - \delta)^\sigma \cdot p_1^{-\sigma\theta} + \gamma^\sigma p_2^{\sigma\theta}]^{-1/\sigma\theta}$$

$\mu, \gamma, \gamma, \sigma, \theta$ sont les paramètres du modèle .

p_1, p_2 : les prix des facteurs .

q : le niveau de production .

La fonction de coût CES est homogène de degré 1 dans les prix .

Si la fonction de production présente un rendement d'échelle constant ($\mu = 1$) alors les coûts ne varient pas avec le niveau de l'output .

Si $\mu > 1$ le coût moyen décroît avec q (production) .

Si $\mu < 1$ le coût moyen croît avec q .

1.7 - LE CHANGEMENT TECHNIQUE :

Le changement technique est le concept le plus important qui intéresse notre étude, puisque la mesure du taux de changement technique représente en fait le taux de productivité

Définition et caractéristiques du changement technique :

Le changement technique peut être considéré comme une conséquence de l'innovation, de l'introduction de nouvelles techniques, de nouvelles machines et tout autre changement qualitatif tel l'intégration de nouvelles compétences .
le changement technique peut être défini alors comme conséquence de l'investissement dans la qualité humaine et autres formes de capital .

Géométriquement, le changement technique sera représenté comme un déplacement des isoquants soit vers l'origine (progrès technique) soit en sens inverse (regression technique).

Le changement technique peut être autonome " disembodied technical change " ou incorporé " embodied technical change " .

a/ Le changement technique autonome est défini comme étant le changement de l'output avec l'utilisation des mêmes facteurs de production déjà existants .

En fait c'est un changement qu'on ne peut référer à tel ou tel input, sa mesure est en quelque sorte une mesure de notre ignorance .

Ce changement autonome est référé à un changement de l'ensemble des combinaisons d'inputs à coût minimal (réorganisation des inputs)

b/ Le changement technique incorporé est défini comme le changement de l'output dû à un changement d'un ou plusieurs inputs, tel : acquisition de nouvelles machines, de nouvelles techniques de production, de nouvelles qualifications ou tout autre investissement. à l'inverse du changement technique autonome, le changement technique incorporé présente des facteurs de production non homogènes (les nouvelles machines, par exemple, exigent de nouvelles techniques autres que celles correspondants aux anciennes machines) .

c/ Neutralité du changement technique :

Le changement technique autonome peut être soit neutre soit à utilisation de travail (économisation de capital) ou à utilisation de capital (économisation de travail) .

on distingue 3 types de neutralité :

- Neutralité de HICKS :

Le changement technique présente la neutralité de Hicks s'il ne change pas le taux marginale de substitution technique entre les

inputs. Une autre définition de la neutralité de Hicks est donnée par la dérivation par rapport au temps du rapport des productivités

marginales , avec le rapport des 2 inputs constant :

$$\frac{\delta}{\delta t} \left[\frac{\delta f}{\delta X_2} X_2 / \frac{\delta f}{\delta X_1} X_1 \right]_{X_2/X_1 \text{ constant}} = 0$$

X_1 et X_2 sont les 2 inputs de la fonction de production .Notons

que ce rapport est fait pour une fonction à 2 inputs .

Si ce rapport est positif (resp négatif) , on dira que le changement technique est à utilisation du capital (resp à utilisation du travail) .

Géométriquement le changement technique neutre déplace les isoquants vers l'origine en laissant la pente de l'isoquante inchangée .

- Neutralité de Harrod :

La neutralité de Harrod postule que seulement le travail qui change à travers le temps , laissant le rapport capital -output constant . mathématiquement , cela se traduirait ainsi :

$$\frac{\delta}{\delta t} \left[\frac{\delta f}{\delta X_2} X_2 / \frac{\delta f}{\delta X_1} X_1 \right]_{X_2/Y \text{ constant}} = 0$$

X_1 : représente le travail , X_2 : représente le capital .

Y : représente l'output , F : la forme fonctionnelle .

Si ce rapport est positif (resp négatif) on dira que le changement technique est à utilisation de capital (resp à utilisation de travail) .

- Neutralité de solow :

Le changement technique présente la neutralité de solow si la dérivation par rapport au temps des produits productivité marginale

input , avec le rapport travail-output constant, est nul:

$$\frac{\delta}{\delta t} \left[\frac{\delta f}{\delta X_2} X_2 / \frac{\delta f}{\delta X_1} X_1 \right]_{X_1/Y \text{ constant}} = 0$$

x_1 : représente le travail , x_2 : représente le capital .

y : représente l'output .

Si ce rapport est positif (respectivement négatif) le changement technique sera à utilisation de capital (respectivement à utilisation de travail) .

Une autre définition de la neutralité de solow est que si le taux de salaire reste inchangé , alors le rapport travail-output sera aussi inchangé .

II/ MESURES DU TAUX DE CHANGEMENT TECHNIQUE

(ou taux de productivité)

Les économistes néo-classiques se sont intéressés à la mesure du taux de productivité au sein de l'entreprise par la mesure du taux de changement technique ; quoique l'appellation n'est pas la même , les deux taux représentent la même chose .

Il existe trois types de mesures , l'une se fait à partir de la fonction de production , l'autre à partir de la fonction de coût et la dernière à partir d'indices .

II.1/ Mesure à partir de la fonction de production :

La nécessité économétrique et le fait de la perception de l'avancement technique ont amené les économistes à identifier le changement technique comme étant le terme "temps" dans la fonction

de production . Cette alternative ne va pas sans critiques surtout lorsqu'il s'agit de distinguer entre le progrès technique et les rendements d'échelle car les opérations d'échelle sont fortement corrélées avec le temps ; mais si l'output change avec des

quantités d'input fixes , alors le terme temps se révèle être une bonne approximation du changement technique (autonome) . La fonction de production sera représenté de la façon suivante .

$$Y = f(x , t)$$

x : vecteur d'input .

y : output .

t : représente le temps .

- Le taux de changement technique sera alors :

$$T(x , t) = \frac{\delta \ln f(x , t)}{\delta t}$$

Ce taux est calculé pour le changement technique autonome .

En différenciant la fonction de production par rapport au temps , on aura :

$$dy / dt = (\delta f / \delta x) (dx / dt) + (\delta f / \delta t) .$$

Ce qui donne par la division par y :

$$\frac{1}{y} \frac{dy}{dt} = \left(\frac{x}{y} \frac{\delta y}{\delta x} \right) \frac{1}{x} \frac{dx}{dt} + \frac{1}{y} \frac{\delta y}{\delta t}$$

ce qui donne :

$$\frac{d \ln y}{dt} = \varepsilon \frac{d \ln x}{dt} + m$$

avec : $\varepsilon = (x/y \cdot \delta y/\delta x)$ élasticité de l'output par rapport à l'input .

m : taux de changement technique .

d'où :

$$m = \frac{d \ln y}{dt} - \varepsilon \frac{d \ln x}{dt}$$

Dans le cas où on a plusieurs inputs et un seul output , on aura :

$$m = \frac{d \ln y}{dt} - \sum_{i=1}^n \varepsilon_i \frac{d \ln x^i}{dt}$$

i : indice de l'input ($i = 1, n$) .

Ainsi , connaissant les variations de l'output et des inputs et sachant les valeurs des élasticités de l'output par rapport aux inputs , on aura une valeur de m .

- Dans le cas où l'on se trouve en parfaite compétitivité et en maximisation du profit , les élasticités seront égales aux parts des inputs dans le revenu .

Une estimation faite par BROWN est de prendre les premières différences , ce qui donne :

$$m = \Delta \ln y - \sum_{i=1}^n \varepsilon_i \Delta \ln x^i$$

- L'incorporation du changement technique dans l'analyse exige quelques changements de notations , l'ensemble des besoins inputs sera défini comme suit :

$$V(y, t) = \{ x : f(x, t) \geq y \}$$

- Le changement technique sera appelé à être progressive (progrès technique) si $t > t^1$ alors :

$$V(y, t^1) \subseteq V(y, t)$$

De même il sera appelé à être regressive (regression technique) si $t > t^1$ alors $V(y, t) \subseteq V(y, t^1)$.

- D'autre part , le changement technique sera localement progressive (resp regressive) si $T(x, t) \geq 0$ (resp $T(x, t) < 0$) .

- Le changement technique sera neutre (neutralité de Hicks) si t est séparable des inputs dans la fonction de production , cette dernière sera alors :

$$Y = f (\phi(x) , t)$$

x : vecteur input ; t : temps ; y_i : output ,
de même l'ensemble des besoins inputs sera :

$$V (y , t) = \{ x : f (\phi(x) , t) \geq y \}$$

II.2/ Mesure à partir de la fonction de coût :

Le traitement du changement technique est de près parallèle à celui fait par la fonction de production .

La fonction de coût sera définie ainsi :

$$C(w , y , t) = \underset{x \geq 0}{\text{Min}} \{ w \cdot x : x \in V (y , t) \}$$

- Cette fonction de coût doit satisfaire les propriétés suivantes : non négative , croissante , continue , concave , linéairement homogène en w et croissante en y .

L'ensemble des besoins en inputs associé sera :

$$V(y , t) = \{ x : w \cdot x \geq C(w , y , t) , w > 0 \}$$

- Le changement technique sera progressive si $C(w , y , t)$ n'est pas croissante en t , de même il sera regressive si $C(w , y , t)$ n'est pas décroissante en t .

- Quand la fonction de coût et la fonction de production sont toutes deux différentiables , une relations unique existe entre le taux de changement technique , l'élasticité d'échelle et la dérivation :

$$\theta (w , y , t) = \delta \ln C(w , y , t) / \delta t$$

que nous définissons comme étant le taux de diminution de coût .

La relation est donnée par le lagrangien :

$$L = w \cdot x + q [y - f (x , t)]$$

Le multiplicateur de lagrange (q) sera égale au coût marginal lorsqu'on minimise le coût , on aura alors :

$$\frac{\delta C (w , y , t)}{\delta t} = \frac{q \delta f (x , t)}{\delta t} = - \frac{\delta C}{\delta y} \cdot \frac{\delta f}{\delta t}$$

Une petite manipulation donnera alors :

$T(x(w, y, t), t) = -\varepsilon^*(w, y, t) \cdot \theta(w, y, t)$
 où $x(w, y, t)$ est la borne qui minimise le lagrangien .
 et $\varepsilon^*(w, y, t)$ est l'élasticité d'échelle associée .

Une implication intéressante de cette égalité est que si $T(x, t)$ et $\theta(w, y, t)$ sont tous deux constants, l'élasticité d'échelle sera alors constante, ce qui implique à son tour que la technologie est homogène de degré ε^* .

- Si les rendements d'échelle sont constants, alors le taux de changement technique sera égale à la diminution de coût .
- De même si les rendements d'échelles sont décroissants (resp croissant) le taux de changement technique sera inférieur (resp supérieur) à la diminution de coût .
- Géométriquement si le changement technique est progressive, cela se traduit par un déplacement de la fonction de coût moyen en bas .
- Comme la fonction de production, la fonction de coût peut présenter la neutralité de Hicks :

$$C(w, y, t) = C^*(C(w, y), y, t)$$

où : C^* linéairement homogène en C et C linéairement homogène en w .

Ce qui implique :

$$\frac{\delta C(w, y, t) / \delta w_i}{\delta C(w, y, t) / \delta w_j} = \frac{\delta C(w, y) / \delta w_i}{\delta C(w, y) / \delta w_j}, \forall i, j$$

- La neutralité du coût signifie que les ratios d'input minimisant le coût sont indépendants de la technologie .

Dans le cas où la technologie n'est pas neutre, le changement technique manifestera un pourcentage d'ajustement très grand pour un input qu'un autre en changeant les rapports d'inputs minimisant le coût .

- Plusieurs économistes définissent le biais du changement technique en fonction de ses effets sur es parts de coûts .

Le changement technique est, par conséquent, appelé à être non biaisé s'il laisse relativement les parts de coûts inchangées, ce

qui est :

$$\frac{\delta S_i(w, y, t)}{\delta t S_j(w, y, t)} = 0 \quad \forall i, j$$

S_i : part du ième input .

Cette dernière équation est valable pour tout inputs i et j si :

$$\frac{\delta \ln S_i(w, y, t)}{\delta t} = \frac{\delta \ln S_j(w, y, t)}{\delta t} = 0 \quad \forall i, j$$

Ce qui implique :

$$\frac{\delta \ln S_i(w, y, t)}{\delta t} = \frac{\delta \ln S_j(w, y, t)}{\delta t}$$

- Le changement technique est appelé à utilisation de l'input j

si : $\delta \ln S_j(w, y, t) / \delta t > 0$

et comme à économisation de l'input j si :

$$\delta \ln S_j(w, y, t) / \delta t < 0$$

II.3/ Mesure du changement technique à partir des indices :

A/ Divisia indexes : (indices de division)

La "divisia indexes" peut être considérée comme l'approche la plus ancienne qui permet la mesure du changement technique sans estimation de la fonction de production ou de la fonction de coût .

La clé de mesure est la reconnaissance que l'input actuel utilisé dépend du temps , la différentiation par rapport au temps

de : $y = f(x, t)$ donne :

$$\frac{dy}{dt} = \sum_i \frac{\delta f}{\delta x_j} \frac{\delta x_j}{\delta t} + \frac{\delta f}{\delta t}$$

la division par y donne :

$$\frac{d \ln y}{dt} = \sum_i \epsilon_j \frac{d \ln x_j}{dt} + T(x, t)$$

Cette expression a $(n + 1)$ termes observables

($d \ln y / dt$ et $d \ln x_i / dt$, $i = 1, \dots, n$) et $(n + 1)$ termes inobservables [$T(x, t)$ et les n élasticités de l'output α_i] .

Pour rendre $T(x, t)$ observable , on doit trouver donc une voie pour rendre α_i observable .

Heureusement ceci est facile car sous la maximisation de profit , les élasticités d'outputs sont égales aux parts d'inputs dans le revenu total , on a alors :

$$\frac{d \ln y}{dt} = \sum_i \frac{w_j x_j}{PY} \frac{d \ln x_j}{dt} + T(x, t)$$

et donc : $T(x, t) = \frac{d \ln y}{dt} - \sum_i \frac{w_j x_j}{PY} \frac{d \ln x_j}{dt}$

Donc si les prix d'input et d'output , le niveau d'input et d'output , le taux de changement dans l'input et l'output sont connus alors $T(x, t)$ peut être calculée sans estimation .

- L'expression après le signe (-) s'appelle : l'indice de division d'input "divisia input index" .

- L'expression précédente s'applique exactement qu'aux données gérées de façon continue et tant que plusieurs données économiques viennent en des observations discrètes , cette expression peut seulement être approximée . Une approximation commune est celle de Tornqvist :

$$T(x, t) = \ln Y_t - \ln Y_{t-1} - \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} [V_{it} + V_{i,t-1}] [\ln x_{it} - \ln x_{i,t-1}]$$

où :

Y_t : output à l'instant t ,

x_{it} : input utilisé à l'instant t ,

V_{it} : rapport du coût de l'input i à l'instant t par rapport au revenu au temps t .

- Le terme après le signe (-) s'appelle : l'approximation de

Tornqvist de l'indice de division .

- Notons enfin que l'expression continue de la "divisia index" est établie sous contrainte de maximisation de profit où les élasticités de l'output sont égales aux parts d'input . Une autre expression est établie sous la condition de minimisation de coût , où l'élasticité de l'output par rapport au même input est égale à : $w_j x_j / y (\delta C / \delta Y)$.

Le coût marginale ($\delta C / \delta Y$) n'est pas observable , mais il est estimé par le rapport du coût moyen sur l'élasticité d'échelle , le taux de changement technique sera alors :

$$T(x, t) = \frac{d \ln y}{dt} - \varepsilon^*(w, y, t) \sum_j \frac{w_j x_j}{PY} \frac{d \ln x_j}{dt}$$

C : coût moyen ,

ε^* : élasticité d'échelle .

B/ Mesure à partir de l'indice du TFP "Total factor productivity" :

- Longtemps avant que les économistes spécifient et calculent les taux de changement technique , une attention a été faite pour la mesure du progrès technique ; plusieurs de ces attentions se

focalisent sur les statistiques de comparaison des productivités moyennes , mais souvent cette comparaison se dégenère à la comparaison de la production du travail moyenne à travers le temps uniquement , les différences dans la production moyenne est alors attribuée à la progression ou la regression technique .

Graduellement , on a réalisé qu'il était faux d'identifier le progrès technique uniquement avec le changement dans la production moyenne d'un des inputs , mais que tous les inputs utilisés pouvaient être affectés par le changement technique .

L'indice du TFP a été introduit pour répondre à ce dilemme . Cet

indice se définit comme étant le rapport de l'output sur un indice d'input, noté X, ce qui donne :

$$TFP = Y / X$$

en dérivant le logarithme des 2 côtés par rapport au temps, donne :

$$\dot{TFP} = \dot{Y} - \dot{X}$$

où : $\dot{Y} = d \ln Y / dt$ et $\dot{X} = d \ln X / dt$

- Pour rendre opérationnelle cette relation, une spécification du taux de changement de l'indice d'input a été donnée, ce dernier a été pris comme :

$$\dot{X} = \sum_j (w_j x_j / C) \dot{x}_j$$

égale donc à la somme des parts de coût des inputs moyennement pondérés par leurs taux de changement individuels.

- Le choix de l'indice d'input implique que le taux de changement technique est égale à l'indice TFP quand la production est caractérisée par des rendements d'échelle constants.

Lorsque la firme maximise son profit, l'indice d'input sera égale à :

$$\dot{X} = \sum_j (w_j x_j / PY) \dot{x}_j$$

- L'indice du TFP présente une autre interprétation à savoir que le rapport du TFP à partir de 2 périodes différentes est égale au

rapport des fonctions de production évalué en ces même 2 périodes.

Ceci est donné à partir du résultat de la "divisia indexe" :

$$T(x, t) = d \ln Y / dt - \sum_j (w_{xj} / PY) (d \ln x_j / dt)$$

en intégrant les 2 côtés par rapport au temps, on aura :

$$\ln (f(x, t) / f(x, 0)) = \ln (Y_t, Y_0) - \int_0^t \left(\sum_j \frac{w_j x_j}{P.Y} \dot{x}_j \right) dv$$

où : v : variable d'intégration et 0 : année de base
ce qui donne :

$$f(x, t) / f(x, 0) = \frac{Y_t}{Y_0} \text{Exp} \left(- \int_0^t \left(\sum_c \frac{w_j x_j}{P.Y} \right) dv \right)$$

et quand l'indice d'input est utilisé ($T(x, t) = \text{TFP}$), on aura:

$$\int_0^t T(x, v) dv = \int_0^t \text{TFP} dv = \ln \frac{\text{TFP}(t)}{\text{TFP}(0)} = \frac{\ln f(x, t)}{\ln f(x, 0)}$$

Ce résultat peut être interprété comme une mesure de l'efficacité de l'agrégation d'input X dans la production d'output .

CHAPITRE IV

APPLICATION

4.1/ Introduction :

Après avoir décrit le processus de fabrication au sein du bâtiment mécanique et avoir exposé l'apport théorique concernant la productivité, ses formules de calcul et sa mesure économétrique à travers la théorie de la firme, nous entamons maintenant la phase de concrétisation de notre travail qui consiste à analyser la productivité au sein du bâtiment.

En vue d'atteindre cet objectif, nous avons, dans une première étape collecté et traité les données qui nous en apparues nécessaires pour l'étude.

Dans une seconde étape, nous avons essayé de construire des modèles de production et de coût, de procéder à leur estimation, de tester leurs stabilités à travers le temps et d'aborder le problème de multicollinéarité.

Dans une troisième étape, nous avons procédé au calcul du changement technique à travers les fonctions de coût et de production, au calcul des différents indices de productivités et des différents paramètres qui nous permettent de faire une analyse économétrique.

4.2/ Collecte des données :

Un modèle économétrique nécessite pour son estimation des données sur toutes les variables incluses dans le modèle, les données sur les variables endogènes, exogènes, décalées endogènes ou décalées exogènes, sont nécessaires à l'estimation des

paramètres du modèle . Il est donc relativement facile de construire des modèles de tout type et de toutes tailles et ils peuvent être facilement manipulés ; mais trouver des données pose un problème particulier , en général les données ne sont pas disponibles ou non disponibles sous la forme voulue , un problème de choix des formes nominales ou réelles , par tête ou globales , sur stocks ou surflux .

Les données peuvent être de différents types , des données qualitatives ou des données quantitatives chiffrées .

4.2.1/ Les séries temporelles :

Une distinction est faite entre les séries temporelles et les séries coupes , la plupart des données utilisées dans l'estimation des modèles économétriques , sont de ces deux types de séries .

Les données temporelles mesurent une variable particulière durant des périodes successives , ou à des dates différentes , la période de temps est souvent une année , un mois ou une semaine comme elle peut être un trimestre ou un semestre , les observations sont successives et également espacées dans le temps .

Les séries coupes mesurent une variable particulière à un temps donné pour différentes entités .

Les données expérimentales et les données non expérimentales :

une distinction est faite entre les données expérimentales et les données non expérimentales , les données non expérimentales sont obtenues à partir des observations d'un système non soumis au contrôle expérimentale , les données expérimentales sont les données obtenues à partir d'une expérimentation contrôlée .

4.2.2/ Les problèmes des données :

Le degré de liberté : l'estimation est inadéquate du fait qu'il manque des observations dans les séries de données .

-Le problème de multicollinéarité : dans les séries temporelles

les variables tendent à présenter les mêmes directions , ou cycliques sur une période de temps .

- la corrélation entre les séries : dans le cas où les séries sont corrélées entre eux pour des périodes de temps similaires .
- Le problème du changement structurel : lorsque un changement discontinue dans les données réelles aura lieu , dans les séries temporelles par exemple , un accident provoque une discontinuité et ensuite un changement structurel .

4.2.3/ Collecte :

Pour le cas de notre étude , nous avons procédé à la collecte des données qui nous ont paru nécessaires , pour la modélisation des fonctions de coût et des fonctions de production .

Les données sont collectées sur la période 1982 à 1992 de façon mensuelle.elles sont donc de type serie temporelle :

* L'unité allouée à la Sonacome (UAS): est une unité de gestion exprimée en minute et elle correspond au temps d'exécution d'un seul article et est toujours fonction du nombre de travailleurs par poste , ces unités représentent en fait les unités d'oeuvres dépensées pour la réalisation d'une pièce , et les gains UAS traduisent une meilleure utilisation de la main d'oeuvre indépendamment du matériel utilisé .

$$1 \text{ UAS} = 1 \text{ minute}$$

* Unité technologique Allouée a la SONACOME (UTS):elle correspond au temps machine mis pour l'exécution d'un seul article indépendamment du nombre d'exécutants ,elle varie selon le nombre d'articles fabriqués simultanément

Les UTS et les UAS sont exprimées en "temps d'écoulement réel" du

poste de travail. le but recherché est l'amélioration des temps de fabrication et de comparer les résultats obtenus aux objectifs fixés

1 UTS=1 minute

* L'emploi direct (EMPD): représente l'effectif direct tel que les opérateurs sur machines, et tous ceux qui sont en contact avec le processus de production dans le bâtiment mécanique.

* L'emploi global (EMPG): représente l'effectif global : opérateurs et techniciens, agents de services...

* Le taux d'absentéisme direct (TAD): il représente le rapport entre le total des heures d'absence de l'effectif direct et le total des heures de présence prévues

* Le taux d'absentéisme global (TAG): il représente le rapport entre le total des heures d'absence de l'effectif global et le total des heures de présence prévues

* Le rendement d'activité globale (RD): il se calcule en divisant les UAS normales moins les UAS rebutées (UASR) par les heures de fabrication.

$$RD = \frac{UAS - UASR}{\text{heures de fabrication}}$$

- * Les déperditions main d'oeuvre (UASR) : c'est le temps perdu pour le travailleur à cause d'une panne machine , d'un réglage machine , ou de la matière à travailler . Le taux se calcul en divisant le nombre des heures perdues sur le nombre des heures de fabrication .
- * Le potentiel machine (PM) : représente les heures machines disponibles pour la fabrication .
- * Le temps d'immobilisation (TIMB) : représente les heures machines non disponibles pour la fabrication (panne machines) .
- * Le taux d'immobilisation (TAIM) : est le rapport entre le temps d'immobilisation et le potentiel machine .

$$TAIM = TIMB / PM \quad (\%)$$

Ce taux de panne varier autour de 8 % et durant l'année 1992 , ce taux à enregistré un max de 35 % .

- * Le gaz (GZ) : englobe toute la consommation du bâtiment en gaz naturel , butane et propane , utilisée pour le traitement thermique et le lavage .
- * L'électricité (EL) : elle englobe aussi toute la consommation en, énergie électrique du bâtiment mécanique .
- * L'output global ou production globale (OG) : est l'ensemble de la production de tous les types d'organes mécaniques tel que :
 - les boîtes de vitesses ,
 - les ponts ,
 - les essieux ,
 - les directions ,

Ces organes constituent la production principale du bâtiment .il ya d'autre petits articles qui sont fabriqués toutefois,dans le bâtiment

et qui sont utilisés par les autres bâtiments. leur non intégration, dans l'étude est qu'il n'y a pas de données disponibles de ces derniers, seule la fabrication des organes qui est fort bien enregistrée.

- Pour les données sur les coûts, on, a collecté

- * Le coût total des unités de fabrication soit : CUAS .
- * Le coût total des unités technologiques réalisé : soit CUTS .
- * Le coût total de la consommation du gaz CGZ .
- * Le coût total de la consommation électrique : CEL .
- * Le coût total des productions (output global) COG .
- * Le coût total des UTS nettes CTN.
- * Le coût total de consommation de matière M .
- * Le coût unitaire du gaz CUGZ = CGZ/GZ (DA le m^3) .
- * Le coût unitaire d'électricité CUEL = CEL/EL (DA le kwh)
- * Le coût unitaire des UAS soit CUUAS = $CUAS/UAS$ (DA la minute)
- * Le coût unitaire de l'output global CUOG = COG/OG (DA l'article) .
- * Le coût unitaire de la matière CUM = M/OG (DA par article).

- Procédure de calcul du coût de revient :

- Le coût de revient est composé du :

- * coût matière M qui est le plus important .
- * Coût main d'oeuvre directe CUAS .
- * Les frais variables (énergie, lubrifiant, outillage) .
- Les frais fixes (amortissement, location)

L'ensemble des frais indirects constitue les CUTS, donc on peut établir une relation pour le coût global de production :

$$COG = M + CUAS + CUTS$$

On définit aussi le coût total des UTS nettes comme suit :

$$CTN = CUTS - CGZ - CEL$$

4.2.4/ Estimation des données manquantes : (traitement de données)

Les données obtenues à partir de diverses sources , souvent doivent être traitées pour les rendre utilisables dans un ensemble de données consistant représentant des séries comparables .

Dans le cas où il y a des observations qui manquent dans les séries de données temporelles , une manière pour compléter les observations non disponibles est d'utiliser l'interpolation.

L'interpolation est la détermination d'une observation entre deux observations connues, les cas les plus simples sont:

l'interpolation linéaire et l'interpolation exponentielle .

- l'interpolation linéaire :

x_t : une observation d'une variable au temps t .

x_{t+2} : une observation de la même variable au temps $t+2$.

$$\text{alors } x_{t+1} = \frac{x_t + x_{t+2}}{2}$$

- l'interpolation exponentielle (moyenne géométrique) :

$$x_{t+1} = \sqrt{x_t \cdot x_{t+2}} \quad \text{ou} \quad (x_t \cdot x_{t+2})^{1/2}$$

qui est linéaire dans les logarithmes des variables , cette méthode est équivalente à la fonction exponentielle entre x_t et x_{t+2} :

$$x_{t+1} = x_t e^{\alpha t} \quad \text{avec} \quad \alpha_t = 1/2t \cdot \text{Log} \left(\frac{x_{t+2}}{x_t} \right)$$

4.3/ MODELISATION :

Après collecte et traitement des données , l'étape qui vient dans l'étude économétrique est la spécification du modèle. Par spécification , nous entendons :

- la liste des variables explicatives ,
- la relation fonctionnelle liant ces variables à la variable dépendante ,
- les propriétés aléatoires des termes de perturbation .

Dans notre étude , nous avons essayé d'appliquer différentes formes fonctionnelles de fonction de production et de fonction de coût .

- Fonctions de production :

La liste des variables explicatives est : UAS , UASR , PM , UTS , TAIM , GZ , EL EMPD , EMPG , TAD , TAG , RD .

La variable dépendante est : OG . Les différentes relations fonctionnelles appliquées sont : Cobb-DOUGLAS , transcendental , Zellner - Revankar , Nerlove - Ringstag , Translog , CES .

Le terme perturbation suit un processus autoregressif d'ordre 1 , cela nous permet de voir s'il y a une autocorrélation des termes de perturbation . Ce dernier s'écrira alors :

$$U_t = \rho U_{t-1} + \varepsilon_t$$

ρ : coefficient de corrélation $|\rho| < 1$,

si $\rho = 0$: pas d'autocorrélation ,

si $\rho < 0$: autocorrélation négative ,

si $\rho > 0$: autocorrélation positive .

$\varepsilon_t \longrightarrow N(0,1)$

Fonctions de coûts :

La liste des variables explicatives est : CUUAS.CUTN.CUGZ.CUEL.CUM

La liste des variables explicatives est : CUUAS.CUTN.CUGZ.CUEL.CUM

La variable dépendante est : COG . Le terme perturbation suit un processus autoregressif d'ordre 1 (pour la même raison que les fonctions de production)

les différentes relations fonctionnelles appliqués sont : cobb-doug-las et translog.

4.4/ Estimation des modèles :

Le modèle économétrique se présente dans la forme générale :

$$Y = X B + U$$

$$Y_{n \times 1} = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix} : \text{vecteur de } n \text{ valeurs observées de la variable dépendante } Y .$$

$$X_{n \times k} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix} : \text{vecteur de } n \text{ valeurs observées de la variable explicative } X .$$

avec : $X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ik})$, $i = 1, 2, \dots, n$

$x_{ij} = i^{\text{ème}}$ valeur de la variable j $i = 1, 2, \dots, n$;
 $j = 1, 2, \dots, k$

$$\beta = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix} \quad : k \text{ paramètre à estimer}$$

$$U = \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ \vdots \\ U_n \end{bmatrix} \quad : \text{vecteur des } n \text{ valeurs du terme de perturbation .}$$

La méthode d'estimation utilisée dans le cas où le terme de perturbation est autocorrélée est l'estimation par les moindres carrés généralisée (MCG) .

L'estimateur MCG est :

$$\beta_{MCG} = (X^T \Omega^{-1} X)^{-1} X^T \Omega^{-1} Y$$

X^T : transposée de la matrice X .

Ω^{-1} : l'inverse de la matrice .

variance - covariance

L'estimateur GLS sera calculée en minimisant la somme des carrés des résidus par le choix des paramètres : β_i , $i = 1, \dots, k$

Tous les modèles , sauf le modèle CES , ont été estimés par cette méthode MCG .

Le modèle CES a été estimé par la régression non linéaire .

La régression non linéaire utilise l'algorithme de Newton-Raphson , elle commence par calculer les dérivées par rapport à chaque paramètre , puis fait regresser la variable dépendante par rapport à ces dérivées et obtient un nouveau vecteur de paramètres et évalue après la somme des carrés des résidus . Cette procédure se

poursuit jusqu'à l'obtention du vecteur de paramètres auquel aucune diminution de la somme des carrés des résidus n'est possible, on parlera alors de convergence de l'algorithme et du vecteur de paramètres optimaux.

Toutes les estimations ont été faites par le logiciel TSP: (Times Series Problems)

Les résultats des estimations des différentes fonctions de production et de coût sont donnés dans l'annexe n° 1.

4.5/ Choix des modèles :

Le choix entre les différentes formes fonctionnelles que ce soit pour les fonctions de production où les fonctions de coût, dépend de :

- 1- sa consistence avec les propriétés théoriques de la technologie de production (le plus important des critères) .
- 2- économie dans le nombre de paramètres pour leur estimation et la facilité d'interprétation des résultats .
- 3- Calcul facile .
- 4- stabilité de la fonction à travers le temps .
- 5- variance résiduelle minimale .
- 6- Le coefficient de détermination ajusté le plus élevé :

$$R^2 = 1 - (1 - R^2) \frac{(n - 1)}{(n - k)}$$

R^2 : coefficient de détermination .

n : nombre d'observation .

k : nombre de variables .

Le coefficient de détermination (R^2) est égale à l'unité moins le rapport de la somme des carrés des résidus sur la somme des carrés de la variable dépendante .

7- Le test de Fisher le plus élevé .

L'hypothèse testé est l'hypothèse nulle :

$$H_0 : \beta = 0 ;$$

Le test F est : $F = \frac{B^T (X^T \Omega^{-1} X) B}{k S^2} \approx F(k, n-k)$

k : nombre de variables ,

n : nombre d'observations ,

S^2 : estimation de la variance du paramètre β_j .

Ω^{-1} : inverse de la matrice variance-covariance.

B- certains auteurs économiques ont utilisés le critere d'AKAIKE :

$$AIC = (-2l + 2k) / n$$

l : logarithme de vraisemblance

k : nombre de parametres non nuls

n : nombre d'observations

le modele a choisir doit avoir le AIC le plus faible.

4.4.1/DETERMINATION DES BONS MODELES DE PRODUCTION

Parmi les modeles qui présentent la valeur minimale des AIC et qui tourne autour de (0.4) sont les modeles de cobb-douglas, translog et transcendantal. Le coefficient de détermination (R^2) et l'écart type de la régression pour les trois modeles tournent autour de (0.5) et (0.20) respectivement.

Le modele de cobb-douglas est celui qui présente la plus grande valeur du test de fisher (12.2).

Les parametres estimés sont souvent statistiquement significatifs (test de student) pour les modeles translog et cobb-douglas.

Ceux de la fonction transcendantal présentent des estimations paramétriques non statistiquement significatives (la valeur du test de student est inférieur a un), ce qui implique que le modele transcendantal est le plus mauvais des trois modeles cités.

Entre les modeles de production zellner et nerlove, celui de nerlove est plus approprié, il présente une valeur du AIC de (7.1) contre une valeur de (14.5) pour zellner, l'écart type de la régression du modele de zellner est très grand (363) tandis que celle de nerlove est de (8.33), les estimations des parametres du modele de nerlove sont statistiquement plus significatifs que ceux de zellner, mais quoiqu'ils soient significatifs, ils restent plus mauvais que ceux des modeles cobb-douglas et translog.

Le modèle CES est le plus mauvais de tous les modèles, la valeur de son AIC est la plus grande, elle est de (14.8), l'écart type de la régression présente aussi la valeur la plus grande qui est de (38.2) mais ce qui est plus accablant est que les estimations des paramètres ne concorde pas avec ce que la théorie propose.

Les paramètres de distribution doivent être compris entre 0 et 1 et les paramètres de substitution doivent être supérieurs à -1 alors que les estimations obtenues après convergence de la régression non linéaire, on se retrouve avec des paramètres de distribution supérieures à 1 tel le cas du couple (GZ, EL) du modèle 1 du CES et des paramètres de distribution inférieures à 0 tel le cas du couple (UAS, UASR) du modèle 2 du CES ; on se retrouve également avec des paramètres de substitution inférieurs à -1 tel le cas du couple (GAZ, EL) du modèle 1, ou le cas du couple (UTS, TIMB) du modèle 4. Tous les modèles de type CES présentent au moins un de ces inconvénients, ce qui implique que le modèle CES doit être rejeté dans l'analyse.

Pour les modèles Cobb-Douglas et Translog : les meilleurs modèles de type Cobb-Douglas sont le 4 et le 8, ils ont un AIC minimale de 0.38, et de bons paramètres statistiques à savoir le F-test, l'écart type de régression et le coefficient de détermination (R^2) et les estimations de leurs coefficients sont en général statistiquement significatives.

Les meilleurs modèles de type Translog sont les modèles 1 et 2, ils ont un AIC minimale de (0.4), de bons paramètres statistiques et les estimations de leurs coefficients sont en moyenne significatifs.

4.4.2/DETERMINATION DES BONS MODELES DE COUT:

Les meilleurs modèles de coût sont ceux où le facteur matière est pris en compte. Les modèles de coût Translog présentent un AIC de

-4.47 inférieur à celui des modèles de coût de Cobb-Douglas qui est de -4.03 .

Les meilleurs paramètres statistiques à savoir le F-test , le coefficient de détermination et l'écart type de la régression sont ceux des modèles translog.

Les coefficients estimés sont en général statistiquement significatifs (test de Student) pour les deux types de modèles.

La meilleure forme retenue d'après ces différents critères est la forme translog ou le facteur matière est pris en compte.

Les meilleurs modèles de coût translog sont les modèles 7 et 8 , ils présentent un AIC minimal de -4.478 et de bons paramètres statistiques décrits plus haut par rapport aux modèles translog .

4.5/Test de stabilité des modèles

Lorsque le nombre d'observations est assez grand pour pouvoir diviser la population en 2 échantillons, le test le plus approprié pour tester la stabilité des modèles est le changement structurel

Le test consiste à diviser la population (nombre d'observation égale à n) en 2 échantillons : échantillon 1 (nombre d'observation égale à n_1) et échantillon 2 (nombre d'observation égale à n_2), avec $n_1 > k$ et $n_2 > k$, (k : nombre de variables explicatives). Le test consiste alors à tester l'hypothèse que les n_2 observations de l'échantillon 2 appartiennent à la même population auxquelles appartiennent les n_1 observations de l'échantillon 1. Le test est celui de Fisher, lorsque $n = n_1 + n_2 > 2k$, la statistique de Fisher est :

$$F = \frac{[U^T U - (U_1^T U_1 + U_2^T U_2)] / k}{(U_1^T U_1 + U_2^T U_2) / (n_1 + n_2 - 2k)} \approx F(k, n_1 + n_2 - 2k)$$

$U^T U$: somme des carrés des résidus pour les n observations .

$U_1^T U_1$: somme des carrés des résidus pour les n_1 observations .

$U_2^T U_2$: somme des carrés des résidus pour les n_2 observations .

Si le F calculé est inférieur à la valeur critique pour un niveau de signification donné, alors les 2 échantillons proviennent d'une même population.

L'hypothèse à tester est alors :

H_0 : Les 2 échantillons appartiennent à la même population .

H_1 : non H_0 .

Les différentes valeurs du test de Fisher calculé et tabulé à un niveau de signification de 5% et les décisions prises sont données dans les tableaux suivants :

TEST DE STABILITE DES MODELES (test de fisher)

1-MODELE DE COUT DE COBB-DOUGLAS

MODELE	K	n1	n2	v1	v2	Fcal	Ftab	OBSERVATION
01	8	99	21	8	104	3.891	2.05	rejet
02	7	99	21	7	106	9.771	2.10	rejet
03	7	94	26	7	106	4.280	2.10	rejet
04	7	99	21	7	106	4.478	2.10	rejet
05	5	65	55	5	110	11.70	2.31	rejet
06	6	95	25	6	108	10.66	2.199	rejet
07	6	65	55	6	108	10.28	2.199	rejet

TAB 1

2-MODELE DE COUT TRANSLOG:

MODELE	K	n1	n2	v1	v2	Fcal	Ftab	observation
06	15	65	55	15	90	6.43	1.81	rejet
08	21	65	55	21	78	2.261	1.725	rejet

TAB 2

3-MODELE DE PRODUCTION TRANSLOG:

MODELE	K	n1	n2	v1	v2	Fcal	Ftab	OBSERVATION
01	36	78	65	36	71	0.532	1.721	accepte
02	28	77	51	28	72	1.430	1.692	accepte
03	21	57	62	21	77	1.319	1.698	accepte
04	15	57	62	15	89	1.591	1.783	accepte
05	10	57	62	10	99	0.719	1.923	accepte

TAB 3

4-MODELE DE PRODUCTION TRANCENDANTAL:

MODELE	K	n1	n2	v1	v2	F _{cal}	F _{tab}	OBSERVATION
01	27	57	62	27	65	0.882	1.827	accepte
02	23	57	62	23	73	0.770	1.695	accepte
03	17	57	62	17	85	0.806	1.806	accepte
04	16	57	62	16	87	0.483	1.802	accepte
05	15	57	62	15	89	0.535	1.824	accepte

tab 4

5-MODELE DE PRODUCTION DE TYPE ZELLNER:

MODELE	K	n1	n2	v1	v2	F _{cal}	F _{tab}	OBSERVATION
01	14	57	62	14	91	0.473	1.774	accepte
02	11	57	62	11	97	0.663	1.901	accepte
03	9	97	62	9	100	0.819	1.989	accepte
04	9	57	62	9	101	0.498	1.986	accepte
05	8	57	62	8	103	0.603	2.085	accepte
06	8	57	62	8	103	0.350	2.085	accepte

tab 5

6-MODELE DE PRODUCTION DE TYPE NERLOVE:

MODELE	K	n1	n2	v1	v2	F _{cal}	F _{tab}	OBSERVATION
01	14	57	62	14	91	0.635	1.812	accepte
02	12	57	62	12	95	0.839	1.887	accepte
03	7	57	62	7	105	0.636	2.118	accepte
04	10	57	62	10	99	0.377	1.964	accepte
05	8	56	61	8	103	0.237	2.073	accepte

tab 6

7-MODELE DE PRODUCTION DE TYPE COBB-DOUGLAS:

MODELE	K	n1	n2	v1	v2	F _{CAL}	F _{TAB}	OBSERVATION
01	14	57	62	14	91	1.026	1.812	accepte
02	12	57	62	12	95	1.255	1.887	accepte
03	10	57	62	10	99	0.746	1.964	accepte
04	11	57	62	11	97	1.464	1.901	accepte
05	9	57	62	9	101	0.604	1.986	accepte
06	10	57	62	10	99	1.712	1.923	accepte
07	9	57	62	9	101	1.955	1.986	accepte
08	7	57	62	7	105	0.859	2.118	accepte
09	6	57	62	6	107	0.414	2.200	accepte

table 7

k : nombre de parametres
 n1: taille du premier échantillon
 n2: taille du second échantillon
 v1: premier degre de liberté(table)
 v2: second degre de liberté(table)
 α : seuil de signification (5%)

D'après les résultats du test fisher tous les modèles de production sont stables . Seuls ceux de coût qui présente une instabilité . Ceci certes diminue la qualité des 2 formes fonctionnelles , mais on peut l'expliquer par le problème de multicollinéarité des données . En fait, les données sur les coûts d'électricité et de gaz sont presque constantes sur toute la période allant de 82 à 90. C'est à partir du mois de septembre 91 que les coûts ont commencé à varier de plus en plus .

La constance de ces données rend l'inversion de la matrice $(X^T X)$ presque singulière car une des colonnes de la matrice est un multiple d'une autre colonne , ou de plusieurs colonnes, et donc le rang de la matrice $(X^T X)$ est inférieur à k .

PROBLEME DE MULTICOLLINEARITE :

Le problème de multicollinéarité apparaît souvent dans les études utilisant des données de type séries temporelles ; les données économétriques ne sont pas des données expérimentales où l'on peut générer un ensemble de données exhibant de grandes variations; mais ce sont des données réelles qu'on ne peut pas contrôler.

Lorsqu'il y a multicollinéarité le déterminant de la matrice $(X^T X)$ est approximativement nul donc les éléments diagonaux de la matrice inverse de $(X^T X)$ auront de très grandes valeurs .

Les écarts types des coefficients estimés sont proportionnels aux éléments diagonaux de la matrice et tendent alors à être larges ce qui implique que la valeur du t (test du student) sera très faible .

Si quelques coefficients apparaîtront significativement différents de 0, le R^2 sera grand et le F aussi , ce qui rejettera l'hypothèse que tous les coefficients sont nuls .

Ainsi si on est en présence d'un modèle qui présente les

symptômes tel de petites valeurs de t couplées avec une grande valeur de F , ceci nous indiquera alors qu'il y a présence d'un problème de multicollinéarité .

D'après les résultats de notre estimation , ce cas est bien présent que ce soit pour les fonction de coût ou les fonctions de production on conclue que nos données présentent un problème de multicollinéarité .

Plusieurs approches ont été avancées pour le traitement du problème de multicollinéarité . L'une d'elles propose d'augmenter la taille de l'échantillon par des données supplémentaires qui puissent faciliter l'estimation du modèle spécifié et soient de différents types afin qu'il y ait des différences significatives entre elles .

Une autre approche suggère d'enlever quelques variable explicatives où de prendre une moyenne d'un groupe de variables le problème est quelles sont les variables candidates à être enlevées Une troisième approche est de travailler simplement avec la multicollinéarité , car l'application des 2 approches précédentes risque de biaiser l'estimation des coefficients .

Dans notre étude nous avons préféré travailler avec la multicollinéarité que de biaiser l'estimation de nos coefficients car le but de cette modélisation est de calculer le coefficient du changement technique qui sera de bonne qualité lorsqu'il n'est pas biaisé .

4.7- Calcul du taux de changement technique et des différents indices de productivité :

Dans le but de déterminer l'évolution du taux de changement technique, nous avons procédé au calcul de ce dernier par période de temps à travers les fonctions de production et de coût .

Certains taux ont été calculé par année d'autres par périodes de 2 ans , de 3 ans et de 4 ans .

Les différentes périodes obtenues pour le calcul du taux de changement technique sont dûes au problème de multicolinearité des données . Certaines fonctions de coût et de production ne peuvent être estimées lorsqu'on réduit la taille de l'échantillon à 11 (correspondant au nbre d'observation par année) ou même à 22 (2 ans) .

Car la matrice $(X'X)$ devient presque singulière et ne peut alors être inversée .

Les résultats du changement technique obtenus pour les fonctions de coût et de production qui ont pû être estimées au moins pour une période de 4 ans . ainsi que les différents indices de productivité à savoir la divisia indexe et les résultats de productivité présentées au chapitre 2 sont donnés dans les tableaux qui suivent :

TAB N°:9

EVOLUTION DU CHANGEMENT TECHNIQUE

MODELES	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92
C-D _{cout} (5)	-0.0377	0.0076	0.0105	0.0336	0.0017	0.0012	0.0116	0.0023	0.0310	0.0840	0.0520
C-D _{cout} (7)	0.0072	-0.0013	-0.0015	-0.0135	-0.0002	-0.0026	0.0029	0.0013	-0.0021	0.0035	0.0009
NERLOVE(3)	-1.7470	0.9520	0.3870	6.6390	0.5070	-1.4010	0.9190	0.6910	-6.1410	4.3230	-1.9900
NERLOVE(6)	-2.9960	-0.3480	1.0350	1.0480	0.5470	-0.1140	1.7150	0.6320	-5.9110	1.3150	-12.434
NERLOVE(7)	-1.5640	14.720	-0.3830	0.4120	0.5150	1.5260	1.4610	0.4640	-4.3830	2.3700	1.3670
C-D _{pr} (8)	0.0576	0.0680	0.0491	0.0012	0.0019	0.1680	0.0085	0.0326	-0.3840	0.0756	0.0822
C-D _{pr} (9)	-0.0016	0.0694	0.0133	0.0416	0.0155	-0.0515	0.0177	0.0199	-0.1970	0.0434	-0.0396
ZELLNER(3)	1.3090	0.9770	-0.0778	1.0670	0.4350	9.8960	0.3020	0.3830	-1.1480	-0.1740	0.6900
ZELLNER(5)	-1.0280	0.7670	0.3580	3.5450	0.4450	4.2610	0.3700	0.6200	-2.4020	1.0900	-0.2680
ZELLNER(6)	4.7130	2.3160	1.6110	-0.7360	0.2820	0.9600	-0.7450	-0.8580	-6.2180	0.6790	-0.2740

Changement technique modeles de cobb-douglas et transcendantal

MODELES	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92
TRANC (3)	0.00957		0.1573		0.0388		0.0267		0.003358		*
C-D _{PT} (5)	-0.01440		0.0768		.020	.1066	.011	-.08	-.70	.067	-.026
C-D _{PT} (7)	0.03606		-0.00442			.0031	.282	-.06	-.61	.058	.0987

tab 10

Changement technique (modele de production translog (3))

PERIODES	temps	\bar{MP}_{uas}	\bar{MP}_{uts}
82 - 83	-0.481	-0.470	1.91
83 - 85	2.550	-1.650	-0.945
85 - 88	8.600	0.820	-2.730
88 - 90	8.300	1.040	-4.240
90 - 92	9.300	2.540	-2.085

tab 11

Changement technique (modele de production translog (4))

PERIODES	temps	\bar{MP}_{uas}	\bar{MP}_{uts}	\bar{MP}_{el}
82 - 85	-0.037	0.034	0.154	-0.15
85 - 89	4.80	1.490	-1.40	-2.02
89 - 92	8.20	-0.94	-8.60	-7.80

tab 12

Changement technique (modele de coût translog (6))

periodes	temps	· Suas	· Suts
82 - 84	-0.550	7.505	1.824
82 - 88	-0.123	3.955	0.230
84 - 87	-4.730	29.216	-28.05
87 - 91	-4.360	19.023	-18.05
88 - 92	-2.160	18.020	-19.18

tab 13

Changement technique (modele de coût translog (8))

periodes	temps	· Suas	· Suts	· Sm
82 - 86	0.005	0.568	-0.453	0.148
82 - 87	-0.142	0.097	-0.840	-0.082
86 - 91	1.450	-2.74	8.880	-0.231
87 - 92	-5.64	-2.58	-0.320	0.345

tab 14

INDICE DE DIVISION (DIVISIA-INDEXE):

Année	Indice	Année	Indice
1982	0.954	1988	0.928
1983	0.985	1989	0.931
1984	0.992	1990	0.937
1985	0.968	1991	0.927
1986	0.967	1992	0.876
1987	0.962		

tab 15

Application des formules de productivité

ANNEE	PPH2	PPH1	PGF	PNT	PTF	PBT	BTP
82	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
83	1.410	1.398	1.092	1.049	0.997	1.205	1.125
84	1.329	1.263	1.041	0.940	0.812	1.039	1.087
85	1.246	1.166	1.092	0.783	0.567	1.006	1.092
86	1.139	1.141	0.967	1.060	1.388	0.976	0.999
87	1.324	1.281	1.125	0.900	0.858	1.060	1.136
88	0.998	0.939	1.076	0.778	1.530	0.989	1.027
89	0.978	0.927	1.003	0.954	2.040	0.938	0.986
90	1.039	1.026	1.038	0.814	1.744	0.971	1.024
91	0.868	0.898	0.943	1.150	2.898	0.997	0.933
92	0.818	0.718	0.785	1.396	0.705	0.870	0.748

TAB N° 10

INTERPRETATION :

- A partir des fonction de production , on constate qu'a partir des deux modeles de Cobb-Douglas il ya un progrès technique de l'année 1982 à 1984 puis une légère regression en 1985, une stabilité du changement technique jusqu'a 1989, puis une forte regression technique en 1990 et se termine par une regression significative jusqu'a 1992 .

Avec la fonction de Nerlove on observe approximativement les mêmes résultats :

Les résultats des fonctions de Zellner sont différents des premières pour la période 1986 - 1987 ou l'on distingue une progression technique significative .

Pour la fonction transcendental (bi-annuel) , il n'ya pas de regression technique , mais on remarque une croissance du taux de changement technique jusqu'à 1984 puis il ya une décroissance allant jusqu'à 1992 .

La fonction translog qui n'a pû être executé que par périodes de 3 ans , présente une regression du changement technique de 1982 à 1983 puis progrès technique jusqu'à 1992 .

A partir des fonctions de coût, on constate pour les 2 modeles de Cobb-Douglas qu'il ya eu une regression de 1982 à 1983, une légère progression en 1984, une regression de 1985 à 1987 puis une progression jusqu'à 1992, le maximum a été enregistré en 1991.

Pour la fonction translog, on observe une progresion de 1982 à 1983 puis une regression jusqu'à 1992 .

-D'après les résultats des différentes estimations précédentes et sachant que les meilleurs modeles de production sont ceux de Cobb-Douglas et translog le meilleur modèle des fonctions de coût est celui de translog, on conclut qu'il ya une progression

productif en 1984, 1986 et pour la période 1991-1992 et moins productif pour le reste de la période 1988 à 1990. le capital machine a été moins productif pour toute la période 1982 à 1985 et pour les années 1987 et 1992, et a été plus productif pour 1986 et entre 1988 et 1991 .

- Pour les 2 fonctions de production de type translog utilisées pour le calcul du taux de changement technique , on a calculé le taux de variation des productivités marginales des facteurs de production incorporés dans ces 2 modèles .

La variation de la productivité marginale est donnée par :

$$M_p = \frac{d}{dt} \left(\frac{\delta F}{\delta x_i} \right)$$

F : forme fonctionnelle translog .

x_i : facteurs de production .

Les résultats sont données dans les tableaux 11 et 12 de l'évolution du changement technique . Nous constatons à travers les valeurs présentées dans ces 2 tableaux que :

* la productivité marginale du travail a diminué de 1982 à 1985 puis a augmenté de 1986 à 1990 avec une valeur significative en 1989 et enfin une légère diminution est observée de 90 à 92 .

* La productivité marginale du capital a augmenté de 82 à 84 et n'a cessé de décroître de 85 à 92 .

On remarque ici que quoi qu'il y ait de nouvelles acquisitions de machines durant la période 85-92, la productivité marginale du capital machine a diminué et donc on est en face de rendements décroissants .

- De même pour les 2 fonctions de coûts translog utilisées pour le calcul du changement technique on a calculé le taux de variation des parts de coûts des facteurs inclus dans les 2 fonctions , la variation des parts est donnée par :

$$S_i = \frac{d}{dt} \left(\frac{\delta C}{\delta w_i} \right)$$

C : fonction coût total .

w_i : coût unitaire de l'input i .

Les résultats sont présentés dans les tableaux 13 et 14 de l'évolution du changement technique. Nous constatons à travers les valeurs présentés dans ces 2 tableaux que :

- * Le temps-travail (UAS) a été utilisé pendant la période 82-87 et économisé pendant la période 1988-1992 et donc la main d'oeuvre n'a pas été intégralement exploitée à partir de 1988 .
- * Le temps d'utilisation machine (UTS) a diminué de 82 à 87 puis a été économisé de 88 à 92 . L'utilisation machine a diminué due à l'amortissement et la panne machine à partir de 1988 le taux de panne n'a cessé d'augmenter jusqu'à atteindre environ 37% dans l'année 1992 .
- * La matière a été utilisée de 1982 à 1987, économisé de 1988 à 1991 et légèrement utilisé en 1992. Cela peut s'expliquer par baisse d'activité depuis 1988 et l'augmentation des coûts matières qui ont augmenté significativement à partir de 1991 .

4.10 Calcul des élasticités de substitution :

Les élasticités de substitution ont été calculées pour les différents modèles utilisés pour le calcul du changement technique. Les résultats sont données dans les tableaux suivant :

LES ELASTICITES DE SUBSTITUTION DES MODELES DE PRODUCTION ET DE COUT

I-LES MODELES DE COUT :

I-1 fonction de coût de type cobb-douglas

modele 5

	UAS	UTS	EL	M
UAS	90	-5.6	-24	-1.02
UTS	*	1.73	-4.1	-2.12
EL	*	*	7.43	-0.77
M	*	*	*	-0.54

tab 1

modele 7

	UAS	UTS	GZ	EL
UAS	88.9	-5.6	21.5	-1.06
UTS	*	1.7	-5.5	-0.75
GZ	*	*	5936	-0.74
M	*	*	*	-0.52

tab 2

I-2 fonction de coût de type translog

élasticité de coût d'"ALLEN-UZAWA"

modele 1

	UAS	UTS	GZ	EL	M
UAS	596	-17.8	-856	150	-0.85
UTS	*	0.33	-71	84	-0.60
GZ	*	*	1632	403	0.24
EL	*	*	*	-133	-2.03
M	*	*	*	*	-0.55

tab 3

modele 8

	UAS	UTS	M
UAS	113	-2.46	-0.983
UTS	*	0.47	-0.800
M	*	*	0.830

tab 4

modele 6

	UAS	UTS
UAS	-86.4	52.57
UTS	*	-4.90

tab 5

II LES MODELES DE PRODUCTION :

II-1 Fonction de production cobb-douglas

modele 5

	UAS	UTS	GZ	EL	TIMB
UAS	*	-2.34	0.31	0.063	-0.157
UTS	*	*	0.704	-0.117	*

tab 6

modele 7

	UAS	TIMB	GZ	EL	EMPD
UAS	-1.36	-0.14	0.303	0.068	*
UTS	*	*	0.524	-0.20	1.192
TAD	*	*	*	*	-0.017

tab 7

modele 8

	UTS	TIMB	GZ	EL
UAS	-1.48	-.188	4.14	.075
UTS	*	-.43	-1.66	-.170
TIMB	*	*	0.50	1.105
GZ	*	*	*	0.662

tab 8

modele9

	UTS	GZ	EL
UAS	-1.33	-0.21	-0.040
UTS	*	-0.35	-0.175
GZ	*	*	-0.970

tab 9

II-2 fonction de production translog

modele 1

	UTS	TIMB	GZ	EL
UAS	5E-5	3E-4	-9E-4	-8E-4
UTS	*	-7E-4	-8E-4	-9E-4
TIMB	*	*	-7E-4	-7E-4
GZ	*	*	*	-6E-4

tab 10

modele 2

	UAS	TIMB	GZ	EL
UAS	-9E-3	2E-4	-8E-4	-5E-4
UTS	*	-7E-4	-9E-4	-7E-4
TIMB	*	*	-8E-4	-7E-4
GZ	*	*	*	-9E-4

tab 11

modele 3

	UTS	GZ	EL
UAS	-4E-4	-7E-4	2E-4
UTS	*	-7E-4	-7E-4
GZ	*	*	-9E-4

tab 12

modele 4

	UTS	EL
UAS	-2E-5	-7E-4
UTS	*	-8E-4

tab 13

modele 5

$$ELAS(uas-uts) = -0.00053$$

II-3 fonction de type nerlove

modele 3

	UTS	EMPD	GZ	EL
UAS	3.36	-0.204	2.1	-0.16
UTS	*	-0.96	2.45	0.49
EMPD	*	*	0.5	-0.14
GZ	*	*	*	-3.22

tab 14

modele 6

	UTS	EMPD	GZ	EL
UAS	50	1.94	0.4	-0.11
UTS	*	6.0	0.8	0.26
EMPD	*	*	0.3	-0.25
GZ	*	*	*	-11.2

tab 15

II-4 fonction de type zellner

modele 6

	UTS	EMPD	PM	GZ	EL
UAS	-7.2	-.02	.04	-.104	-.03
UTS	*	-.08	.15	-.20	.07
EMPD	*	*	.008	.12	-.02
PM	*	*	*	-.03	-.87
GZ	*	*	*	*	-.06

tab 16

modele 3

	UTS	GZ	EL
UAS	-1.05	-0.07	-0.03
UTS	*	-0.12	0.07
GZ	*	*	-0.05

tab 17

	UTS	UASR
UAS	-0.54	0.47
UTS	*	0.15

tab 18

D'après les fonctions de production, on remarque que les couples (UAS, UTS), (UAS, TIMB) et (UTS, TIMB) sont complémentaires, ce qui implique qu'une augmentation des coûts machine conduira à une diminution d'utilisation de la main d'oeuvre et qu'une augmentation du temps d'immobilisation des machines conduira à une diminution d'utilisation de la main d'oeuvre et des machines qui sera plus grande pour les machines; la forme de Zellener présente 2 couples substitutifs qui sont (UAS, PM) et (UTS, PM) ce qui implique qu'une augmentation des prix du capital machine (UFS) conduira à une augmentation de l'utilisation des machines du bâtiment mécanique ainsi qu'à l'augmentation de l'utilisation de l'effectif du bâtiment.

Les facteurs électricité et gaz se révèlent substitutifs à travers les modèles de production, donc une augmentation du prix de gaz conduira à une augmentation de l'utilisation de l'électricité.

- Pour les fonctions de coûts les résultats sont à peu près les mêmes à part les couples concernant la matière, cette dernière se révèle être complémentaire avec tous les autres facteurs de coûts, elle est donc un facteur essentiel dans la production.

-Le modèle de production qui donne les meilleurs valeurs d'élasticité est le modèle (08) de la forme Cobb-Douglas, ce modèle a de meilleures paramètres statistiques que les autres modèles de la même forme, et les élasticités de substitution tournent en moyenne autour de un, ce qui concorde avec ce que la théorie propose.

Pour les fonctions de coûts, le modèle 8 de la forme translog est le meilleur des modèles translog, il présente les meilleurs paramètres statistiques par rapport à tous les modèles translog.

même valeur d'élasticité du couple (UAS, UTS) que celle du modèle B des fonctions de production de Cobb-Douglas et une complémentarité plus grande entre l'UAS et la matière que entre l'UTS et la matière, ce qui implique qu'une augmentation du prix de la matière touchera beaucoup plus la main d'oeuvre que le capital machine.

- Elasticité d'échelle :

Les valeurs des élasticités d'échelle ont été calculées et présentées dans les tableaux présentant les estimations des différents modèles de production et de coût.

Le modèle B des fonctions de production Cobb-Douglas et le modèle B des fonctions translog présentent respectivement des valeurs pour les élasticités d'échelle de 0,7735 et 0,946, ce qui implique qu'on est en face de rendement d'échelle décroissant donc même si on double la quantité des facteurs, l'augmentation dans la quantité d'output sera moins du double.

- Elasticité de coût :

Les valeurs des élasticités de coût sont aussi données dans les tableaux présentant les estimations des différents modèles de production et de coût, les 2 modèles précédents donnent respectivement les valeurs des élasticités de coût de 1,29 et de 1,057 ce qui implique qu'on est en face d'une augmentation des coûts moyens.

Donc une augmentation de 1 % dans l'output résultera en moyenne une augmentation de 1,1735 % d'augmentation dans le coût total ;

Parts de coût des facteurs :

le calcul des parts de coût des facteurs sur tout l'horizon d'étude (82 - 92) nous a donné en moyenne : 5,75 % pour l'UAS, 34,5 % pour l'UTS, 0,04 % pour le gaz, 0,46 pour l'électricité et 59,3 % pour la matière. Le coût de la matière est le plus important de tous les autres coût, ce qui implique la difficulté

d'approvisionnement en matière . Le coût de la main d'oeuvre est faible par rapport au coût machine il vaut environ 1/6 du coût machine , donc une augmentation des prix machine double se traduirait comme si on a augmenté les salaires de 6 fois .

- Taux marginaux de substitution :

Les taux marginaux de substitution ont été calculés pour certains modèles de production Cobb-Douglas et translog (voir annexe N° 2) .

Le modèle 8 des fonctions de production Cobb-Douglas nous donne : une valeur de - 0,3614 pour le couple (UAS , UTS) ce qui implique qu'une diminution d'une unité des UAS conduira à une diminution des temps machines (UTS) de 0,3614 .

Une valeur de 211,7 pour le couple (UTS , TIMB) ce qui implique qu'une augmentation du temps d'immobilisation d'une heure peut être substituer d'une augmentation des temps machines de 211,7 minutes , une valeur de - 76,5 pour le couple (UAS , TIMB) , ce qui implique qu'une augmentation du temps d'immobilisation d'une heure conduira à une diminution du temps ouvrier (UAS) de 76,5 minutes , une valeur de - 0,935 pour le couple (UTS , EL) ce qui implique qu'une diminution de la consommation de l'électricité d'un kwh conduira à une diminution du temps machine de 0,93 minutes , une valeur de - 5,88 pour le couple (UTS , GZ) ce qui implique qu'une diminution du gaz d'un m³ conduira à une diminution du temps machine (UTS) de 5,88 minutes .

On obtient aussi une diminution d'un m³ de gaz et 1 kwh d'électricité conduiront respectivement à diminuer le temps ouvrier (UAS) de 2,13 minutes et 0,335 minutes respectivement , de même une diminution d'un 1 kwh d'électricité conduira à une diminution du gaz de 0.3354 m³ .

-Elasticité de l'output par rapport aux inputs :

Les élasticités de l'output par rapport aux inputs sont définies tel le pourcentage de variation dans l'output dû à une variation d'une unité de l'input .

Pour les fonctions de type Cobb-Douglas , les élasticités de l'output par rapport aux inputs sont les coefficients estimés des modèles .

Le modèle 8 donne respectivement les valeurs de 0,6107 ; 0,3126 ; - 0,2297 ; 0,03025 et 0,0497 pour l'UAS , l'UTS , le TIMB , le gaz et l'électricité .

Ce qui implique qu'une augmentation d'une heure du temps d'immobilisation conduit à une diminution de l'output de 22,9 % et l'augmentation de la consommation du gaz d'1 m³ et de l'électricité d'1 kwh conduira respectivement à une augmentation de la production de 3% et 5% , on remarque que la participation de l'effectif à la production est le double de celle des machines et donc les machines sont moins productives que l'effectif , ceci peut être expliqué par l'amortissement des machines qui ont fort dépassé la durée d'amortissement nominale et le manque d'approvisionnement de pièces de rechanges .

Les modèles de Cobb-Douglas considérés en tout présentent une valeur moyenne de -0,186 et de 0,317 pour le taux d'absentisme direct , l'effectif direct , ce qui implique qu'une variation du taux d'absentisme de 1 % (6 employés direct) conduira à une diminution de la production de 18,6 % et une augmentation de l'effectif direct d'un % (6 employeurs) augmentera la production de 31,7 % .

CHAP5 :CONCLUSION

Le progrès technique se traduit sur le long terme par un accroissement de productivité, cette dernière est au cœur de l'amélioration du niveau de vie, il devient alors stratégique de déterminer et analyser les facteurs qui agissent sur la productivité .

Les mesures du progrès technique (changement technique) ont été présentées au chapitre 3, ces dernières se divisent en deux méthodes: la première à partir des fonctions objectives de production de coût et la seconde à partir des indices .

Dans la présente étude nous avons évalué le progrès technique à partir des fonctions objectives de production et de coût en développant les différents modèles de production et de coût et en calculant le taux de changement technique pour ceux où la multicolinéarité des données n'a pas empêché leur estimation périodique .

On a également évalué le progrès technique à partir des indices de productivité à savoir l'indice de division (divisia index) et les formules de productivité développées au chapitre 2 . .

Les résultats obtenus par les différentes approches de mesure nous permettent de conclure que les 5 dernières années de la période d'étude 1982-1992 présentent une régression technique qui devient significative pour les 2 dernières années .

Nous constatons que quoi qu'il y'ait de nouvelles acquisitions de machines plus performantes (à commandes numériques) au sein du bâtiment mécanique durant la période d'étude considérée, La productivité a diminué pour les dernières années .cette diminution ne peut être

attribuée à l'effectif direct puisque la productivité marginale de ce dernier n'a pas enregistré de diminution significative pour

ces 5 dernières années tandis que pour le capital machine (UTS) on enregistre une diminution significative .

Cela est dû au problème de panne machine qui n'a cessé d'augmenter depuis 1988 dont la cause est le problème d'approvisionnement en pièces de rechange et la qualification du personnel chargé de la maintenance .

La consommation de la matière a aussi diminué à cause de l'augmentation des coûts , qui a été significative durant la période 1990-1992 ,et aux changements dans les programmes de production .

Les données réelles des facteurs intégrés dans l'étude confirme la regression enregistrée durant ces 5 dernières années, le temps machine (UTS), la consommation électrique n'ont cessé de diminuer durant cette même période.

Le taux d'absentéisme (TAD), le temps d'immobilisation (TIMB) et tous les coûts à part celui de l'UTS n'ont cessé d'augmenter durant ces dernières années. Ce qui justifie la baisse d'activité enregistré durant les 5 dernières années .

En conclusion, le progrès technique ne se traduit pas uniquement par le changement dû à l'achat de nouveaux équipements (accumulation de capital) mais il doit s'accompagner d'un savoir faire nécessaire pour la maîtrise de la technologie associée à ces équipements .

Le progrès technique ne doit pas donc être considéré du point de vue uniquement quantitative , mais surtout du point de vue qualitatif (qualification et conditions de travail) .

ANNEXES

- ANNEXE 1: estimations des différents modèles de
fonction de coût et de production
- ANNEXE 1-bis: Dates de mise en service des machines
entre 1982 et 1992.....
- ANNEXE 2 : Taux marginales de substitution.....
- ANNEXE 3 : graphiques.....
- ANNEXE 4 : schémas simplifiés du centre mécanique

NOTATION UTILISEE DANS LES TABLEAUX

1-TABLEAUX DES MODELES DE COUT

LOG(cuua) :lcuua : log(a)
 LOG(ctn) :lctn : log(b)
 LOG(cugz) :lcugz : log(c)
 LOG(cuel) :lcuel : log(d)
 LOG(cum) :lcum : log(e)

2-TABLEAUX DES MODELES DE PRODUCTION :

log(uas) :LNA
 log(uasr) :LNR
 log(empd) :LND
 log(empg) :LNG
 log(uts) :LNU
 log(timb) :LNT
 log(gaz) :LNZ
 log(el) :LNE
 log(tad) :LNW
 log(tag) :LNX
 log(rend) :LNF
 log(pm) :LNK
 log(time) :LNS

$\sum e^2$:Somme de carrés de résidus
 r^2 :Coefficient de corrélation
 $F_{0.05}$:Test de fischer (5%)
 $SEK(\sigma_e)$:Erreur standard de régression
 $\log L$:Log du max du vraisemblance
 D W :Test de derbin-watson
 E_e :Elasticité d'échelle
 E_c :Elasticité de coût
 ACC :indice d'efficacité
 $\rho(p)$:Parametre d'autocorrélation des perturbations
 $Y/\log^*(\log)$:variable dépendante de zellner
 $Y/\log^*(\log) + (\log)$:variable dépendante de nerlove

TAB 1

FONCTION DE COUT DE TYPE COBB-DOUGLAS

MODELE	VAR DEP	CONST	logOG	log(A)	log(B)	log(C)	log(D)	log(E)	TIME	SSR	R ²	F _{st}
01	logCOG	1.340 0.168	0.929 0.0098	-0.219 0.047	0.627 0.055	0.0432 0.0477	-0.0985 0.0665	0.9094 0.0090	-0.00354 0.00045	0.1095	0.993	2350.35
02	logCOG	15.377 0.582	0.297 0.0713	0.484 0.2066	0.827 0.225	0.269 0.282	0.0533 0.424	*	-0.0022 0.00131	7.7506	0.558	22.527
03	logCOG	1.347 0.1689	0.931 0.0098	-0.251 0.0416	0.619 0.0545	-0.0189 0.0234	*	0.9102 0.00911	-0.0035 0.00044	0.1117	0.993	2657.42
04	logCOG	1.314 0.166	0.9307 0.00977	-0.2308 0.0446	0.6276 0.0544	*	-0.0466 0.0321	0.9101 0.00904	-0.0035 0.00043	0.1103	0.993	2690.51
05	logCOG	15.056 0.588	0.245 0.0702	0.735 0.1578	1.067 0.2487	*	*	*	-0.0024 0.00154	8.460	0.526	27.497
06	logCOG	15.366 0.5698	0.296 0.0709	0.5016 0.151	0.834 0.2189	0.3027 0.0873	*	*	-0.0022 0.00129	7.751	0.562	26.515
07	logCOG	1.4037 0.155	0.930 0.0097	-0.257 0.0416	0.609 0.0549	*	*	0.910 0.009	-0.0036 0.00047	0.1122	0.993	3113.43

TAB 1 suite

σ_v	log L	P	D W	E_e	E_c	AIC						
0.0314	249.671	0.7355	2.383	1.0764	92.90%	-4.028						
0.263	-5.889	0.1289	2.0048	3.367	29.70%	0.215						
0.0315	248.49	0.7297	2.449	1.0741	93.10%	-4.025						
0.03138	249.23	0.7238	2.412	1.0744	93.07%	-4.037						
0.2724	-11.144	0.2158	2.0367	4.0816	24.50%	0.269						
0.262	-5.897	0.1309	2.006	3.378	29.60%	0.198						
0.0315	248.21	0.7536	2.475	1.075	93.02%	-4.037						

96

TAB 2

FONCTION DE COÛT DE TYPE TRANSLOG

MODELE	VAR DEP	CONST	lnOG	(lnOG) ²	lnA	lnB	lnC	lnD	lnE	(lnA) ²	lnA*lnB	lnA*lnC
01	logCOG	-2.477 9.915	1.809 1.154	-0.043 0.0376	4.209 1.752	1.813 2.345	2.088 7.750	-5.487 9.331	-0.092 1.067	-0.6006	-1.898 0.858	-1.800 2.324
02	logCOG	-67.772 53.68	-1.090 1.612	0.124 0.0978	-12.388 10.700	28.602 9.368	86.644 54.247	-157.41 58.96	/	2.0187 4.207	-3.054 6.455	29.218 15.084
03	logCOG	-6.232 43.84	-0.827 1.805	0.0766 0.1013	-15.132 6.171	18.194 8.8034	-11.826 22.117	/	/	0.1536 0.981	-0.4055 2.168	-6.770 2.053
04	logCOG	-74.66 49.6	-1.183 1.717	0.0968 0.0966	-11.667 5.943	22.324 8.379	/	-58.276 30.364	/	0.535 0.9408	-2.678 2.179	/
05	logCOG	2.134 8.687	0.945 0.771	-0.0029 0.0258	3.233 1.086	2.582 2.0279	/	-1.954 3.501	-0.289 0.709	0.353 0.0975	-4.442 0.267	/
06	logCOG	15.361 9.572	-1.006 1.700	0.0777 0.0974	-17.438 5.034	-3.741 8.516	/	/	/	-3.600 1.0864	6.484 2.177	/
07	logCOG	3.913 8.141	1.0512 0.781	-0.0117 0.0265	3.295 1.0810	1.820 2.018	-0.7309 2.256	/	-0.360 0.752	0.347 0.0927	-0.448 0.252	-0.125 0.3417
08	logCOG	8.677 4.354	0.1955 0.5707	0.0197 0.0209	3.163 0.834	2.682 1.728	/	/	-0.4326 0.445	0.428 0.0873	-0.0666 0.0233	/

TAB 2 suite

$\ln A * \ln D$	$\ln A * \ln E$	$(\ln B)^2$	$\ln B * \ln C$	$\ln B * \ln D$	$\ln B * \ln E$	$(\ln C)^2$	$\ln C * \ln D$	$\ln C * \ln E$	$(\ln D)^2$	$\ln D * \ln E$	$(\ln E)^2$	$\ln OG * \ln A$
3.282 3.435	-0.588 0.0943	0.265 0.204	-8.204 3.943	10.215 4.978	0.0494 0.1078	0.217 0.342	0.586 1.112	0.326 0.212	-1.509 1.268	-0.474 0.287	0.0483 0.0298	-0.1076 0.0999
-47.24 22.83	/	-4.75 1.606	-46.434 13.49	67.844 19.567	/	2.4547 2.284	-5.805 8.161	/	2.951 9.905	/	/	-0.1697 0.422
/	/	-3.700 1.681	7.812 2.420	/	/	-0.0022 0.436	/	/	/	/	/	0.2713 0.3077
-8.486 2.328	/	-4.474 1.550	/	11.0516 2.824	/	/	/	/	-1.430 1.058	/	/	0.1657 0.3420
-0.193 0.400	-0.1178 0.0449	0.4316 0.184	/	-0.258 0.476	-0.0265 0.0978	/	/	/	0.00785 0.1190	-0.0282 0.0547	0.05136 0.0207	-0.1411 0.0532
/	/	-0.361 2.016	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0.398 0.2267
/	-0.1318 0.0468	0.432 0.182	-0.4304 0.423	/	-0.0224 0.0941	0.00887 0.0462	/	-0.0135 0.0391	/	/	0.0561 0.0223	-0.124 0.053
/	-0.1044 0.0432	0.282 0.1728	/	/	-0.0460 0.0903	/	/	/	/	/	0.05077 0.0134	-0.0577 0.0461

TAB 2 suite

LOG*lnB	LOG*lnC	LOG*lnD	LOG*lnE	lnT	(lnT) ²	lnA*lnT	lnB*lnT	lnC*lnT	lnD*lnT	lnE*lnT	lnOG*lnT	SSR
-0.0752 0.1212	0.226 0.189	-0.1935 0.257	0.00262 0.0598	1.754 1.406	-0.0284 0.0064	-0.0008 0.1301	-0.526 0.0765	0.765 1.678	-0.466 1.819	-0.0291 0.0249	-0.0254 0.02601	0.0448
0.0538 0.670	-0.7266 0.828	1.2868 1.2458	/	12.931 11.636	-0.0312 0.0598	-0.529 1.091	0.287 0.644	-6.606 12.148	15.839 13.15	/	0.01789 0.1181	3.888
0.413 0.666	0.0498 0.1937	/	/	1.809 9.542	-0.080 0.0734	0.1008 0.7276	0.7084 0.7493	0.776 4.714	/	/	-0.0537 0.125	5.5416
0.3818 0.668	/	0.07945 0.2790	/	15.594 10.7086	-0.0503 0.0633	-0.1106 0.670	0.497 0.6801	/	9.197 6.2906	/	-0.0342 0.1224	5.0147
-0.1566 0.1081	/	0.0862 0.0435	0.0397 0.0386	1.5603 1.203	-0.0298 0.00676	-0.198 0.0747	-0.540 0.0757	/	0.425 0.688	-0.0270 0.0240	-0.02168 0.0246	0.05037
0.294 0.574	/	/	/	0.736 1.511	-0.258 0.1516	1.181 0.872	1.913 1.0167	/	/	/	0.0037 0.1200	6.661
-0.1244 0.1059	0.0616 0.0307	/	0.0403 0.04038	1.363 1.0114	-0.0311 0.00684	-0.189 0.0747	-0.5258 0.0757	0.2154 0.468	/	-0.0305 0.0236	-0.0293 0.0243	0.0500
-0.0808 0.1027	/	/	0.0689 0.0291	0.836 0.401	-0.0308 0.00705	-2.208 0.0752	-0.5645 0.0772	/	/	-0.0240 0.0233	-0.03005 0.0244	0.05622

TAB 2 suite

R^2	σ_u	F_{st}	log L	ρ	D W	AIC	E_e	E_c				
0.996	0.0232	956.63	303.214	0.0847	2.058	-4.454	1.867	0.535				
0.727	0.2067	12.349	35.498	0.195	0.1185	-0.125	-1.694	-1.440				
0.6394	0.2378	11.050	14.120	0.23378	2.008	0.113	-0.072	-13.85				
0.6737	0.2262	12.700	20.333	0.1804	1.991	10.013	-0.295	-3.390				
0.996	0.0235	1200.97	296.279	0.1329	2.078	-4.471	1.033	0.967				
0.591	0.253	12.490	3.195	0.510	2.174	0.230	-0.329	-3.039				
0.996	0.0234	1209.06	296.68	0.14399	2.078	-4.478	1.172	0.853				
0.996	0.0240	1544.00	289.687	0.1648	2.0879	-4.478	0.946	1.057				

100

TAB N:3

MODELES DE PRODUCTION DE TYPE COBB DOUGLAS

MODELE	va.dep	C	LNA	LNR	LND	LNG	LNU	LNT	LNZ	LNE	LNW	LNK	LNF
01	ln(og)	4.226 6.458	0.649 0.174	0.251 0.130	0.875 0.624	-1.127 0.658	0.348 0.100	-0.245 0.114	0.0093 0.0626	-0.0645 0.105	-0.1517 0.166	-0.0562 0.122	-0.0432 0.199
02	ln(og)	5.502 6.519	0.605 0.141	/	0.675 0.641	-1.204 0.653	0.357 0.100	-0.279 0.116	0.0524 0.0590	-0.0607 0.104	-0.259 0.159	-0.0219 0.122	/
03	ln(og)	0.667 6.087	0.675 0.138	/	0.308 0.611	-0.704 0.605	0.376 0.099	-0.222 0.112	0.0334 0.0586	-0.0097 0.102	/	/	/
04	ln(og)	0.588 5.950	0.591 0.139	0.268 0.128	0.148 0.490	/	0.274 0.085	-0.234 0.114	-0.0144 0.0612	0.0368 0.0841	-0.126 0.124	/	/
05	ln(og)	-0.571 3.924	0.641 0.135	/	/	-0.602 0.480	0.306 0.092	-0.254 0.109	0.0309 0.0554	0.0202 0.0893	/	-0.1187 0.0945	/
06	ln(og)	1.157 6.071	0.567 0.142	/	-0.102 0.488	/	0.271 0.087	-0.262 0.116	0.0305 0.0587	0.0488 0.0858	-0.197 0.122	/	/
07	ln(og)	-2.323 3.985	0.548 0.140	/	-0.0788 0.4880	/	0.268 0.087	-0.278 0.115	0.0348 0.0584	0.0474 0.0858	-0.197 0.122	/	/
08	ln(og)	-5.498 2.110	0.610 0.129	/	/	/	0.312 0.0816	-0.229 0.108	0.0302 0.056	0.0494 0.0835	/	/	/
09	ln(og)	-7.658 1.876	0.640 0.130	/	/	/	0.283 0.0817	/	0.0198 0.0566	0.0570 0.0848	/	/	/

TAB 3 suite:

LNk	TIME	SSR	F sta	R ²	log L	SER	rho	DW	AIC	E _e	E _c	
-.702 .434	.00038 .00193	8.291	8.649	0.475	-10.352	0.282	-0.251	1.98	0.405	-0.259	-3.859	
-.3798 0.407	-0.001 0.0014	8.595	9.610	0.466	-12.491	0.284	-0.233	1.993	0.408	-0.515	-1.942	
-.352 .4048	-6E-5 .0011	8.971	10.803	0.453	-15.042	0.288	-0.248	2.011	0.417	0.104	9.554	
-.676 .433	.00192 .00163	8.526	10.747	0.476	-12.012	0.282	-.230	1.977	0.383	0.267	3.739	
/	-.0007 .00129	8.925	12.241	0.461	-14.733	0.286	-0.244	2.009	0.395	0.024	41.66	
-.3098 .404	-.0004 .00120	8.869	11.053	0.460	-14.359	0.286	-0.212	1.986	0.406	0.0457	21.88	
/	-.0004 .00120	8.917	12.262	0.462	-14.68	0.286	-.208	1.99	0.394	0.3436	2.91	
/	.00042 .00106	9.134	15.297	0.459	-16.112	0.286	-0.231	2.008	0.385	0.7735	1.293	
/	-6E-5 .00105	9.503	16.583	0.442	-19.469	0.291	-0.230	2.0034	0.4078	0.9997	1.000	

705

TAB 4

FONCTION DE PRODUCTION DE TYPE TRANSLOG

MODELE	VAR DEP	CONST	LNA	lnT	LNU	LNZ	LNE	LNT	LN RD	(LNA) ²	(LN T) ²
01	log(og)	199.213 174.045	5.391 16.056	-14.745 15.131	1.025 12.94	-19.78 10.797	-14.188 17.33	-10.511 8.77	29.057 26.036	-1.77 1.13	-0.959 0.339
02	log(og)	150.33 167.056	4.457 12.367	-1.475 13.835	-2.332 11.646	-26.33 8.37	-0.483 13.673	-2.975 7.676	/	0.266 0.630	-1.022 0.3306
03	log(og)	-45.524 95.386	6.673 10.633	/	10.07 11.023	-16.051 7.591	-0.993 11.309	7.083 5.421	/	0.718 0.644	/
04	log(og)	-115 94.577	-5.382 9.774	/	10.975 11.97	/	9.252 10.748	4.144 5.084	/	1.069 0.562	/
05	log(og)	-71.732 59.156	-5.817 8.182	/	13.784 8.884	/	/	5.061 3.917	/	0.865 0.495	/

TAB 4 suite

$(\ln U)^2$	$(\ln Z)^2$	$(\ln RD)^2$	$(\ln E)^2$	$(\ln T)^2$	$\ln A * \ln T$	$\ln A * \ln U$	$\ln A * \ln g$	$\ln A * \ln Z$	$\ln A * \ln E$	$\ln A * \ln t$	$\ln U * \ln RD$
0.195 0.165	0.0688 0.065	1.517 0.876	0.0655 0.184	0.0766 0.0492	2.295 1.154	-0.183 0.841	1.810 1.792	1.103 0.7604	0.711 1.38	0.1036 0.464	-1.688 1.093
0.255 0.1655	0.0624 0.0657	/	0.135 0.180	0.07058 0.0463	0.3385 0.6816	-0.676 0.541	/	0.9406 0.475	-0.9798 0.799	-0.5234 0.277	/
0.0655 0.164	0.0681 0.0691	/	0.1157 0.1191	-0.0285 0.0378	/	-1.177 0.5606	/	0.7176 0.470	-1.096 0.842	-0.700 0.287	/
0.1727 0.159	/	/	0.0434 0.1144	-0.0141 0.0379	/	-1.085 0.553	/	/	-0.643 0.817	-0.196 0.205	/
0.150 0.1514	/	/	/	-0.029 0.0308	/	-1.197 0.526	/	/	/	-0.3014 0.168	/

100

TAB 4 suite

$\ln U * \ln T$	$\ln U * \ln Z$	$\ln U * \ln E$	$\ln U * \ln t$	$\ln Z * \ln R_d$	$\ln Z * \ln E$	$\ln Z * \ln t$	$\ln T * \ln R_d$	$\ln T * \ln Z$	$\ln T * \ln E$	$\ln T * \ln t$	$\ln E * \ln RD$	$\ln RD * \ln t$
0.258 0.414	-0.2705 0.149	0.164 0.552	0.1850 0.2808	-0.965 0.961	0.462 0.262	0.1052 0.1044	-2.513 1.622	0.2926 0.465	-0.262 0.746	0.932 0.5102	-0.544 1.68	0.0701 0.5035
0.149 0.422	-0.241 0.197	0.362 0.559	0.365 0.268	/	0.535 0.241	0.218 0.0948	/	0.617 0.452	0.170 0.720	0.829 0.516	/	/
/	-0.227 0.205	0.580 0.592	0.137 0.263	/	0.498 0.262	0.1285 0.0993	/	/	/	/	/	/
/	/	0.00111 0.519	0.0802 0.2538	/	/	0.00362 0.0157	/	/	/	/	/	/
/	/	/	-0.0217 0.1955	/	/	/	/	/	/	/	/	/

10Y

TAB 4 suite

lnE*Int	SSR	F _{st}	R ²	S E R	log L	rho	D W	AIC	E _e	E _c		
-0.356 0.291	5.72	4.87	0.541	0.264	11.748	-0.472	2.0498	0.404	-49.25	-0.0203		
-0.413 0.262	6.481	5.685	0.526	0.268	4.30	-0.363	2.025	0.395	-12.548	-0.0797		
0.00886 0.2665	8.284	5.387	0.438	0.292	-10.30	-0.348	1.996	0.5216	15.496	0.0645		
-0.172 0.257	8.878	6.511	0.427	0.295	-14.421	-0.2765	2.018	0.507	27.426	0.0364		
/	9.0387	10.643	0.450	0.289	-15.486	-0.255	1.9987	0.425	12.550	0.0796		

90Y

TAB N°5

FONCTION DE PRODUCTION DE TYPE ZELLNER

MODELE	var.dep	CONST	LNA	LNR	LND	LNG	LNU	LNT	LNZ	LNE	LNW
01	YZR	-9093.47	831.24	334.528	55.631	17.383	408.463	-116.20	-38.05	88.991	-87.42
		8379.40	217.98	168.499	846.054	878.33	125.43	141.63	79.54	136.64	271.84
02	YZR	-12547.8	676.589		-257.610	-65.232	397.913	-169.69	20.823	110.29	-161.42
		5604.34	175.534	/	858.108	864.40	126.00	143.50	75.132	135.158	269.459
03	YZR	-9466.47	716.231		-168.90		382.43		5.9270	131.17	-62.961
		7509.83	172.41	/	584.80	/	108.60	/	72.36	106.42	157.45
04	YZR	-13792.9	681.26			-193.28	412.47	-153.34	20.241	111.50	
		5168.59	171.85	/	/	608.22	114.08	138.77	70.06	112.81	/
05	YZR	-10273.7	731.15		180.38		396.30		5.072	133.52	
		7190.73	167.53	/	580.04	/	102.52	/	71.90	105.66	/
06	YZR	-15104.2	666.41				402.38	-144.56	21.35	124.17	
		3070.65	164.90	/	/	/	109.22	135.36	69.75	104.97	/
07	YZR	-23578.6	723.33	307.75			683.15				
		4096.8	196.67	208.55	/	/	189.00	/	/	/	/

TAB 5 suite

lnX	lnF	lnK	TIME	SSR	F _{st}	R ²	S E R	D W	rho	log L	AIC	E _e	E _c
166.76 267.32	-205.47 253.81	-902.65 556.50	3.205 2.607	1362411	7.334	0.43	361.94	1.935	-0.264	-861.9	14.598	7.195	0.139
97.241 269.15	/	/	0.423 1.857	1436912	8.602	0.414	366.45	1.968	-0.245	-865.0	14.602	9.286	0.1077
/	/	-507.61 501.50	0.223 1.484	1443302	10.609	0.4229	363.88	1.957	-0.268	-865.35	14.572	8.866	0.112
-46.316 157.07	/	/	0.3835 1.631	1442309	10.624	0.423	363.76	1.967	-0.265	-865.31	14.572	9.700	0.103
/	/	-489.09 496.74	0.522 1.281	1445417	12.007	0.427	362.49	1.960	-0.272	-865.44	14.557	9.500	0.105
-33.151 151.18	/	/	0.584 1.497	1443644	12.038	0.428	362.27	1.966	-0.263	-865.37	14.556	11.23	0.090
/	/	/	1.440 2.440	4122340	7.750	0.370	284.3	1.920	-0.080	-399.74	6.746	16.86	0.0593

80Y

FONCTION DE PRODUCTION DE TYPE NERLLOVE

MODELE	VAR. DEP	CONST	LNA	LNR	LND	LNG	LNU	LNT	LNZ	LNE	LNW
01	YNR	-37.86 191.00	20.62 4.991	8.071 3.844	13.29 19.41	-18.93 20.08	10.52 2.86	-5.86 3.255	-0.191 1.819	-1.015 3.100	-5.045 6.140
02	YNR	11.309 193.61	18.69 4.073	/	9.145 19.66	-23.907 19.882	10.62 2.886	-6.62 3.319	1.135 1.723	-0.853 3.076	-7.437 6.165
03	YNR	-334.44 94.791	18.17 3.873	/	2.147 13.658	/	8.418 2.402	/	0.632 1.683	1.770 2.482	/
04	YNR	-180.73 120.40	18.22 3.965	/	10.931 19.347	-20.94 19.53	10.45 2.855	-6.646 3.200	1.032 1.685	-0.012 2.994	/
05	YNR	-111.501 170.742	19.924 4.0220	/	/	-9.294 13.59	9.326 2.511	/	0.383 1.619	1.206 2.602	/
06	YNR	-52.544 190.23	19.59 4.060	/	/	-12.178 14.308	8.891 2.591	/	0.386 1.633	0.924 2.647	-2.791 3.383
07	YNR	-270.97 177.73	17.050 3.7000	7.10 4.10	/	/	12.90 3.620	3.160 7.190	/	/	/

TAB 6 suite

lnX	lnF	lnK	TIME	SSR	F _{st}	R ²	SER	LOG L	rho	D W	AIC	E _e	E _c
4.439 6.078	-2.896 5.800	-22.86 12.67	0.0524 0.0595	7019.8	8.466	0.469	8.215	-411.45	-0.242	1.982	7.091	1.312	0.761
3.315 6.146	/	-12.455 11.905	-0.0213 0.0426	7347.0	9.225	0.455	8.325	-414.16	-0.226	1.995	7.100	0.911	1.097
/	/	/	0.00017 0.03020	7851.6	14.478	0.441	8.410	-418.12	-0.243	2.002	7.085	3.988	0.250
-2.267 3.967	/	/	-0.0130 0.0415	7499.5	10.831	0.454	8.333	-415.4	-0.256	2.008	7.090	2.610	0.383
/	/	-13.968 11.606	-0.0052 0.03190	7733.1	12.957	0.447	8.384	-417.21	-0.252	1.996	7.087	1.999	0.500
/	/	-15.133 11.783	-0.0206 0.0384	7696.1	11.526	0.445	8.402	-416.93	-0.241	1.988	7.098	1.481	0.675
/	/	-15.22 12.95	0.034 0.046	1390.2	6.650	0.410	5.320	-171.90	-0.100	1.920	2.981	3.383	0.295

1007

TAB N°7

FONCTION DE PRODUCTION DE TYPE TRANCENDANTAL

MODELE	VAR DEP	CONST	LNA	LNR	LND	LNG	LNU	LNT	LNZ	LNE	LNW	LNK
01	lnOG	-151.01 152.83	1.062 0.812	0.974 0.411	-4.119 22.758	19.99 12.54	0.0914 0.218	2.379 0.718	-0.0153 0.149	-0.239	-0.7280 0.7770	0.3717 0.3587
02	lnOG	-58.69 153.56	0.708 0.498	/	-18.318 23.178	19.63 13.088	0.939 0.220	1.902 0.719	-0.0019 0.149	-0.129 0.232	-0.667 0.780	0.3088 0.356
03	lnOG	75.739 121.27	1.006 0.484	/	-19.683 23.168	/	0.169 0.223	2.350 0.688	0.0113 0.150	-0.127 0.234	0.116 0.717	/
04	lnOG	-162.73 70.174	0.625 0.505	/	/	26.046 11.790	0.1705 0.2309	/	-0.0871 0.148	-0.0469 0.2220	/	0.3718 0.267
05	lnOG	56.594 147.92	0.936 0.481	/	-16.989 23.214	/	0.176 0.225	2.250 0.691	-0.0071 0.1507	-0.152 0.234	/	/
06	lnOG	-39.693 156.14	1.071 0.514	/	8.701 24.022	/	0.227 0.241	/	-0.0857 0.158	-0.0107 0.250	/	/

TAB 7 suite

InF	InK	UAS	UASR	EMPD	EMPG	UTS	TIMB	GAZ	EL	TAD	TAG	RD
-0.3122 0.7163	1.389 7.111	-2E-7 2.7E-7	-5.5E-6 3.3E-6	0.00901 0.0416	-0.0172 0.0103	7.2E-8 5.7E-8	-0.0002 4.5E-5	7.6E-7 2.3E-6	1.9E-7 3.6E-7	0.0356 0.0408	-0.0252 0.0148	0.00318 0.01900
/	1.573 7.305	-9.2E-8 1.9E-7	/	0.0347 0.0424	-0.0170 0.01078	6.28E-8 5.85E-8	-0.00014 4.56E-5	1.4E-6 2.3E-6	-1.1E-9 3.6E-7	0.0243 0.0410	-0.0245 0.0143	/
/	/	-1.9E-7 1.9E-7	/	0.0359 0.0424	/	3.3E-8 5.8E-8	-0.0002 4.35E-5	7.17E-7 2.26E-6	1.36E-7 3.63E-7	-0.0130 0.0385	/	/
/	/	-3.4E-8 1.93E-7	/	/	-0.0216 0.00973	3.55E-8 5.9E-8	/	1.87E-6 2.26E-6	1.52E-7 3.28E-7	/	-0.0271 0.0136	/
/	0.643 7.152	-1.5E-7 1.8E-7	/	0.0308 0.0424	/	3.8E-8 5.9E-8	-0.0002 4.4E-5	9.48E-7 2.32E-6	1.85E-7 3.64E-7	/	/	/
/	-1.409 7.597	-1.7E-7 1.93E-7	/	-0.0156 0.0439	/	1.67E-8 6.28E-8	/	1.61E-6 2.44E-6	2.60E-7 3.88E-7	/	/	/

148

TAB 7 suite

PM	TIME	SSR	F _{st}	R ²	S E R	log L	rho	D W	AIC	E.E	E _{ec}	
-8.8E-6 3.41E-5	0.00257 0.00202	6.454	6.30	0.538	0.264	4.546	-0.330	1.988	0.357	21.931	0.0456	
-8 E-6 3.1E-5	-0.00037 0.00145	7.230	6.468	0.504	0.274	-2.195	-0.304	2.005	0.403	9.146	0.1093	
/	0.00071 0.00123	7.812	8.268	0.496	0.276	-6.812	-0.235	1.980	0.380	-9.4405	-0.106	
/	0.00037 0.00132	8.707	7.881	0.449	0.289	-13.264	-0.300	2.016	0.454	22.81	0.044	
-3.5E-6 3.43E-5	0.00133 0.00110	7.884	8.135	0.491	0.278	-7.357	-0.238	1.978	0.389	-6.623	-0.1509	
4.64E-6 3.65E-5	-3.9E-5 0.00112	9.272	6.948	0.413	0.298	-17.007	-0.254	1.996	0.516	6.536	0.153	

649

TAB N°8

LA FONCTION DE PRODUCTION DE TYPE CES

MODELE	VAR DEP	TIME		UAS	UASR	UTS	TIMB	GZ	EL	EMPD	TAD
		λ_1	λ_2								
01	OG	-7.795 0.519	0.942 0.224	0.02015 36.875	0.9979 0.138	0.00122 0.00114	-0.461 1.384	2.6294 1231.6	3.3522 34.382	/	/
02	OG	-7.4301 0.3167	0.9873 0.0586	-9.3008 4068854	-0.952 431.80	-0.0003 0.00118	-0.932 1.474	/	/	-0.074 36820.1	0.1538 144.710
03	OG	-7.464 0.266	0.9924 0.0371	3.704 77.37	-0.0003 0.00103	/	/	-1.0893 1.5479	-0.4857 17.231	/	/
04	OG	-7.734	0.9389	0.00312	0.00122	-0.4433	3.7759	/	/	/	/

MODEL	VAR DEP	TIME		/	/	UTS	PM	GAZ	EL	/	/
		λ_1	λ_2								
05	OG	-5.425 0.762	0.2454 8.8717	/	/	0.9643 0.177	-0.0026 0.00111	-2.544 104.306	1.79007 2.202	/	/

00Y

TAB 8 suite

SSR	R ²	F _{st}	S E R	LOG L	D W	AIC	E _e	E _c				
1476157	0.456	13.431	363.042	-873.47	2.492	14.691	1	1				
1666902	0.386	10.063	385.785	-880.76	2.300	14.812	1	1				
1669342	0.385	14.286	382.66	-880.85	2.299	14.770	1	1				
1669342	0.385	14.286	382.66	-880.85	2.299	14.780	1	1				

904

2072815	0.236	7.067	426.41	-893.84	2.298	14.990	1	1				
---------	-------	-------	--------	---------	-------	--------	---	---	--	--	--	--

23-Dates de mise en service des Machines (82-92)

SECTION	*	DESIGNATION	DATES DE FONCTIONNEMENT
200	*	perceuse	* 12 12 82
124	*	tailleuse	* 15 12 82
230	*	polieuse	* =====
230	*	tour parallel	* =====
120	*	aleseuse	* 05 02 83
230	*	tronçonneuse	* 19 02 83
105	*	perceuse aleseuse	* 05 02 83
125	*	rectifieuse	* =====
201	*	affuteuse	* 24 04 84
102	*	scie	* 14 02 84
102	*	scie	* =====
101	*	fraiseuse verticale	* 30 01 84
102	*	tour/CN	* 24 04 84
103	*	tour/CN	* 26 03 84
122	*	fraiseuse	* 02 04 85
123	*	aleseuse	* =====
130	*	ales/frais CN	* =====
131	*	tour/CN	* =====
131	*	=====	* =====
101	*	=====	* 12 07 87
101	*	tour	* =====
101	*	tour/CN	* =====
101	*	=====	* =====
101	*	=====	* =====
101	*	tour	* =====
200	*	fraiseuse	* 21 03 87
102	*	scie	* 14 02 89
...	*	perceuse multi-broches	* 03 04 89
...	*	tour Bi-broches	* 13 03 89
...	*	=====	* =====
...	*	tour C/N	* 01 09 90

MB

TAUX MARGINAUX DE SUBSTITUTION

Modele cobb-douglas de production (8)

	UTS	TIMB	GZ	EL
UAS	-0.361	+76.5	-2.13	-0.335
UTS	*	+211.7	-5.88	-0.930
GZ	*	*	*	-0.335

Modele cobb-douglas de production (9) tab 1

	UTS	GZ	EL
UAS	-0.312	-1.33	-0.370
UTS	*	-4.25	-1.175
GZ	*	*	-0.276

Modele cobb-douglas de production (5) tab 2

	UTS	TIMB	GZ	EL
UAS	-0.337	+80.50	-2.07	-0.13
UTS	*	+238	-6.12	-0.38
GZ	*	*	*	-0.063

tab 3

Modele cobb-douglas de production (7)

	UTS	EMPD	TIMB	GZ	EL	TAD
UAS	-0.345	+860	+103	-2.73	-0.355	*
UTS	*	+2491	+299	-7.89	-1.03	*
EMPD	*	*	-0.12	+0.003	+0.004	78
GZ	*	*	*	*	-0.13	

tab 4

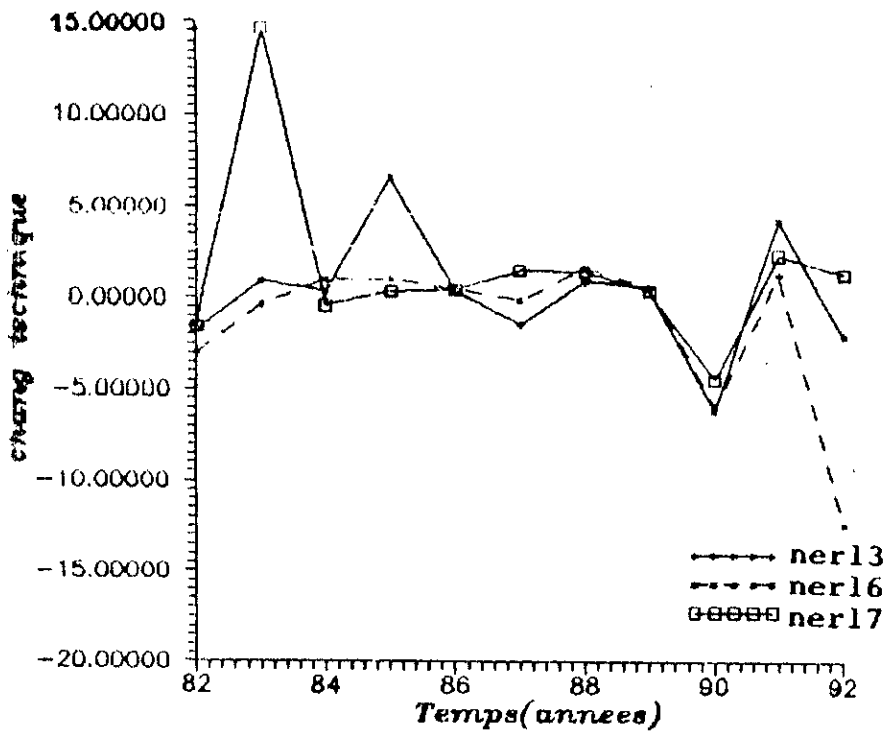
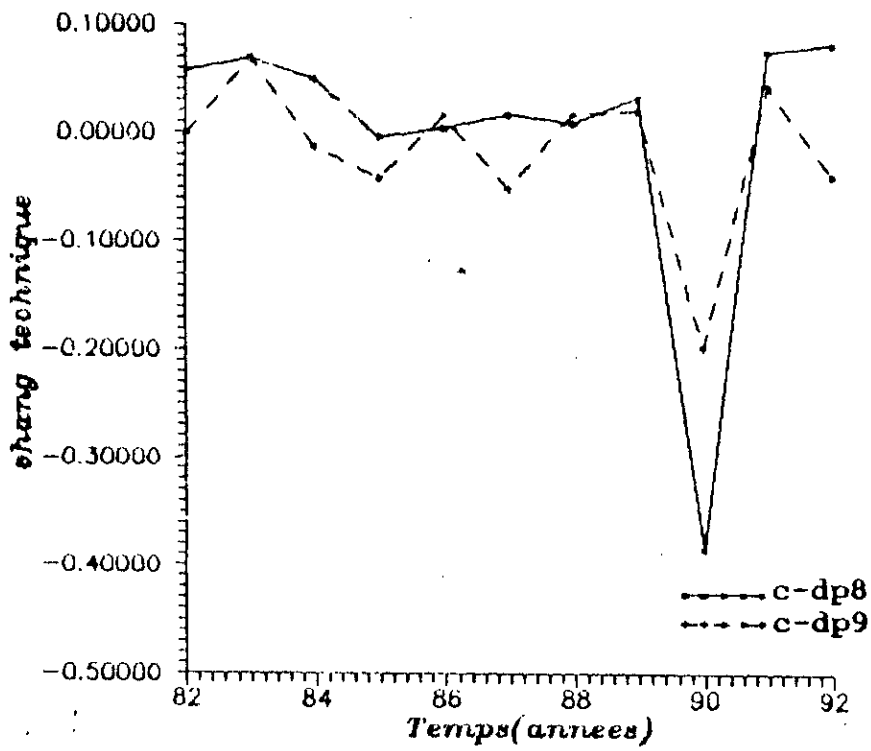
Modele translog (4)

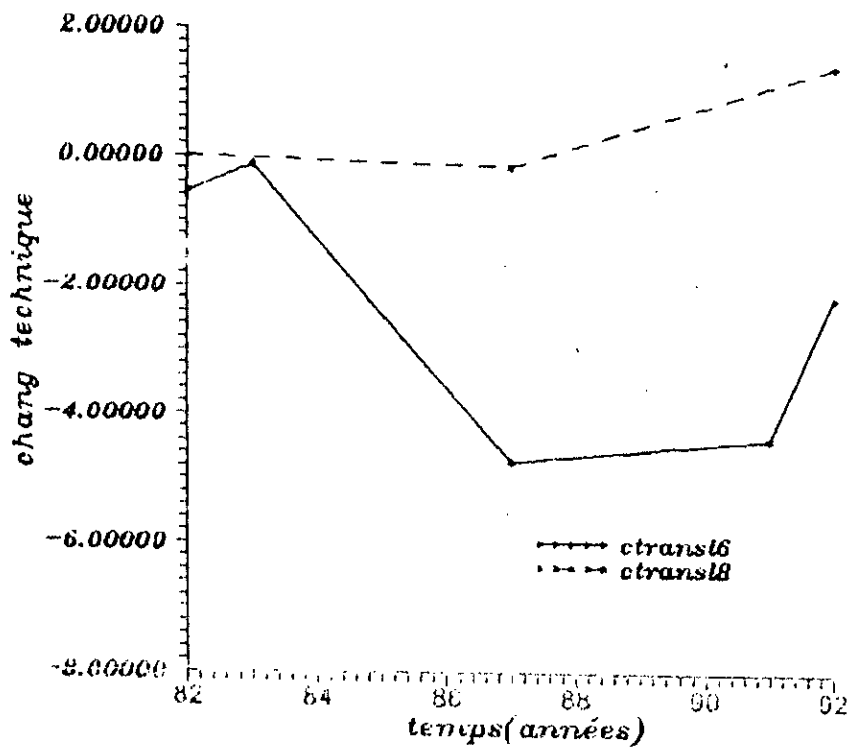
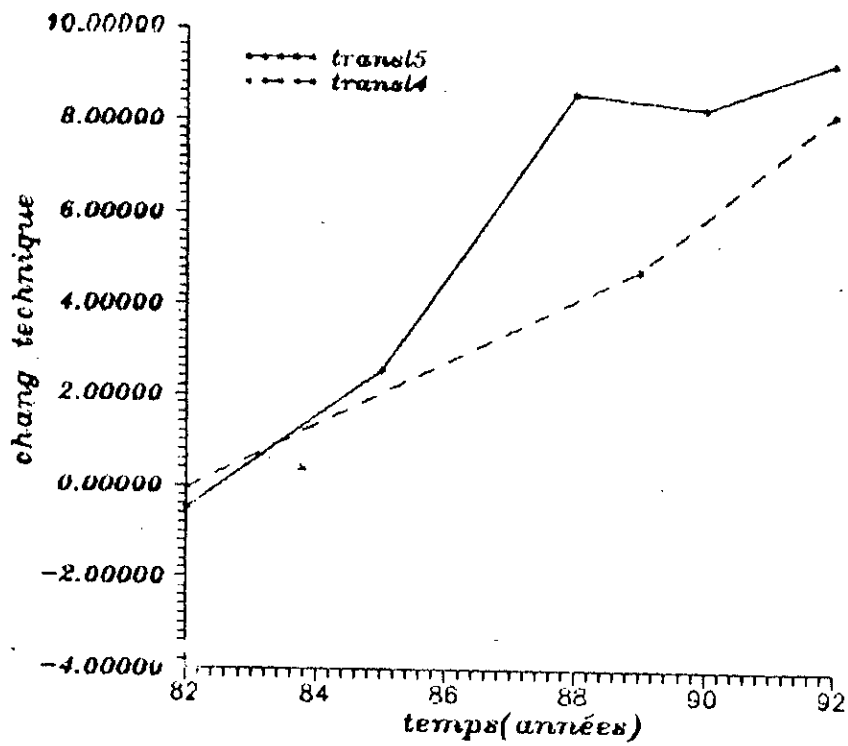
	UTS	EL
UAS	-5.823	-86.3
UTS	*	-14.82

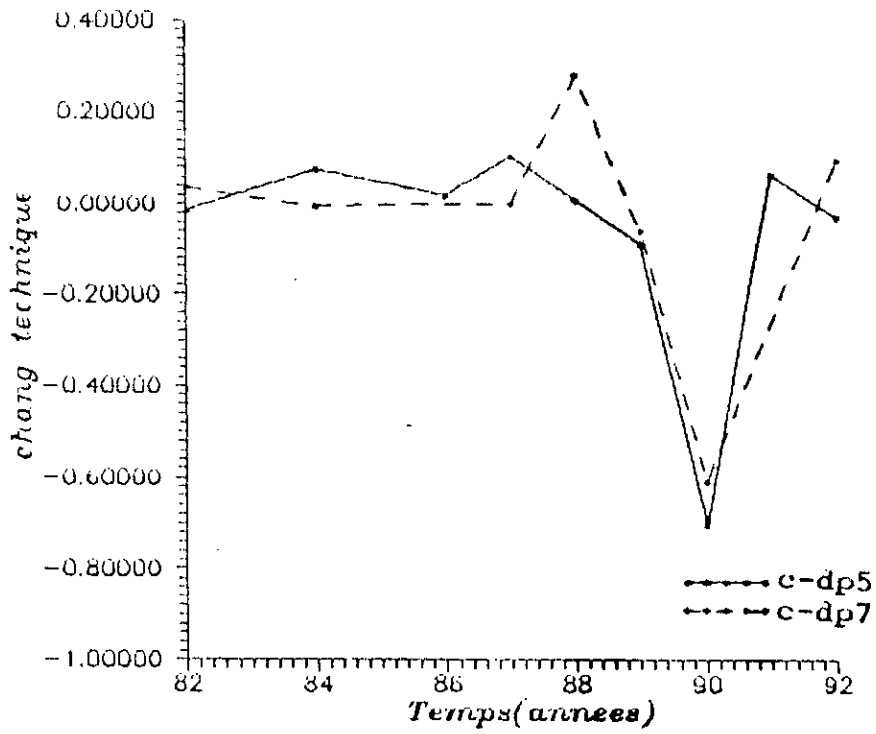
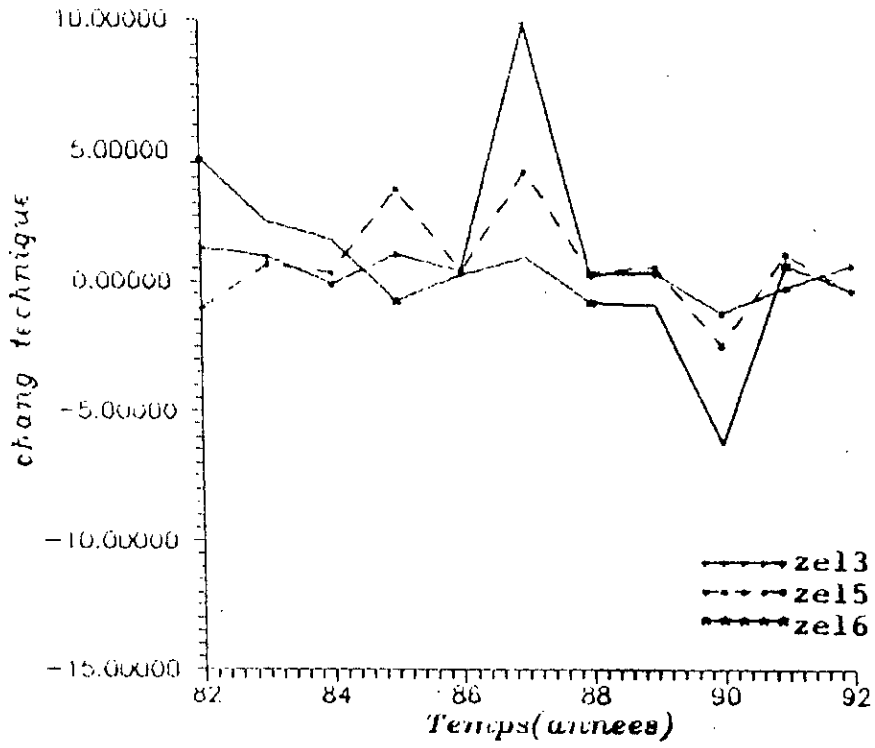
tab 5

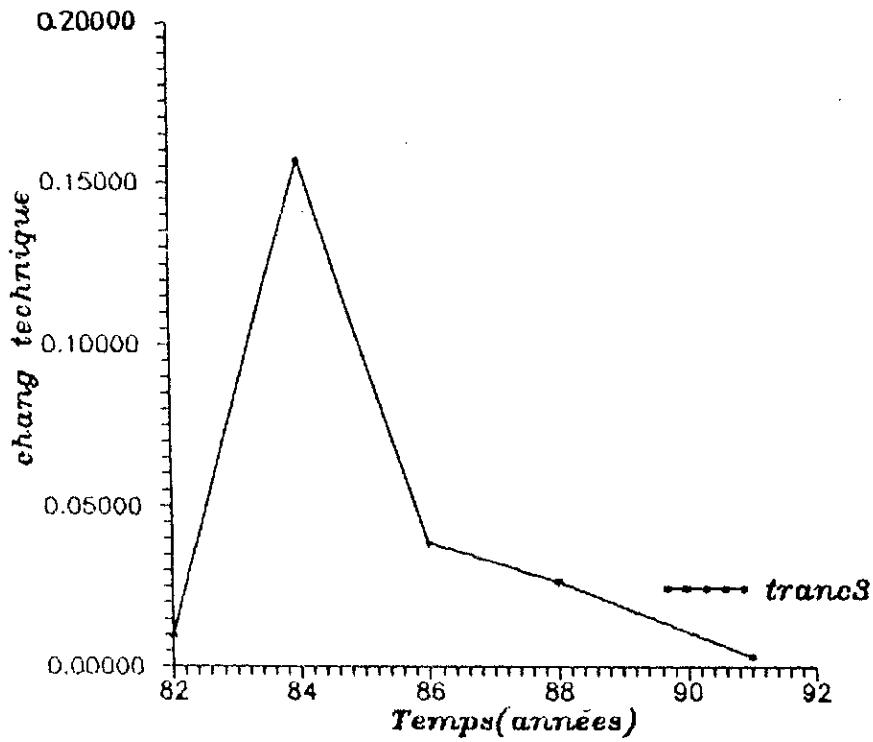
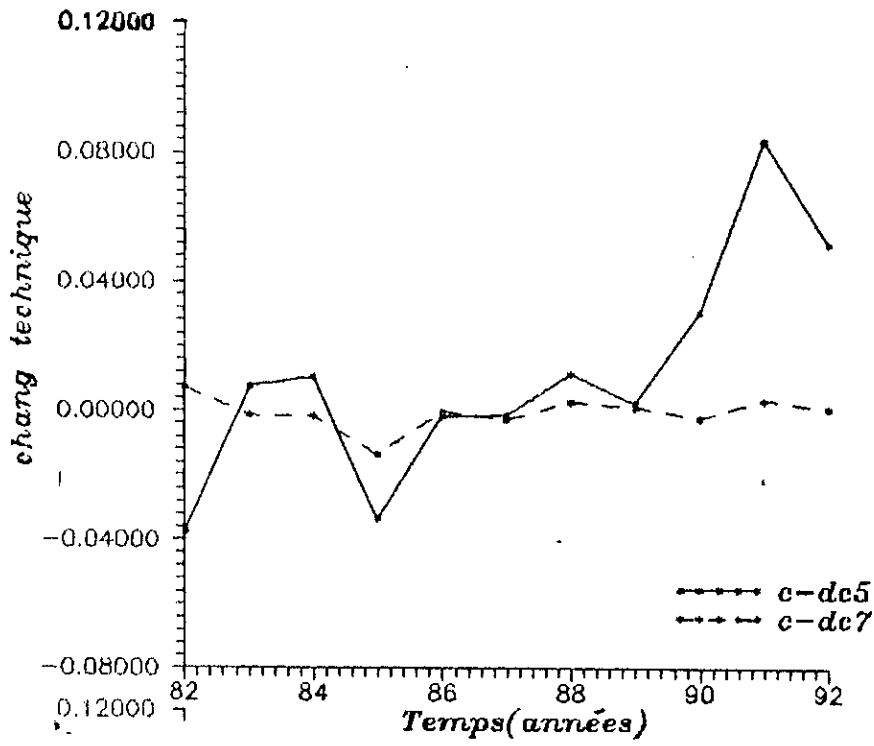
Modele translog (5):

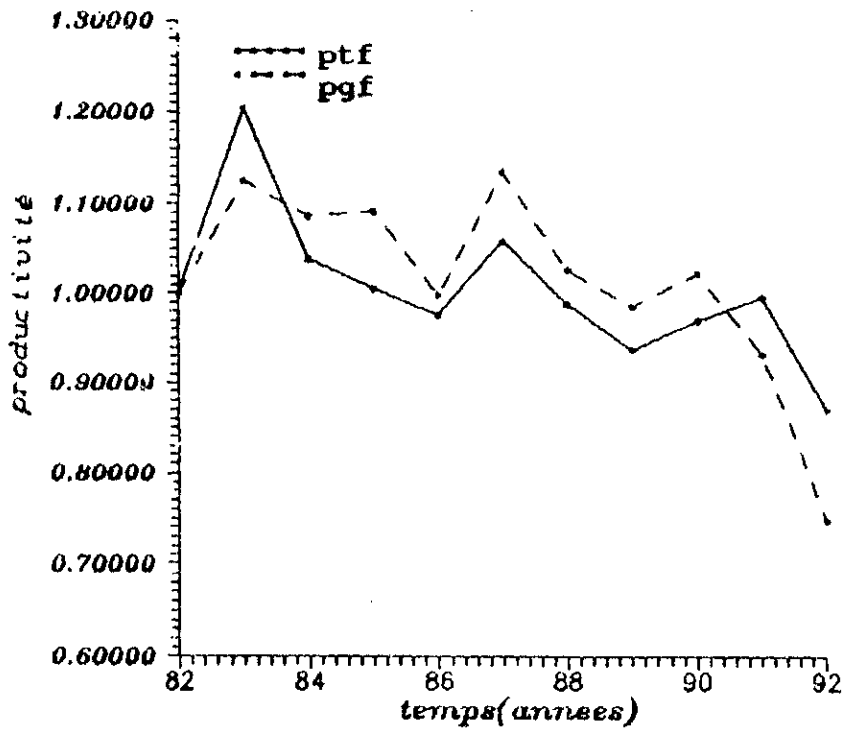
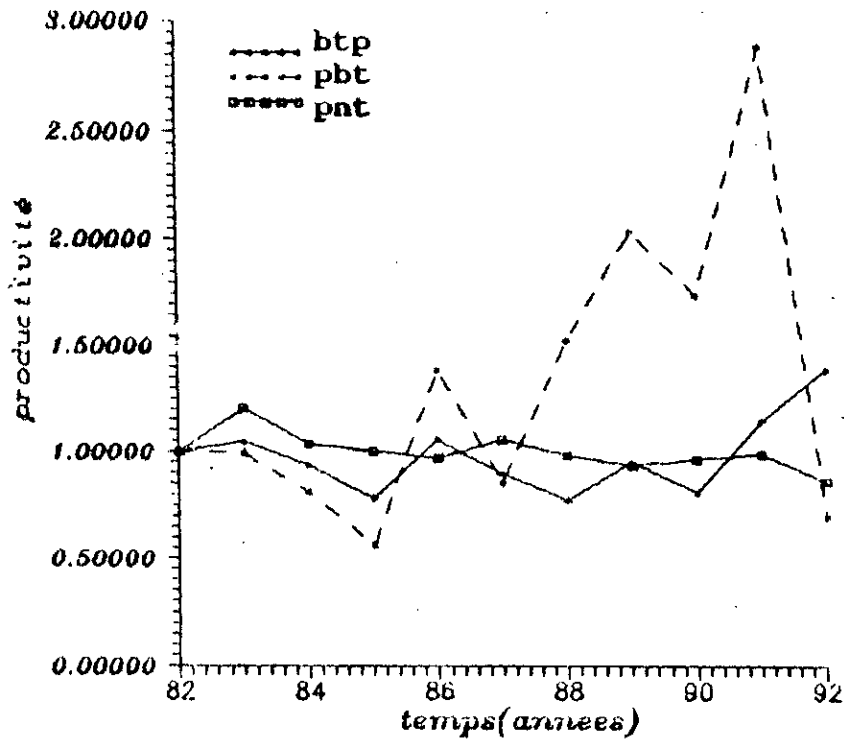
MRTS (UAS.UTS)=5.820

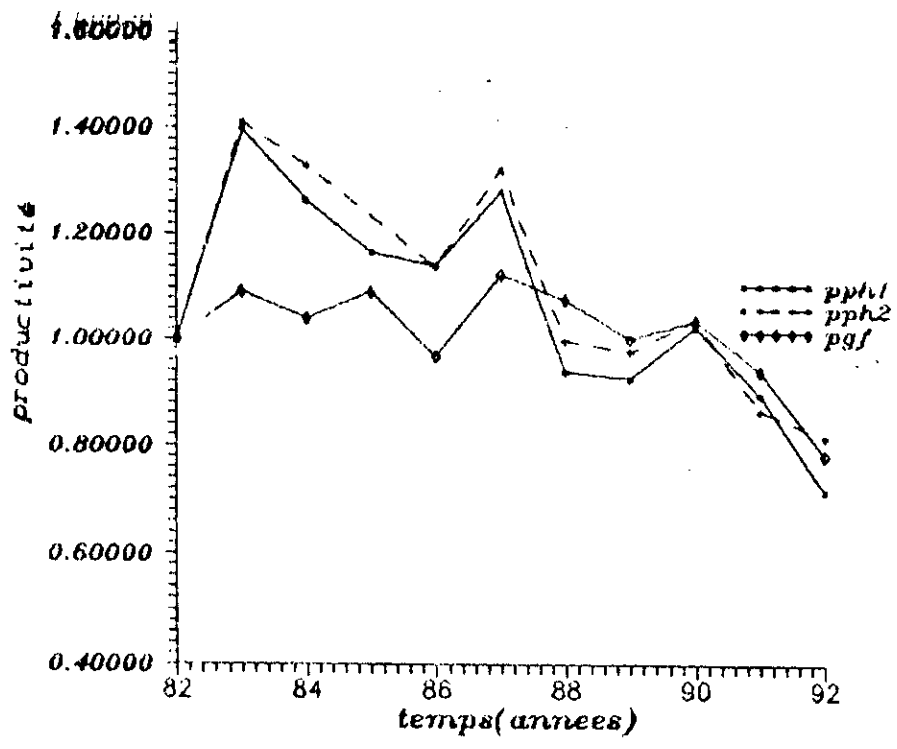




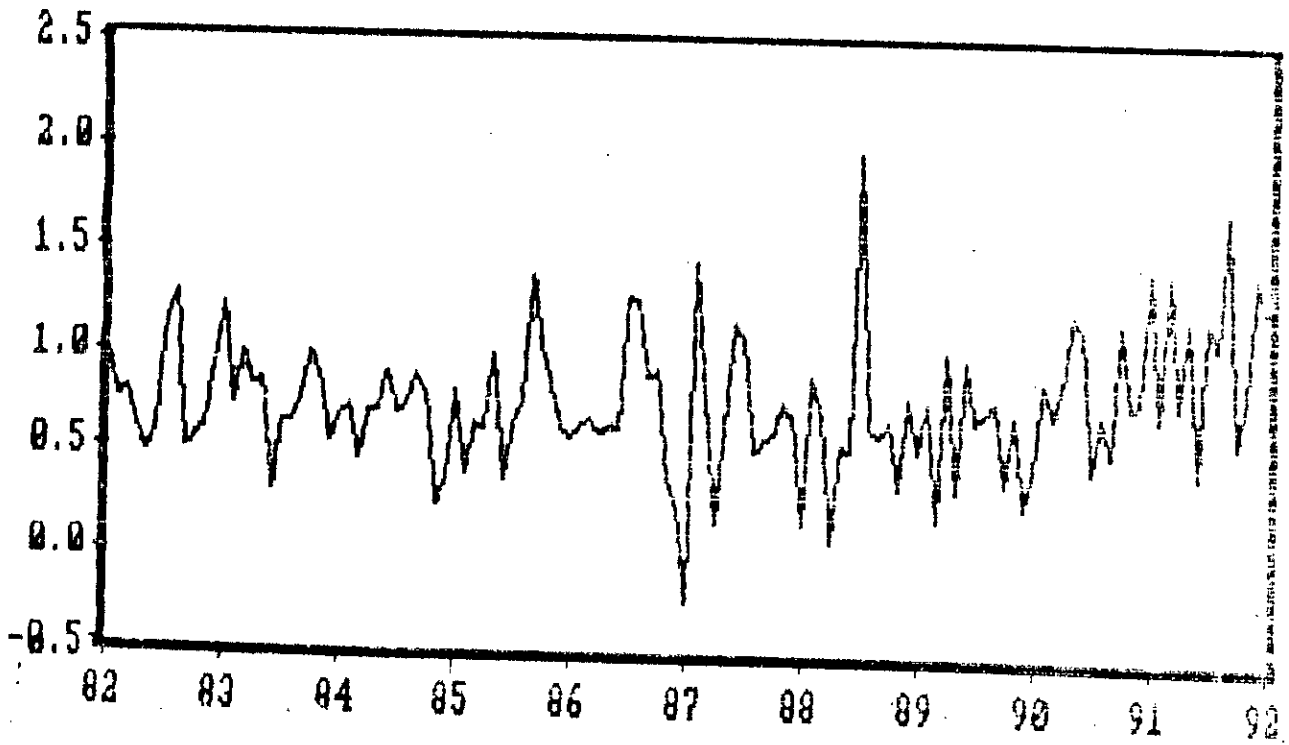




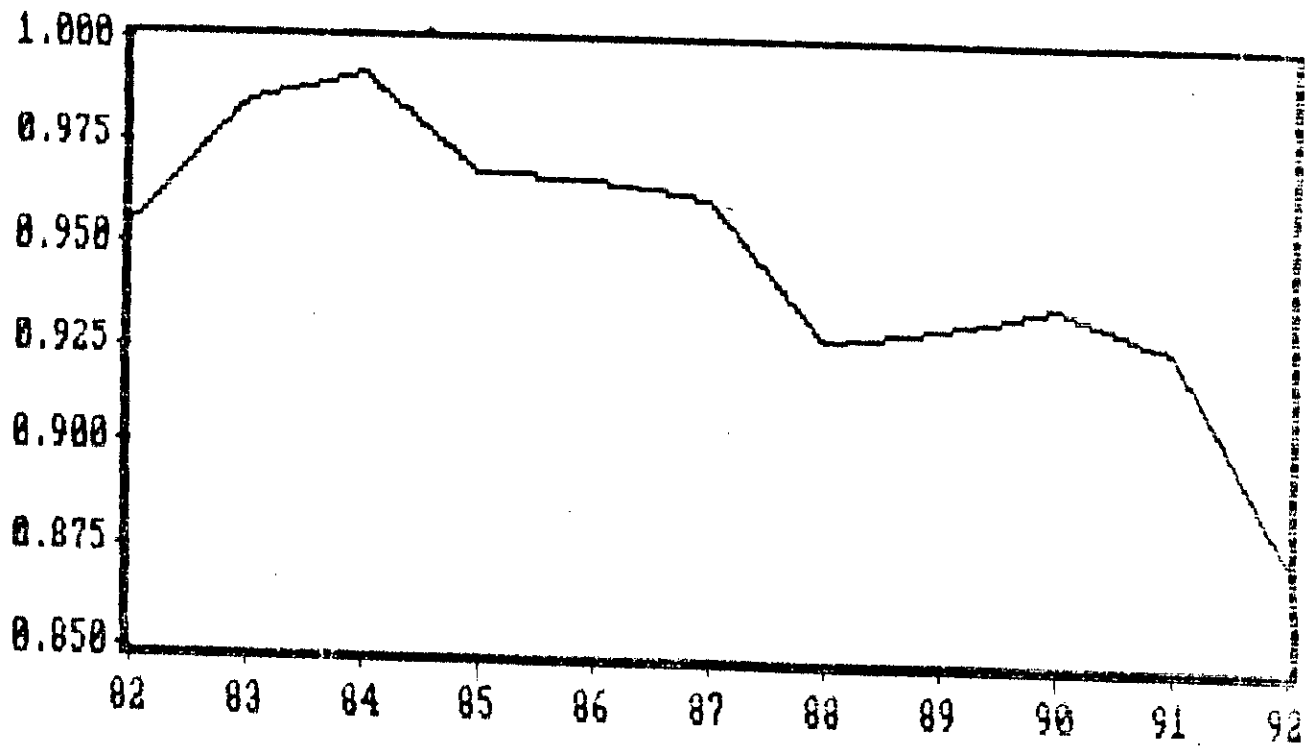




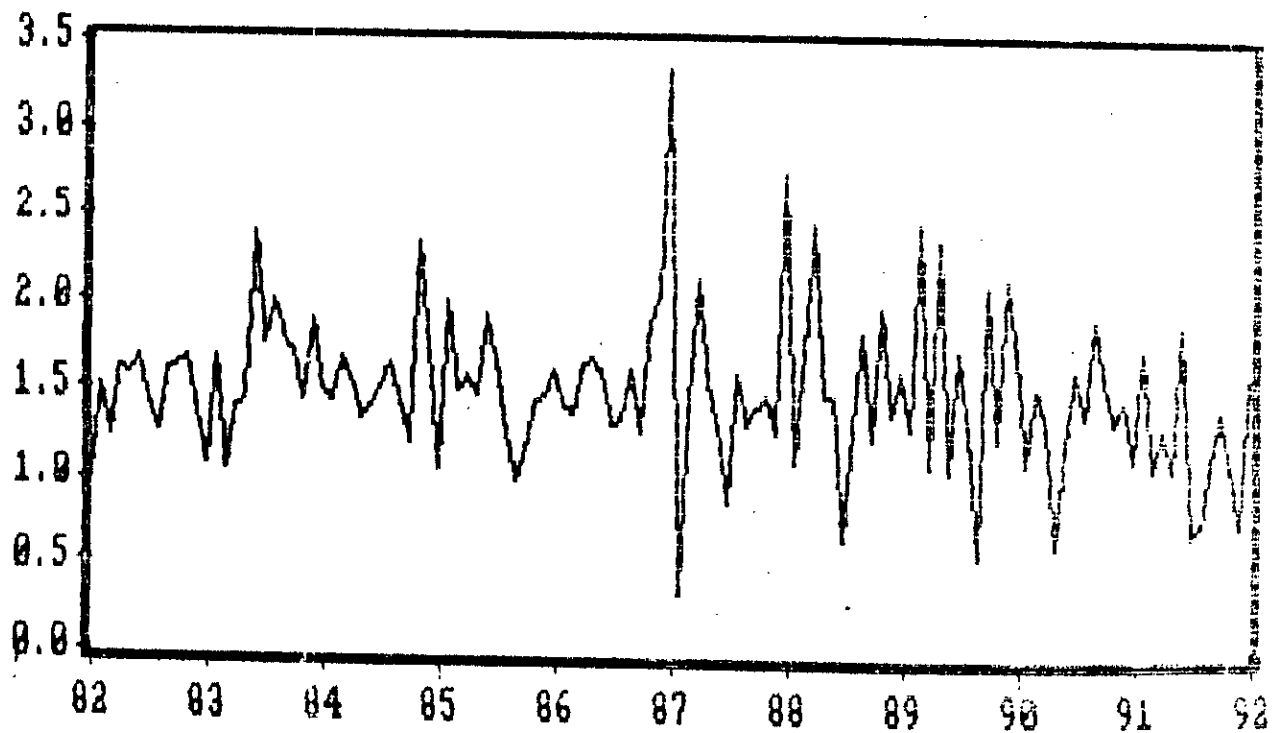
pnf: production nette du travail



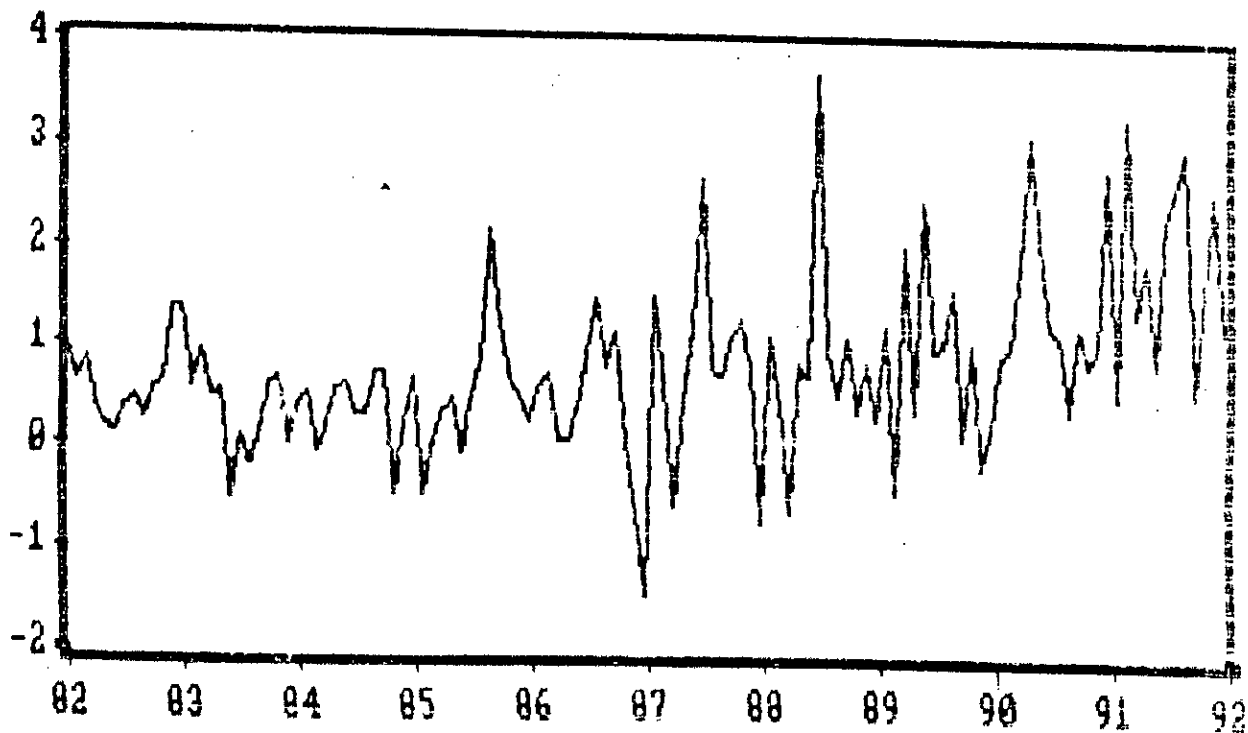
indice de division (division-indexe)



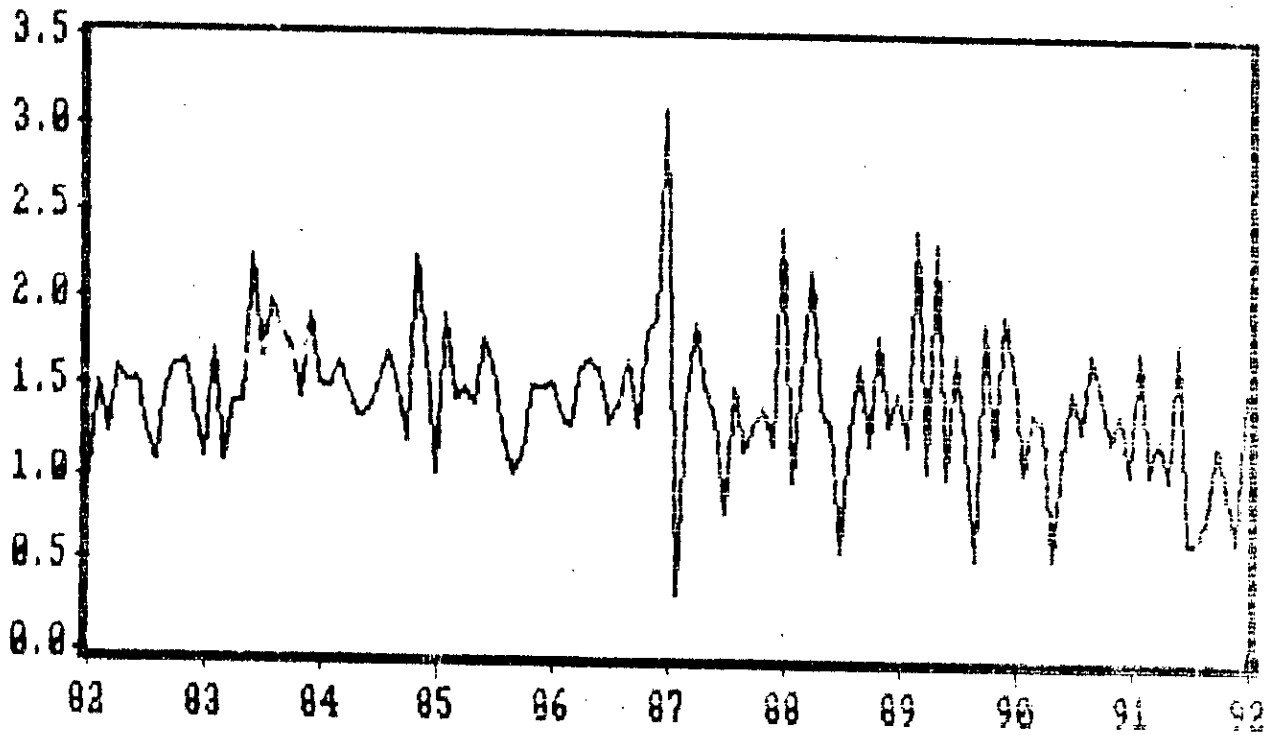
pgf:productivite globale des facteurs



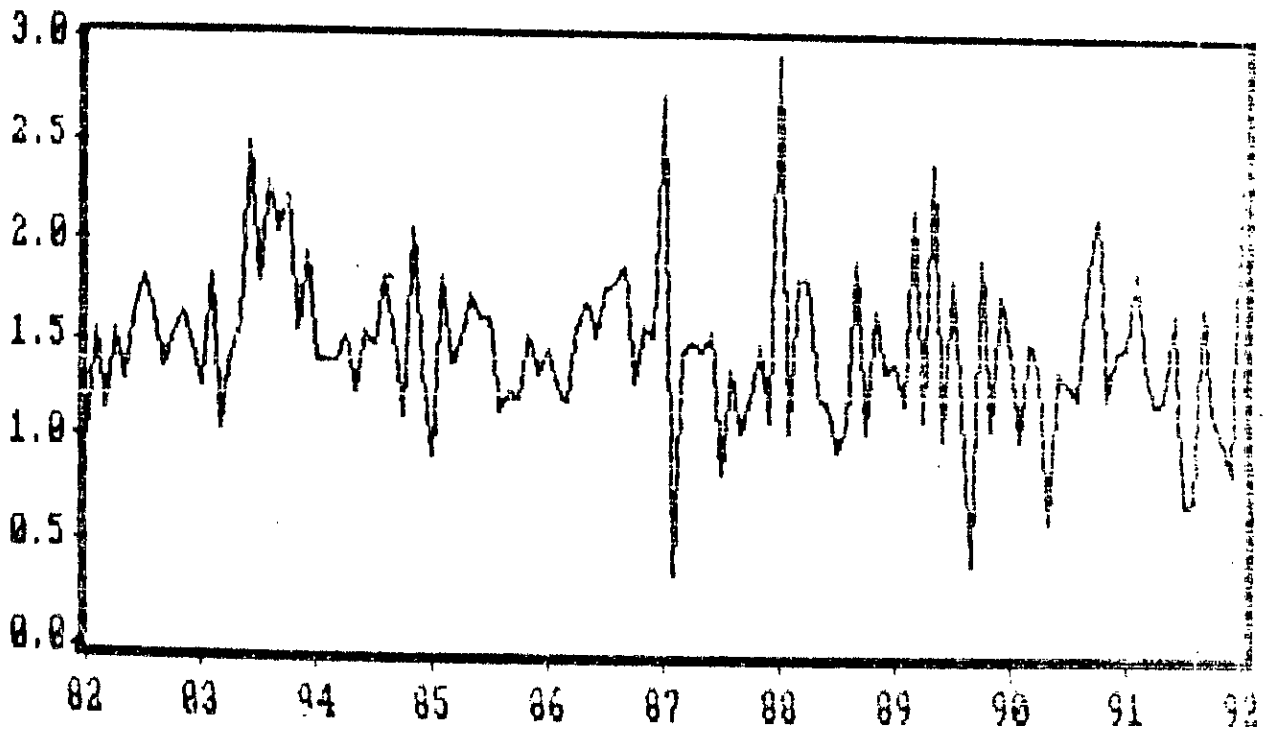
ptf:productivite totale des facteurs



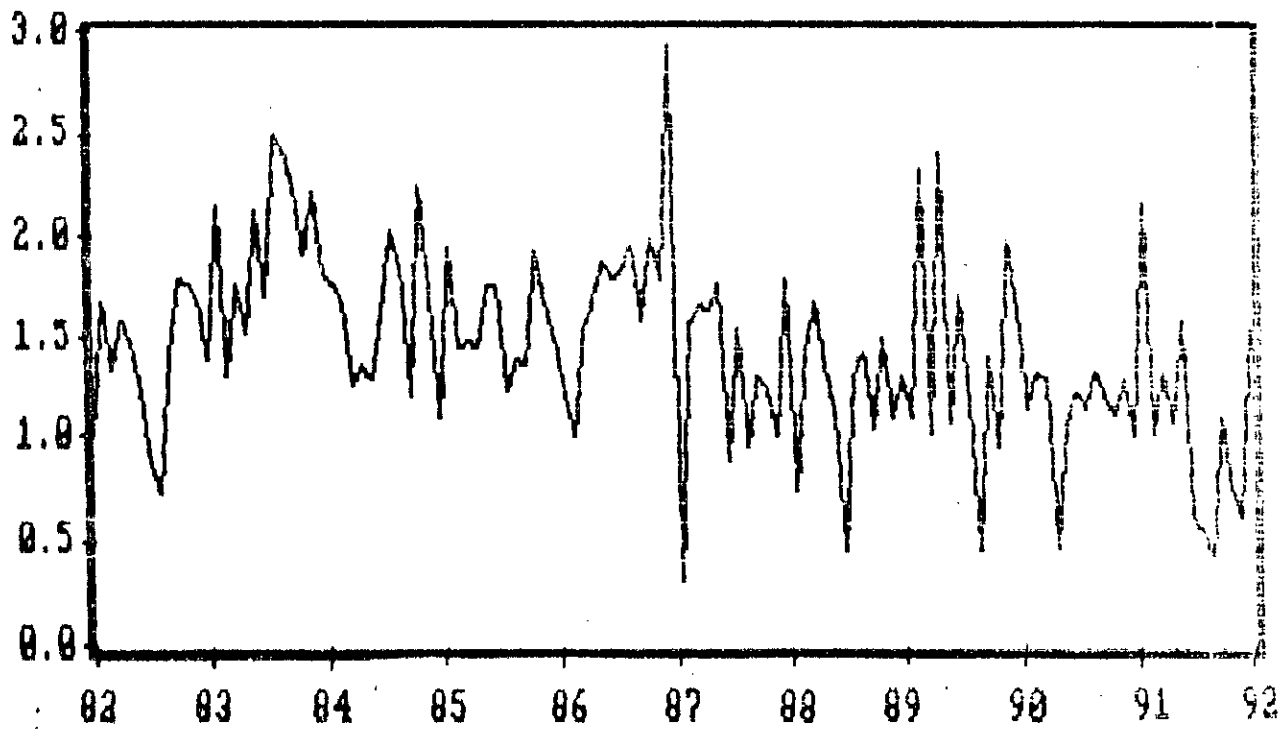
btp: productivite totale (craig_harris)



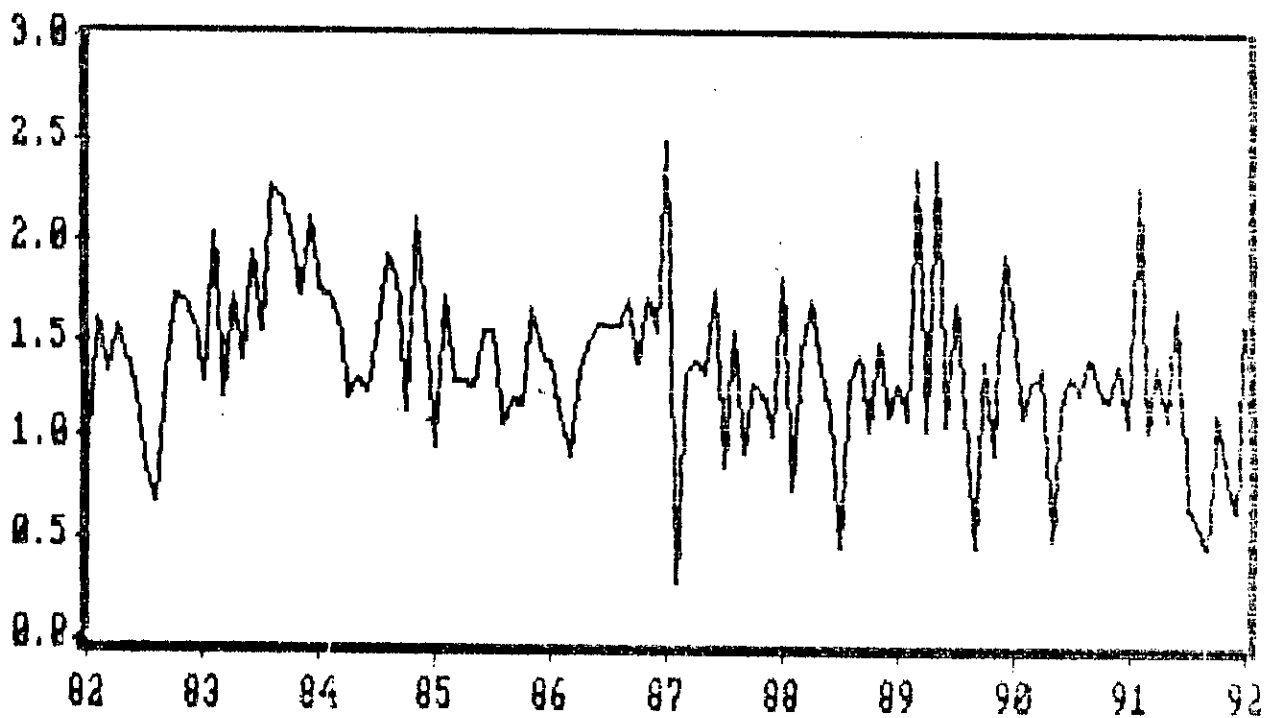
pbt: productivite brute du travail

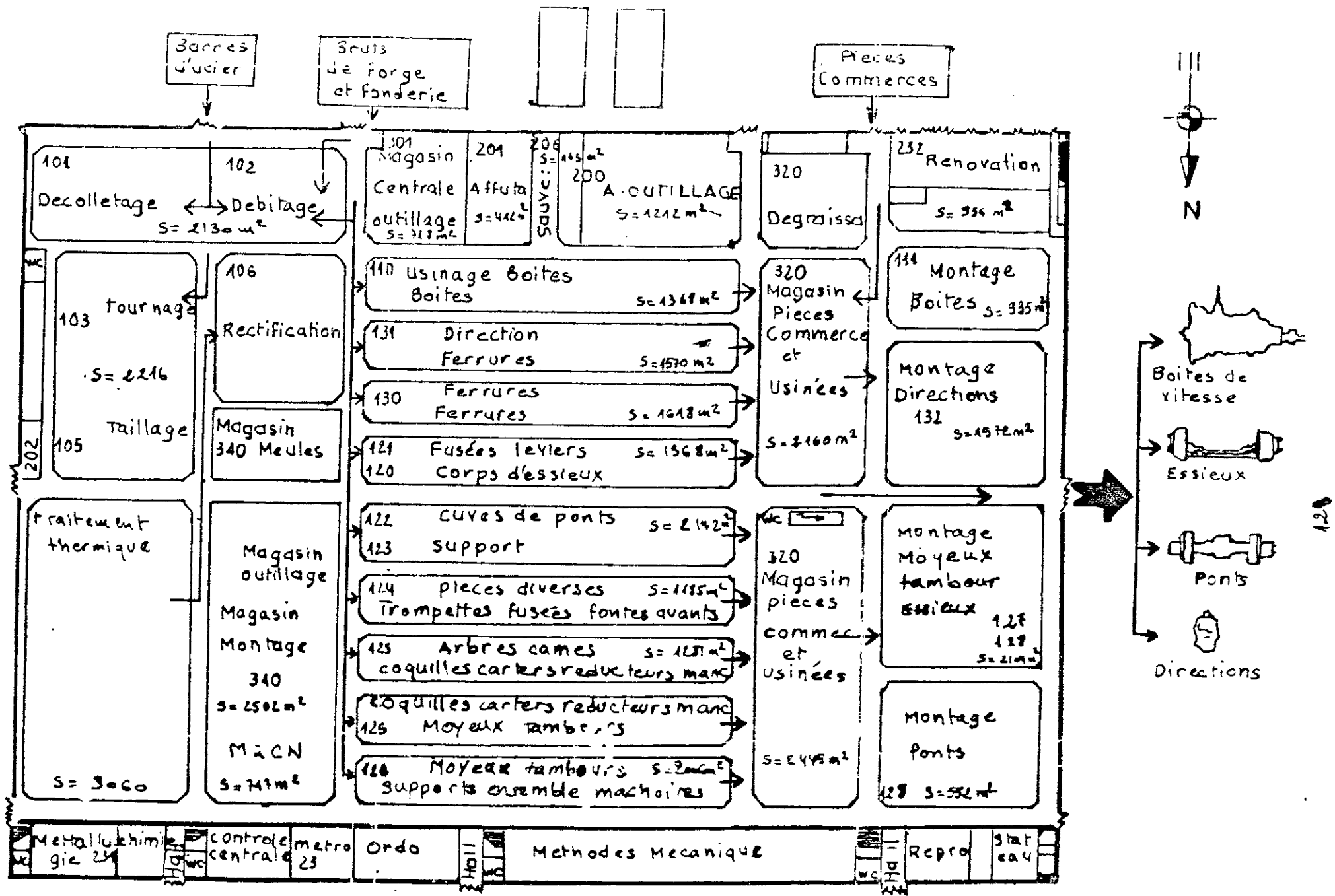


pph1:production par ouvrier direct



pph2:production par personnel global





ANNEXE N° 4

SCHEMA SIMPLIFIE DU CENTRE MECANIQUE

BIBLIOGRAPHIE

- [1] ANNE O Krueger and Baran Tuncer, 1980, " Estimating total factor productivity growth in a developing country", Working paper N°422 , (development economics département university of Bradford) .
- [2] CATHERINE J. NORRISON, 1986, "Productivity measurement with non-static expectation and varying capacity utilization", Journal of économétric, (P51 - 75).
- [3] CHARLES E. PHELPS and Joseph P New, "coinsurance the price of time and the demand for medical service, RES 1973, (P : 334 342) .
- [4] DAVID F Heathfield and Ören wibe , An introduction to cost and production function, (Macmillan éducation TD) .
- [5] DAVID J. SUMANTH . 1984, Productivity enginnering and management.
- [6] DIEWERT. W. E, 1981, " the théory of total factor productivity measurement in regulated industrie , in : T : couring and R. Stervenson , eds , (Academic, Press, Newyork)
- [7] DEAN C. MOUNTAIN , 1986 , " Economics of scale versus technological change : An aggregate production function for Switzerlan , review of economics and statistics
- [8] DONALD MITCHELLE SMITH, 1974, " REGIONAL GROWTH : inderstate and intersectoral factor realocations ", Review of économics and

statistics, (P353, 359) .

[9] ERNEST R. BERNADT, 1986, Productivity measurement with adjustment for variations in capacity utilization and other forms of temporary equilibrium, journal of économetrics (P: 7-29)

[10] ERNEST R. BERNDT and DAVID O. WOOD , technologie , prices , and the derived demand for energy, R.E.S, 1975, P25 .

[11] GIDEON FISHELSON , 1974, Relative shares of labor and capital in agriculture : A subarid area 1952-1969; review of économics and statistics, (P348 - 352) .

[12] H.T. Burley 1973 " Production function for Australian manufacturing industries , Review of économics and statistics . (p 118-122)

[13] J.M. ANTHE, 1986, Production with technological change , Journal of économetric , p(220 - 235) .

[14] JENE K KWON, 1985, " capital utilization , économics of scales and technical change in the growth of total factor productivity " Journal of development économics (p75-89) .

[15] J. JOHNSTON, 1984, Econométric Méthods , Mac Graw-Hill international éditions (P 330- 337) .

[16] JULIAN SIMON , RES , 1975, the positive effect of population growth on agricultural saving in irrigation system, (p 71 79).

- [17] KENNETH F. WALLIS, 1974, Topics in Applied économetrics lectures in economics, 5 (Gray-Mills Publishing LTD) ; (p25-62) .
- [18] KENNETH J. Arrow and michael D. intriligator, handbook of mathematical économics , vol2, Elsevier Science publisher B.V, 1982 (p 431, 490) .
- [19] LAURITS R. Christensen, Dale w. jorgenson and laurence j. lau 1973 , "TRANSCENDENTAL logarithmic production frontiers" (Review of économics and statistic (P28 - 45) .
- [20] MARK SHANKERMAN and M. ISHAQ NADIRI, 1986 , "A test of static équilibrium models and rates of return to quasi-fixed factor, with an application to the bell system " Journal of économetric (p97,118) .
- [21] MICHAEL HAZILLA and REYMOND J. KOPP, 1986, "Testing for separable structure using temporary équilibrium models , journal of économetrics (p119-141) .
- [22] MICHAEL D. intriligator 1978, Econometric models , techniques and applications, PRENTICE-HALL, (p 251- 298) and (p: 562- 568) .
- [23] PADMA DESAI, the soviet economy problem and prospects , Basil Black well - Oxford 1987 (p78-98)
- [24] PETER GUSEN and John M. Vernon "technical change and firm size : the pharmaceutical industry , review of Economics and statistics (p108- 294), 1974 .

[26] ROBERT.G.CHAMBERS, 1988, "Applied Production Analysis a dual approach", CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS .

[27] ROYER D.BLAIR AND John craft,1974,"estimation of elasticity of substitution in American manufacturing industry from pooled cross-section time serie observations", Review of economics and statistics (p 343-347) .

[28] R.HULTEN, 1986 "Productivity change" , capital utilization and the serves of efficiency growth "journal of econometric " (p31-50)

[29] R.W. LATHAN AND D.A PEEL,adjustements costs and short-run returns to labour, review of economic and statistic 1974 (p 393-396) .

[30] wayne C.tuner : introduction to industriel and systemes engineering prentice - hall INC p(135-163) 1978

[31] E.SLADE "Total factor productivity measurement when equilibrium in temporary a monte-carlo assessment"
journal of econometrics,1986 (p75-95)