

**UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA – BEJAIA**

Faculté Des Sciences Economiques, Commerciales et des Sciences de  
Gestion

Département : Sciences économiques

Mémoire Préparé en vue de l'Obtention du Diplôme de Master en  
Économie Appliquée et Ingénierie Financière

**T H E M E**

**La gestion budgétaire à base d'une modélisation  
statistique des ventes**

**Cas de : la SARL Tchin – Lait / Candia - Béjaia**

**Réalisé par :**

**M<sup>elle</sup> FOUNAS** Nesrine

**M<sup>elle</sup> GANA** Kahina

**Encadré par :**

**M<sup>r</sup> HIDRA** Younes

**Soutenu publiquement devant les jury composé de :**

Président : M<sup>r</sup> Manaa

Examineur : M<sup>r</sup> Boughani

Encadreur : M<sup>r</sup> Hidra younes

**Promotion 2012 - 2013**

# DÉDICACES

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mes très chers parents qui me donnent l'espoir et la lumière de mes démarches, je leur témoigne mon respect, ma profonde gratitude et beaucoup de reconnaissance pour tout ce qu'ils ont fait pour moi et à qui je ne rendrais jamais assez.*

*A mes très chers frères Adel et Djamel*

*A ma chère unique sœur Yasmine*

*A tous mes amis que j'aime énormément et aux quels je souhaite un très bon avenir*

*A mon binôme Kahina*

*Nesrine. F*

# DÉDICACES

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mes très chers parents qui me donnent l'espoir et la lumière de mes démarches, je leur témoigne mon respect, ma profonde gratitude et beaucoup de reconnaissance pour tout ce qu'ils ont fait pour moi et à qui je ne rendrais jamais assez.*

*A mes très chers frères Ali, Madjid et Massi*

*A tous mes amis que j'aime énormément et aux quels je souhaite un très bon avenir*

*A mon binôme Nesrine*

*Kahina. G*

# REMERCIEMENTS

*Nous tenons à remercier nos parents qui nous ont soutenus dans toute la vie et notamment pour la réussite de nos études, comme nous remercions beaucoup Mr HIDRA, pour sa générosité et son soutien, afin de mener à bien cette étude.*

*Nous remercions le président de jury et les examinateurs d'avoir acceptés d'évaluer notre travail.*

*Nous remercions tous nos enseignants*

*Nous remercions aussi tout le personnel de Tchir-lait citant :*

*Mr MADAOUI et Mr CHEMENI.*

*MERCI INFINIMENT*

## Liste des abréviations

AC : Autocorrélation.

ACF: Fonction d'autocorrelation.

AIC: Critère d'information d'Akaike.

Ap : activité préétabli de la production constatée  $Q_p \times C_p$ .

AR(p) : Processus Autoregressif d'ordre p.

ARMA: Processus Autoregressif et Moyenne mobile.

ARIMA: Processus Autoregressif et Moyenne mobile avec tendance.

CA : chiffre d'affaires.

Cc : le coût constaté unitaire.

CFp : le coût fixe préétabli.

cl : centilitre.

Cp : le coût préétabli unitaire.

CVp : le coût variable préétabli.

DA : Dinar algérien.

DS: Difference Stationary.

E/CA : écart sur chiffre d'affaires.

E/Q : écart sur quantité.

E/P : écart sur prix.

g : gramme.

MA(q) : Moyenne mobile d'ordre q.

PAC : Autocorrélation partielle.

PACF : Fonction d'autocorrelation partielle.

Pc : la production constaté en nombre de produit

P<sub>s</sub> : prix standard

P<sub>r</sub> : prix réel

Q<sub>r</sub> : quantité réelle

Q<sub>s</sub> : quantité standard

Qc : quantité de facteur nécessaire par produit fabriqué constaté.

SARIMA : processus autorégressif et moyenne mobile avec une tendance et saisonnalité.

SARL : Société à responsabilité limité.

TS: Trend Stationary.

## **Introduction générale**

Chaque entreprise cherche à réaliser des bénéfices qui nécessite une gestion budgétaire efficace dans le but est de permettre aux dirigeants de prendre un certain nombre de décisions assurant la bonne marche et la continuité de leurs activités, la gestion budgétaire occupe une place primordiale dans la vie des entreprises car elle se fait à tous les niveaux de l'entreprise. Elle consiste à optimiser l'utilisation des ressources pour dégager le maximum de profit.

De plus, elle permet une gestion décentralisée en rendant possible la délégation des pouvoirs, chaque responsable de centre se voit allouer des ressources et des objectifs à respecter. La gestion budgétaire permet d'établir des prévisions et le dégageant des écarts entre réalisations et prévisions afin de détecter les dysfonctionnements, repérer les corrélations nécessaires, dans le but de réaliser aux différents niveaux de l'entreprise l'équilibre idéal, et de mettre en mesure de la direction de prévoir les événements au lieu de les subir. Donc, elle correspond à une vision de technicienne du contrôle de gestion qui est considérée comme l'outil de gestion le plus adéquat dans le processus de planification des activités de l'entreprise. De nombreuses critiques ont été émises depuis longtemps par les théoriciens du contrôle. Elles concernent, toutes à la fois, la capacité à faire des prévisions justes et pertinentes, la possibilité de réaliser un contrôle objectif et équitable ou portent encore sur les conflits entre les rôles attribués au contrôle budgétaire.

La gestion budgétaire commence par l'étude de budget des équipes de base qui prend en compte les objectifs de l'entreprise, les contraintes internes et externes et des données des budgets situés en amont. Cela peut être réalisé, on valorisant le calcul des prévisions qui est la phase de budgétisation comportant une affectation des ressources liées à une assignation des responsabilités pour atteindre les objectifs déterminés par l'entreprise ; mais c'est insuffisant pour améliorer la performance de l'entreprise. En effet, elle doit mettre en œuvre un système de contrôle de gestion qui vise à s'assurer de la conformité des actions et des décisions avec l'objectif de l'organisation.

Par contre, il est normal de réajuster le budget en fonction de certaines informations comptables et statistiques de l'exercice précédent à partir d'un contrôle de gestion qui permet de faire des analyses et prendre des décisions.

Donc l'absence de gestion budgétaire dans le management des entreprises est généralement l'origine de déficits financiers constatés, car il n'y a pas de confrontation entre prévisions et

réalisations. Pour cette raison, notre préoccupation est de nous interroger sur la méthodologie adéquate à suivre pour une gestion budgétaire pertinente au sein de TCHIN-Lait/Candia ?

L'analyse de cette question principale nécessite la réponse aux questions suivantes :

- Comment se fait la gestion budgétaire des ventes à TCHIN-Lait/Candia ?
- Quelles sont les étapes suivies par TCHIN-Lait/Candia pour établir une gestion prévisionnelle?
- Quelles variables faut-il intégrer pour l'élaboration d'un modèle statistique ?

Dans le cadre de notre étude, nous avons formulé plusieurs hypothèses :

H1 : aboutir à un contrôle de gestion qui permet de maîtriser la gestion prévisionnelle.

H2 : une bonne gestion budgétaire place les dirigeants en position favorable pour déceler les opportunités et prévenir les risques.

H3 : la méthode de prévision qui convienne à l'élaboration de budget des ventes est celle de Box et Jenkins.

H4: L'entreprise doit accorder une importance particulière au contrôle de gestion et doit s'efforcer à mettre à la disposition du contrôleur de gestion tous les moyens nécessaires pour qu'il puisse accomplir sa mission.

Pour vérifier ces hypothèses on a opté pour le plan suivant :

Le Premier chapitre portera les notions de base liées à la gestion budgétaire et un état de l'art lié à la gestion budgétaire.

Le second chapitre dans laquelle nous aborderons des rappels théoriques sur les séries chronologiques, ainsi qu'un état de l'art sur les travaux de références liés à la méthodologie de Box et Jenkins et les tests de racine unitaire.

Dans le troisième chapitre portera su la présentation de la SARL de TCHI-Lait /Candia, ainsi la modélisation statistique en utilisant la méthode de Box et Jenkins.

Et le quatrième chapitre portera sur l'étude de cas d'une gestion budgétaire des ventes au sein de TCHIN-Lait/Candia.

# *Chapitre 1*

## *Généralités sur la gestion budgétaire*

### **Introduction**

La plupart des grandes entreprises ont mis en place un système budgétaire et les contrôleurs de gestion consacrent une partie importante de leur temps à préparer les budgets et à en assurer leur suivi (Kennedy et Dugdale, 1999).

Le budget est censé remplir de multiples rôles. D'une part, il contribue à organiser les processus décisionnels. En effet, il permet de planifier et d'organiser l'allocation des ressources (Stedry 1960 ; Barrett et Fraser 1977; Otley 1978 ; Amey 1979 ; Bunce et al, 1995) ainsi que de coordonner les actions (Barrett, Fraser, 1977 ; Bouquin, 2001). D'autre part, le budget contribue à orienter les comportements, en les faisant converger vers les objectifs de la direction générale. A cette fin, il est utilisé pour évaluer et motiver (Argyris, 1952 ; Stedry, 1960 ; Hopwood, 1974 ; Otley, 1978 ; Lyne, 1988) et assumerait en outre un certain nombre de rôles informels : instrument de pouvoir, il représenterait également un rituel, un langage et un dispositif de réduction de l'angoisse (Beth et Zrihen, 2000 ; Zrihen, 2002).

Ce chapitre introduira la gestion budgétaire en offrant une vision d'ensemble de ses concepts, objectifs et outils fondamentaux. Premièrement on se focalisera sur les notions de base de la gestion budgétaire en délimitera ses origines historiques, ses objectifs et ses finalités, deuxièmement en s'intéressera au techniques d'élaboration des budgets et en fin en présentera le contrôle budgétaire troisièmement, nous allons essayés d'expliquer la diversité des pratiques budgétaires on utilisant un cadre théorique qui propose une liste des déterminants ainsi qu'une indication du sens de l'impact de ces déterminants sur le processus budgétaire.

## **1.1. Origines historiques**

Le terme budget vient d'un vieux mot français, « bougette » ou « petite bouge ». La bouge désignait au Moyen Âge le coffre ou le sac dans lequel le voyageur emportait ses effets personnels, ou encore la bourse dans laquelle il serrait ses écus.

Un long voyage ne s'improvise pas, il faut prévoir, programmer les étapes à l'auberge, et disposer de la somme nécessaire.

Le terme a ensuite été repris par les Anglais, à l'issue de la guerre de Cent Ans, à l'époque où naissent les institutions parlementaires. Le « budget » devient une notion de droit public, pour désigner la somme d'argent allouée par un vote du Parlement à une entité administrative pour son fonctionnement : chaque ministre dispose ainsi d'un petit bouge abstrait dans laquelle il peut puiser.

Le vote du budget permet de régler la « relation d'agence » entre l'État et les différents ordonnateurs de dépenses, dans la mesure où une dépense ne peut être engagée que si elle a été prévue dans le cadre d'une ligne budgétaire. Au début du 20<sup>e</sup> siècle, on assiste au développement de grandes entreprises qui, du fait de leur taille, connaissent des problèmes identiques de décentralisation, de coordination et de contrôle. Ces grandes entreprises vont tout naturellement transposer la procédure budgétaire pour leurs besoins internes de gestion. Le budget devient un instrument essentiel du contrôle de gestion naissant. En effet, comment une grande entreprise peut-elle conserver la maîtrise du fonctionnement et du développement d'un grand nombre d'établissements, de services, de filiales ? Tout simplement en centralisant la réflexion stratégique, en décentralisant la gestion opérationnelle et en contrôlant le système par une procédure d'allocation budgétaire des ressources, en particulier financières.

## **1.2. Concepts et notions**

Afin de mieux comprendre les fondements de la gestion budgétaire il semble nécessaire d'éclairer quelques principes et notions de base.

### **1.2.1. Définition de la gestion budgétaire**

Le système budgétaire est un système de gestion prévisionnelle à court terme, comprenant budget (au sens strict) et contrôle<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup>Guiriec Jean-Claude, Jacque de Gueny. Gestion prévisionnelle, Edition Delmas et Cie, Paris, 1971, P12.

La gestion budgétaire est un mode de gestion consistant à traduire en programmes d'actions chiffrés, appelés budgets, les décisions prises par la direction avec la participation des responsables<sup>2</sup>.

La gestion budgétaire est un « mode de gestion à court terme qui englobe tous les aspects de l'activité de l'entreprise dans un ensemble cohérent de prévisions chiffrées : les budgets »<sup>3</sup>. Ceux-ci correspondent, d'après Ardoin à<sup>4</sup> :

- un acte de management car ils traduisent des décisions sur ce qui va être fait demain et les conséquences de ces décisions ;
- des outils de management parce qu'ils impliquent l'encadrement dans la préparation et l'étude des décisions budgétaires, et nécessitent la coordination des différents centres de responsabilité de l'entreprise ;
- des outils de contrôle de gestion car les responsables opérationnels s'engagent sur les objectifs inclus dans les budgets. Ceux-ci serviront d'ailleurs de base pour le suivi des réalisations et constituent les outils de référence pour les tableaux de bord et le système de reporting de l'entreprise.

### **1.2.2. Objectifs de la gestion budgétaire**

Parmi les objectifs de la gestion budgétaire on trouve :

- réaliser un équilibre aux différents niveaux de l'entreprise ;
- prévenir les événements au lieu de les subir ;
- améliorer les rapports entre les employés, puisqu'ils sont appelés à travailler pour un même but: le suivi, le développement et la prospérité de l'entreprise ;
- mettre en évidence les écarts entre réalisation et la prévision et engager des mesures correctives.

---

<sup>2</sup>Brigitte D, Christian G. Gestion prévisionnelle et mesure de la performance, 3<sup>e</sup> édition Dunod, Paris, 2007, P104.

<sup>3</sup> Alazard C., Sépari S. « Contrôle de gestion », Dunod, Paris, 2007, P 337.

<sup>4</sup> Ardoin J.L. « Plans et budgets », encyclopédie de gestion, Economica, Paris, 1989, P 2078-2086.

### 1.2.3. Les étapes de la gestion budgétaire

La procédure budgétaire passe par trois phases :

#### a. La prévision

La prévision est une « détermination chiffrée ou non d'un phénomène, d'une grandeur ou d'un ensemble de grandeurs relatifs à une période future<sup>5</sup> » Les prévisions, qui constituent une « suite d'événements prévisibles et chiffrés suivant des hypothèses d'activité<sup>6</sup> », s'appuient sur des données intérieures à l'entreprise (capacité, rendement...), et extérieures à l'entreprise (marché, coûts des matières...).

La prévision se base sur des données historiques pour fournir un plan global du budget dans le futur. Il est important de ne négliger aucun facteur dans le calcul du budget futur. Le terme prévoir signifie concevoir, envisager par avance. Cette définition jugée un peu trop simpliste et voir même tautologique ne reflète qu'en partie le sens que nous voulons attribuer à ce terme. En effet le terme prévoir au sens budgétaire doit sous entendre les questions suivantes :

- On ne doit pas prévoir tout simplement pour avoir une idée sur l'avenir mais on doit prévoir en fonction d'engagements ou d'objectifs préalables. La prévision ne doit pas se baser sur l'expérience mais aussi et surtout sur les méthodes scientifiques pouvant inclure tous les paramètres à considérer.
- La prévision n'est pas seulement du ressort de la direction générale, au contraire tous les responsables de l'entreprise doivent y apporter leur contribution.
- En résumé, la prévision est une attitude collective qui s'appuyant sur une idée précise de départ, sur une analyse des contraintes internes et externes et utilisant des méthodes statistiques et économiques permettant d'avoir un aperçu du futur. La prévision se base sur des données historiques pour fournir un plan global du budget dans le futur.

#### b. La budgétisation

La budgétisation est le rapport entre les objectifs visés et les moyens pour les atteindre, un budget est un document qui transforme les plans en argent, l'argent qu'il faudra dépenser pour que les activités que vous-avez planifiées puissent être réalisées et l'argent qu'il faudra obtenir pour couvrir les frais engendrés par la réalisation des activités. C'est une

---

<sup>5</sup> Martinet A.C., Silem A. « Lexique de gestion », 6<sup>éd</sup> Dalloz, Paris, 2003, P 395.

<sup>6</sup> Lochard. J. « La gestion budgétaire, outil de pilotage des managers », Organisation, Paris, 1998, P 19

estimation ou supposition éclairée, sur ce dont vous aurez besoins en termes monétaires pour réaliser votre travail.

Ils s'agit de l'inscription dans les budgets des données résultants des prévisions, les budgets sont établis pour une période d'une année, cependant ces budgets annuels sont ventilés par mois ou par trimestre.

### **c. Le contrôle budgétaire**

Le contrôle budgétaire est une « comparaison périodique des prévisions budgétaires et des réalisations afin d'analyser les écarts et de prendre les mesures correctives nécessaires<sup>7</sup> ».

Le contrôle est une phase tellement importante que certains ont tendance à confondre contrôle budgétaire et gestion budgétaire, chose qu'il faut bien sur éviter. En effet cette étape consiste à un rapprochement entre prévision et réalisation afin de dégager des écarts, ces écarts seront analysés afin de déterminer les causes ou les responsables et de chercher des solutions pour les corriger. On l'utilise pour déterminer dans quelle mesure une organisation atteint ses objectifs en terme financier. Il est nécessaire de comparer régulièrement les revenus et les dépenses réelles par rapport aux revenus et aux dépenses budgétés.

#### **1.2.4. Avantages de la gestion budgétaire**

D'une manière succincte on peut affirmer que les budgets présentent les avantages suivants :

- ✓ Aider l'administration dans la prise de décisions.
- ✓ Permettre une meilleure allocation des ressources de l'entreprise.
- ✓ Aider l'administration à planifier, à contrôler et à coordonner les opérations de l'entreprise.
- ✓ Jouer un rôle de formateur au niveau du personnel et constitue un instrument de motivation.
- ✓ Permettre d'assurer que les objectifs sont réalistes compte tenu de la situation actuelle.
- ✓ Permettre d'affirmer les objectifs et les politiques de l'entreprise.
- ✓ Permettre de cerner les sources du problème, et d'y apporter les mesures correctives.

---

<sup>7</sup> Béatrice, Grandguillot F. « L'essentiel du contrôle de gestion », 4<sup>éd</sup> Lextenso, Paris, 2009, P 17

- ✓ Permettre à l'administration de se pencher plus sérieusement sur les problèmes de la planification stratégique.
- ✓ Permettre à l'administration de déléguer des responsabilités et d'adopter le mode de direction par exception.
- ✓ Permettre de détecter les activités ou les vecteurs non rentables.
- ✓ Permettre à l'administration de délimiter les tâches.

### 1.2.5. Les conditions de réussite du système budgétaire

Pour qu'un système budgétaire remplisse pleinement sa mission il devra :

- En principe, couvrir l'ensemble des activités de l'entreprise et bien s'intégrer dans le système d'information global ;
- être bien adapter à la nature des activités et la structure de l'entreprise ;
- en outre, dans la mesure où il concerne des groupes d'individus, il ne pourra être opérationnel que s'il est accepté.

### 1.2.6. Les limites de la gestion budgétaire

Dans les limites de la gestion budgétaire on cite<sup>8</sup> :

#### a. Le processus budgétaire peut se traduire en un processus conservateur et figé

En effet, la construction budgétaire se fonde sur l'organisation existante et, le plus souvent, sur une extrapolation du passé. On peut craindre qu'il s'installe l'habitude pour chaque responsable de négocier des moyens au moins égaux à ceux de l'exercice.

#### b. La délégation des responsabilités peut introduire des effets pervers

Certains responsables peuvent ne pas accepter le contrôle qui suit l'engagement budgétaire, c'est particulièrement vrai lorsque la décentralisation est faible et qu'un certain nombre d'objectifs et de décisions ont été assignées.

---

<sup>8</sup> Brigitte D, Christian G. Gestion prévisionnelle et mesure de la performance, 3<sup>e</sup> édition Dunod, Paris, 2007, P116.

### c. La gestion budgétaire privilégie une vision financière, à court terme

Une fois élaborés, les budgets ont une expression financière à l'horizon d'une année. Ils effacent donc la dimension qualitative des plans d'actions, en particulier lorsqu'elle joue sur l'interaction entre plusieurs centres de responsabilités.

## 1.3. Les techniques d'élaboration des budgets

L'élaboration budgétaire est un ensemble de processus impliquant la direction et chaque entité dans le but de mettre en concordance la stratégie financière et la stratégie de l'entreprise, et de la décliner en plans et budgets, qui constituent les bases du contrôle interne.

### 1.3.1. Budgets

#### a. Définition

La définition la plus générale que l'on puisse donner au terme budget s'appuie sur un concept répondu, au niveau des collectivités publiques, nationales ou locales.

Le budget est la traduction monétaire du programme ou du plan d'action retenu pour chaque responsable : il définit les ressources qui lui sont déléguées pour atteindre les objectifs qu'il a négociés. Les budgets sont généralement annuels et détaillés selon une périodicité plus ou moins fine (trimestrielle, mensuelle, etc.)<sup>9</sup>

Le budget est une prévision chiffrée en volume et en valeur en unités monétaires de tous les éléments correspondants à un programme d'activité déterminé établi, en fonction d'objectifs négociés et acceptés. Il peut être établi pour une entreprise ou pour une subdivision de l'entreprise<sup>10</sup>.

#### b. Objectifs du budget

Parmi les objectifs d'un budget on trouve :

#### Les budgets sont des outils de pilotage de l'entreprise

- Ils déterminent l'ensemble des moyens et des ressources nécessaires pour atteindre les objectifs de l'organisation, en fonction de ces prévisions, il s'agit donc d'une politique volontariste de la part des dirigeants.
- Ils permettent de repérer, à court terme les contraintes externes ou internes et les opportunités.

<sup>9</sup> Brigitte D, Christian G. Gestion prévisionnelle et mesure de la performance, 3<sup>e</sup> édition Dunod, Paris, 2007, P104.

<sup>10</sup> Brookson S. Gérer un budget, Édition Mango Pratique, 2001, P06.

- Ils assurent la cohérence des décisions et des actions des différents centres de responsabilité.
- Ils permettent de vérifier à priori que la construction budgétaire respecte les équilibres fondamentaux de l'entreprise.

**Les budgets sont des outils de communication, de responsabilisation et de motivation**

- Ils assurent l'information des responsables sur les objectifs de l'entreprise et sur leur déclinaison au niveau de chaque centre de responsabilité.
- Ils installent la responsabilité et la motivation des hommes dans le cadre d'une décentralisation par la négociation des objectifs et des moyens mis en œuvre, la procédure budgétaire revient à établir de véritables contrats négociés entre la hiérarchie et les responsables des unités opérationnelles.

**Les budgets sont des outils de contrôle**

Ils permettent le contrôle de gestion par la détermination des écarts entre réalisations et prévisions. On constate ainsi que le processus budgétaire correspond à une volonté de maîtriser les décisions, et/ou les actions à court terme dans l'objectif d'atteindre une performance souhaitée.

**1.3.2. La procédure d'élaboration des budgets**

La gestion budgétaire permet d'illustrer la conception du contrôle de gestion considéré comme un moyen de décliner la stratégie. Pour élaborer un budget il faut un plan d'action, un programme et un budget.

**• Les plans**

Un plan d'action décrit les choix retenus par l'entreprise sur l'horizon de sa planification budgétaire. Le choix que l'entreprise peut retenir se limite par exemple à<sup>11</sup> :

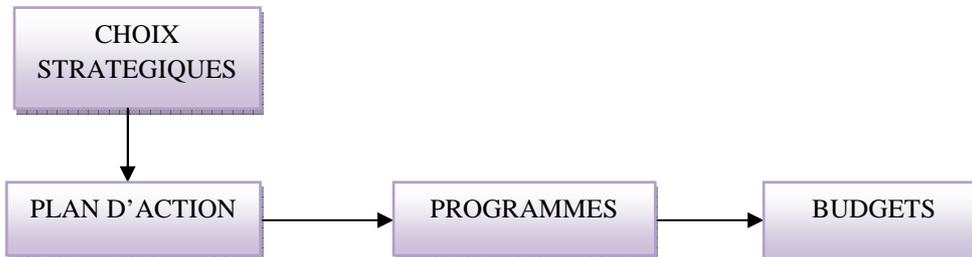
- ✓ Que vendra-t-on ?
- ✓ A qui ?
- ✓ Comment ?
- ✓ A quel prix ?
- ✓ Selon quelles conditions de règlement ?

---

<sup>11</sup> Bouquin H. La maîtrise des budgets dans l'entreprise, Edition EDICEF, Paris, 2010, P 85.

- ✓ Comment s'y prendra-t-on pour réduire les stocks ?

**Figure 1.1.** Schéma d'articulation entre le plan d'action, programmes et budgets



**Source :** Bouquin H. La maîtrise des budgets dans l'entreprise, Edition EDICEF, Paris, 2010, P 85.

Il s'agit donc d'énoncer des actions concrètes qui devront être menées pour appliquer la stratégie décidée par l'entreprise.

Le plan d'action de l'entreprise va donc couvrir à la fois tous les sujets :

- ✓ la vente,
- ✓ la production,
- ✓ le personnel,
- ✓ le financement.

Les grandes orientations stratégiques sont explicitées sous la forme de plans pluriannuels (sur 3, 4 ou 5 ans) fixant des projections de chiffres d'affaires et de résultats et prévoyant les principales opérations d'investissement et de financement. Ces plans fournissent le cadre général du développement, et sont annuellement opérationnalisés sous la forme de programmes et de budgets.

- **Les programmes**

Un programme est une prévision d'activité à plus court terme précisant dans le détail les niveaux d'activités, de production, les volumes de facteurs utilisés (heures de main-d'œuvre, tonnes de matières premières, etc.).

Les programmes quantifient en volume les conséquences attendus des plans d'actions :

- ✓ tonnages expédiés,
- ✓ effectif par catégories,
- ✓ niveau des stocks,
- ✓ nombre d'intervention en après vente,
- ✓ activités des ateliers,
- ✓ nombre de stages de formation organisés, etc.

- **Les budgets**

Les budgets représentent le « chiffrage » en unités monétaires de la mise en œuvre d'un programme. Pour passer du programme au budget, il faut faire des hypothèses de nature économique sur l'évolution des prix et des coûts (coûts des matières premières, coûts variables unitaires et coûts fixes fournis par la comptabilité analytique, etc.).

### 1.3.3. Typologie des budgets

Le budget global de l'entreprise est constitué par l'ensemble des budgets correspondants aux différentes fonctions. On distingue alors:

- D'une part, les budgets fonctionnels ou opérationnels qui traduisent les actions prévues dans les programmes d'activités et relatifs aux différents services.
- D'autre part, les budgets financiers ou de synthèse qui traduisent les effets de la mise en œuvre des budgets opérationnels. On cite comme exemple le budget de trésorerie.

#### a. Le budget des ventes

C'est le point de départ du processus prévisionnel: il s'agit de prévoir mensuellement les quantités et les prix unitaires de vente. Les prévisions s'appuient sur plusieurs techniques :

- ✓ Analyse des ventes passées ;
- ✓ l'étude des parts de marché de l'entreprise, le cycle de vie des produits et de la concurrence, ainsi que l'estimation des tendances globales ;
- ✓ étude des comportements des consommateurs ;
- ✓ étude économiques sectorielles ou macro-économiques ;
- ✓ collecte d'informations auprès des vendeurs de l'entreprise ;

#### b. Le budget de la distribution et du marketing

Les frais de distribution, généralement liés au chiffre d'affaires, comprennent les frais de livraison, d'emballages, salaires des revendeurs, frais du SAV (service après vente). Les frais marketing comprennent les frais directement engagés pour soutenir les ventes (publicité, promotion) et les frais d'études commerciales (étude du marché).

**c. Le budget de production**

Connaissant le volume des ventes prévu, il est nécessaire d'en déduire les quantités à produire en fonction des capacités disponibles et des stocks de produits finis souhaités. Pour une société de service, il s'agit de s'assurer d'une disponibilité en main-d'œuvre suffisante pour faire face à la demande prévisionnelle.

Le programme d'activités se fonde sur l'estimation :

- ✓ Des capacités disponibles mensuellement et des éventuels goulets d'étranglement qui ne peuvent être éliminés à court terme ;
- ✓ Des rendements, des salaires, du temps productif et des coûts de fabrication afin de valoriser le plan de charges ;
- ✓ Des transferts d'activités entre ateliers et entreprises extérieures au groupe.

**d. les budgets des approvisionnements**

La prévision des quantités de matières nécessaires à la production va permettre l'estimation des achats : volumes, délai, coût. Les stocks tendent à se réduire de manière importante, ce qui diminue les besoins financiers. Le service approvisionnement doit réagir très vite aux fluctuations des besoins de l'entreprise ou aux pénuries.

**e. Le budget des services généraux**

Les services généraux sont des centres de responsabilité fonctionnels, centres de support ou de structure, qui livrent des prestations aux autres services, en particulier aux services opérationnels : informatique, finance, personnel et contrôle de gestion. Les budgets des services généraux sont de simples reconductions des budgets antérieurs, majorés d'un pourcentage d'inflation.

**f. Les états financiers prévisionnels**

Comportent trois documents :

**✓ Le budget de trésorerie**

Traduit les engagements en échéances d'encaissements et de décaissements. Donne le solde prévisionnel de trésorerie à la fin de l'année budgétaire. Ce document permet d'étudier les échéances mensuelles, d'anticiper les difficultés ponctuelles de trésorerie et de trouver les aménagements nécessaires: reports d'échéances, négociations de crédits bancaires à court terme adaptés aux besoins.

**✓ Le compte de résultat prévisionnel**

Dégage les résultats attendus des différents engagements budgétaires, facilite la comparaison des résultats prévisionnels avec ceux de l'an passé.

**✓ Le bilan prévisionnel**

Est l'image à un an de ce que pourrait être la situation de l'entreprise si les prévisions se réalisaient. Il permet de s'assurer que la structure financière ne risque pas d'évoluer vers des déséquilibres graves, comme un excès d'endettement.

**1.3.4. Les finalités du budget**

Les finalités de budget se résument comme suite :

**• Le budget est un plan d'action valorisé pour atteindre un objectif quantifié****➤ Atteindre un objectif**

Le budget d'entreprise est établi pour atteindre un objectif. Ceci traduit une démarche volontaire de l'entreprise : elle vise un objectif quantifié à une date certaine. La finalité du travail de préparation budgétaire est de mettre au point un plan d'action qui permet d'atteindre l'objectif visé. Cet objectif global de l'entreprise doit être quantifié et à priori.

**➤ Décider et élaborer le plan d'action**

Par rapport à son objectif, la direction de l'entreprise va élaborer et décider un plan d'action pour l'atteindre. Ce plan d'action va tenir compte des prévisions que l'entreprise fait concernant son marché, l'action de ses concurrents, l'évolution de l'économie.

Fondamentalement, l'élaboration des budgets consiste à choisir un plan d'action pour l'année à venir. Pour l'évaluer, il faut en particulier le valoriser et évaluer ses conséquences financières, et donc, ses résultats prévisibles par rapport aux objectifs. C'est le travail de budgétisation.

Cependant, la qualité des budgets ne tient pas compte nécessairement à la fiabilité et au réalisme des calculs financiers, mais aussi au réalisme des plans d'actions qui ont été conçus par les responsables opérationnels.

- **Le budget est un engagement du responsable opérationnel à atteindre un objectif**

- **Engagement du responsable opérationnel**

Le budget représente un engagement du responsable opérationnel à atteindre un objectif, selon un plan d'action qui a été mis au point et approuvé par sa hiérarchie.

- **N'est pas imposé au responsable opérationnel**

Un budget ne devrait pas être imposé au responsable opérationnel sur une base purement financière. La préparation des budgets devrait être l'occasion de discuter entre différents niveaux hiérarchiques des plans d'action et des conditions d'exploitations pour atteindre l'objectif. C'est aussi l'occasion d'une concertation entre niveaux hiérarchiques, qui permet de renforcer la délégation d'autorité et la prise de responsabilité.

- **Validation de l'engagement**

L'analyse des budgets proposés par la hiérarchie permet d'abord de s'assurer que l'objet global de l'entreprise soit acceptable. Mais elle permet aussi de valider l'engagement des responsables opérationnels en les assurant, au travers de cette analyse, que le budget et le plan d'action qu'ils proposent sont jugés réalistes par d'autres professionnels qu'eux-mêmes.

## **1.4. Le contrôle budgétaire**

Le contrôle budgétaire permet de comparer les résultats réels avec les prévisions chiffrées figurant dans les budgets.

### **1.4.1. Définition**

Plusieurs définitions peuvent être reprises pour cerner le concept :

Le contrôle budgétaire est une méthode qui permet de rapprocher de façon régulière les prévisions budgétaires et les réalisations de l'activité de l'entreprise. Il consiste essentiellement à constater et analyser des écarts entre des prévisions et des réalisations, ainsi qu'à entreprendre des actions correctives, coordonnées pour atteindre les objectifs fixés<sup>12</sup>.

Le contrôle de gestion est le processus par lequel les gestionnaires s'assurent que les ressources sont obtenues et utilisées de manière efficace et efficiente dans la réalisation des objectifs organisationnels<sup>13</sup>.

---

<sup>12</sup> Lochard J. La gestion budgétaire outils de pilotage des managers, Edition d'organisation, Paris, 1998, P37.

<sup>13</sup> Anthony R, Chiquers G, Valhen C. Encyclopédie de gestion et de management, Doliez, Paris, 1999, P194.

### 1.4.2. Objectifs du contrôle budgétaire

Dans la mise en œuvre des stratégies, le contrôle de gestion vise :

#### a. L'efficacité

- ✓ Elle se définit par rapport à un objectifs donnée ;
- ✓ elle indique à quel point l'objectif est atteint ;
- ✓ elle est complètement indépendante du coût.
- ✓ L'évaluation de l'efficacité ne tient aucunement compte des frais de gestion ni des coûts de production.

#### b. L'efficience

- Elle représente la capacité de minimiser les moyens mis en œuvre pour atteindre un objectif. L'efficience peut généralement se mesurer à l'aide d'un ratio, c'est-à-dire un rapport entre deux grandeurs.
- Un système de production est efficient s'il produit un nombre donné d'unité, d'une qualité donnée, au moindre coût. S'il produit au moindre coût, mais sans tenir compte de qualité, il est « économique », mais pas forcément efficient.

#### c. L'économie

Est dite économique toute acquisition de ressources qui correspond aux critères suivants :

- Moindre coût ;
- quantité et qualité conforme à la norme établie ;
- moments et lieux opportunes ;
- l'économie touche l'acquisition des ressources.
- l'efficience, leur transformation.

### 1.4.3. Les caractéristiques du contrôle budgétaire

Le contrôle budgétaire est caractérisé par :

#### a. Le contrôle budgétaire est une composante du contrôle de gestion

Le contrôle budgétaire participe au système d'information du contrôle de gestion en faisant apparaître les écarts entre les prévisions et les réalisations et en identifiant les causes de ces écarts, dans certaines organisations, le contrôle de gestion se limite au contrôle budgétaire.

**b. Le contrôle budgétaire est un contrôle rétrospectif**

Le contrôle budgétaire s'intéresse à la période passée en comparant les réalisations aux prévisions traduites dans les budgets et en analysant les causes des écarts.

**c. Le contrôle budgétaire à une dominante financière**

Le contrôle budgétaire s'appuie sur une approche comptable de l'organisation et fournit des indicateurs financiers.

**d. Le contrôle budgétaire informe les responsables sur le degré de réalisation des budgets**

Il permet ainsi :

- ✓ D'évaluer la performance des acteurs.
- ✓ De procéder aux régulations nécessaires.
- ✓ Il favorise une gestion par exception, en ne s'intéressant qu'aux écarts les plus significatifs.
- ✓ Il participe à la maîtrise de la performance au moyen d'un pilotage par les écarts.

**1.4.4. Les conditions d'efficacité de contrôle budgétaire**

Un certain nombre de principes sont nécessaires à la mise en place du contrôle budgétaire et par conséquent, à la réussite de l'ensemble du système budgétaire ; les conditions essentielles sont au nombre de quatre<sup>14</sup> :

**a. Le contrôle budgétaire relève de la compétence du contrôleur de gestion**

Le poste de contrôleur de gestion est très délicat, et peut être incompréhensible par un certain nombre de responsables dans l'entreprise. Le contrôleur de gestion doit être placé sous la hiérarchie du directeur général, tout en ayant les liaisons fonctionnelles avec tous les autres services.

**b. La continuité du contrôle**

Alors que la fonction de programmation et de planification est discontinuë, la fonction de contrôle s'exerce de manière continue. Il faut suivre régulièrement et de très près

---

<sup>14</sup> Gervais M. Contrôle de gestion et planification de l'entreprise, Edition Economica, 1987, P 286.

les écarts entre les réalisations et les prévisions afin de pouvoir porter les corrections nécessaires, à temps.

**c. La rapidité de l'obtention des résultats**

Il n'est pas suffisant que les contrôles soient effectués à grande fréquence, et de manière continue. Il est évident que l'idéal est d'avoir des informations rigoureuses et précises à temps. Pour que la fonction de contrôle soit assurée efficacement, il faut procéder à la recherche de la cause de l'écart d'une part et à l'action corrective d'autre part.

**d. La liaison entre comptabilité et contrôle budgétaire**

Les entreprises dotées d'un système budgétaire peuvent dégager les charges et les produits par centre de responsabilité à partir du compte d'exploitation général et les comptes d'exploitation par activité ou par département. En effet, ce sont les éléments comptabilisés qui doivent être contrôlés et analysés par les responsables dans le cadre du contrôle budgétaire.

**1.4.5. Les avantages du contrôle budgétaire**

- Shopping faute : les écarts dans les performances réelles et budgets permettront la détermination des points faibles.
- Economie : la planification des dépenses sera méthodique et il y aura l'économie en dépenses. Les finances seront mises à une utilisation optimale.
- Maximisation du profit : le contrôle budgétaire vise à la maximisation des bénéfices de l'entreprise.
- Frais diminués : dans le monde concurrentiel de nos jours, le contrôle budgétaire a un rôle important à jouer. Chaque homme d'affaires tente de réduire les coûts de production pour augmenter les ventes.
- Exactitudes des plans : les plans, les politiques et les objectifs sont décidés par la direction. Chaque département vise à un objectif précis. Les efforts dirigés vers la réalisation proviennent des plans exacts.
- Harmonisation : le travail des différents départements et secteurs est correctement harmonisés.

### 1.4.6. Modalité du contrôle budgétaire « Analyse des écarts »

En réalité les prévisions des ventes des biens ou des services constituent, le point de départ de la construction budgétaire et l'écart global entre le résultat réel et le résultat prévu.

#### a. Définition

Un écart est la différence entre une donnée de référence et une donnée constatée<sup>15</sup>.

#### b. Détermination, calcul et analyse des écarts

On distingue les écarts suivants:

##### ➤ Ecart sur charges directes

##### • Ecart sur quantité

##### ✓ Analyse des écarts sur quantité de matières premières

La différence entre le coût réel des matières premières et leurs coûts standards peut résulter ; soit d'une variation dans la consommation, soit dans le prix :

$P_s$  : prix standard

$P_r$  : prix réel

$Q_r$  : quantité réelle

$Q_s$  : quantité standard

L'écart sur quantité est donné par la formule suivante :

$$\text{Variation des quantités} = (Q_r - Q_s) \times P_s$$

L'écart sur le prix est donné par la formule suivante :

$$\text{Variation des prix} = (P_r - P_s) \times Q_r$$

##### ✓ Analyse des écarts sur quantité de main - d'œuvre

La différence entre le coût standard et le coût réel de main - d'œuvre, peut provenir d'une variation, soit dans le temps de travail, soit dans le taux de salaire.

Écart global = variation horaire + variation taux

$$\text{Écart global} = \text{coût réel de main-d'œuvre} - \text{coût standard de main d'œuvre}$$

<sup>15</sup> Brigitte D. Contrôle de gestion, Edition, Paris, 2005, P 72.

- **Ecart sur chiffre d'affaires**

L'écart sur chiffre d'affaires est obtenu à partir de la somme d'un écart sur volume et d'un écart sur prix. Il faut cependant prendre en compte la composition de mix produit. Il est calculé de la façon suivante :

$$\text{Ecart sur chiffre d'affaires} = \text{Ecart sur quantité} + \text{Ecart sur prix}$$

➤ **Ecart sur charges indirectes**

- **Ecart sur budget**

Ecart sur budget est un écart sur coût variable dû à des causes extérieures. Il est calculé comme suit<sup>16</sup> :

$$\begin{aligned} \text{Ecart sur budget} &= \text{Frais réels} - \text{Budgets flexible}(A_r) \\ &= [v_r \times A_r] + \text{FF}_r - [(v_s \times A_r) + \text{FF}_s] \\ &= (v_r - v_s)A_r \end{aligned}$$

**FF<sub>s</sub>** : frais fixe pour l'activité standard

**FF<sub>r</sub>** : frais fixe pour l'activité réelle

**V<sub>s</sub>** : coût variable unitaire standard

**V<sub>r</sub>** : coût variable unitaire réel

**A<sub>r</sub>** : activité réelle

- **Ecart sur activité**

Il consiste à analyser dans quelle mesure l'activité de la section a pu ou non absorber les charges fixes qui lui sont propres. Il est calculé comme suit<sup>17</sup> :

$$\text{Ecart sur activité} = [A_n - A_r]f_s$$

<sup>16</sup> Alazard C, Sépari S. Contrôle de gestion, Manuel et application, Edition Dunod, Paris, 2007, P 506

<sup>17</sup> Alazard C, Sépari S...Op-cit, P 506

- **Ecart sur rendement**

C'est un écart de quantité du fait que le nombre d'unité d'œuvre consommée à été différent de ce qui était prévisible pour la production constatée. Il est calculé comme suit <sup>18</sup>:

$$\text{Ecart sur rendement} = (\text{rendement réel} - \text{rendement standard}) \times \text{pproduction réelle} \times (v_s + f_s)$$

- **Interprétation des écarts**

Les écarts calculés doivent être qualifiés de favorable (positif) ou défavorable (négatif).

Si les écarts sont négatifs, ils sont communiqués au personnel afin d'améliorer leurs travail, et si ces dépassements sont importants, les personnes qui sont responsables doivent fournir des explications et peuvent même en couvrir des sanctions.

Si les écarts sont positifs, les responsables encouragent les services concernés avec des rémunérations complémentaires.

#### 1.4.7. Les limites de contrôle budgétaire

Les limites de contrôle budgétaire généralement sont :

- Le contrôle budgétaire est une méthode politique de domination par les coûts pour des produits à long cycle de vie.
- La méthode budgétaire incite à la routine, elle freine les innovations qui sont perçus comme source d'écart à justifier.
- Réduit la mesure de la performance à des critères financiers.
- Elle risque de susciter des comportements.
- Ignore les facteurs clés comme l'analyse de la valeur, la qualité totale et le respect des délais.

### 1.5. Etat de l'art sur la gestion budgétaire

Dans cette partie nous allons faire une synthèse des travaux sur la gestion budgétaire.

#### 1.5.1. La compréhension traditionnelle des budgets

Hofstede (1977) rappelle que le budget, initialement destiné aux finances publiques, trouve ses premières origines dans les entreprises aux Etats-Unis à partir de 1920.

---

<sup>18</sup> Alazard C, Sépari S...Op-cit, P 507.

En effet, les premiers budgets ont probablement été pratiqués de manière systématique aux États-Unis chez Dupont de Nemours dans les années 1903-1910 (Chandler Jr, 1989; Chandler Jr et Daems, 1979). Plus précisément, les travaux de Berland (1999) sur l'histoire du budget montrent que celui-ci est apparu dans un premier temps aux États-Unis avec la parution de l'ouvrage de McKinsey en 1922, puis s'est exporté en France quelques années plus tard. Ainsi, la conférence de Genève organisée en 1930 par l'IIOST (Institut International de l'Organisation Scientifique du Travail) porte sur le thème du contrôle budgétaire. C'est à partir de celle-ci que l'on peut dater le point de départ de l'institutionnalisation du budget, marqué à cette époque-là par une forte idéologie managériale (Alcouffe, Berland et Levant, 2002 ; Berland, 1999, 2009 ; Berland et Chiapello, 2009). La conférence de Genève fut l'occasion de réunir 197 personnes de toutes nationalités et de renommée internationale (Berland, 1999). Il est surprenant de noter, en lisant le compte rendu de cette conférence (Berland, 1999), et au-delà des premières définitions proposées, la richesse des thèmes évoqués. Ces thèmes, en effet, peuvent être considérés comme précurseurs à cette époque-là puisqu'ils ont ensuite fait l'objet de nombreux travaux de recherche approfondis. Fabienne Villeséque-Dubus 2010 Cite en particulier le discours relatif à la contingence (même si le terme n'est pas employé ainsi) de W. Clarck qui distingue plusieurs façons d'appliquer le contrôle budgétaire selon les types d'industries, également le discours relatif à la dimension sociale et politique du budget tenu par M.F. Musil, représentant américain, au travers duquel il évoque le rôle du budget comme moyen de socialisation des futurs cadres. Par là, et déjà, l'adaptabilité des systèmes budgétaires se trouvait discutée.

Si dans un premier temps le budget a eu pour mission de décrire les buts de l'organisation et de surveiller les actions entreprises dans ce sens, il a également été perçu comme un outil de motivation des individus dans l'organisation (Hofstede, 1977). Selon Gervais (1998), le budget remplit ainsi une double mission, technique et psychosociologique : c'est un système d'animation interne.

- Pour Bruns et Waterhouse (1975) « les budgets sont définis comme des plans financiers fournissant une base pour diriger et évaluer la performance des individus et sous-unités dans l'organisation de manière à mieux coordonner et contrôler leurs différentes activités », cités par Covaleski et Dirsmith 1983.
- D'après Hofstede (1977) « sous sa forme la plus complète, le budget représente une extension dans l'avenir immédiat du système d'information financière d'une entreprise : il aboutit à un bilan avec compte d'exploitation, projeté sur la période suivante (trimestre, semestre, année ou même une période plus longue) ».

- Selon Bouquin (1998) « Dans la conception classique du contrôle de gestion, le budget est (ou devrait être) l'expression comptable et financière des plans d'action retenus pour que les objectifs visés et les moyens disponibles sur le court terme (l'année en général) convergent vers la réalisation des plans opérationnels ». De plus, selon Bouquin, le budget devrait pouvoir jouer trois fonctions : une fonction de coordination et de communication, une fonction de gestion prévisionnelle et enfin une fonction de délégation et de motivation.
- Simons (1990, 1995) étudie deux modes principaux d'utilisation des systèmes budgétaires : l'un dit « diagnostic », l'autre dit « interactif ». Le modèle de diagnostic a pour objectif de mener à bien le contrôle par confrontation des résultats obtenus aux résultats escomptés. Quant au modèle interactif, il s'appuie sur la discussion et le dialogue et a pour mission de centrer l'attention des dirigeants sur ce qu'il qualifie d'incertitudes stratégiques.
- Suivant Gervais (2009), le budget remplit également deux fonctions principales selon le degré de stabilité de l'environnement : il peut être utilisé comme outil d'allocation de ressources dans un environnement stabilisé et comme outil de réflexion en environnement turbulent.

Ces définitions appellent un double commentaire : l'un relatif aux perceptions relatif aux modes des modes d'utilisation du budget, l'autre relatif à la nature même de ses applications, internes ou externes. Il est en effet tout d'abord aisé de constater que les définitions du budget dépassent, pour beaucoup d'entre elles, les fonctions purement instrumentales de l'outil, c'est-à-dire centrées sur la prévision, le suivi et le contrôle.

### **1.5.2. Les dimensions du processus budgétaire**

Les principales caractéristiques budgétaires qui ont fait l'objet de recherches selon Fisher (1998) sont : la participation du manager à la construction du budget, la facilité d'atteinte des objectifs budgétaires, la possibilité de révision des budgets, le montant du slack dans les objectifs budgétaires, la fréquence des reportings budgétaires et le lien entre objectifs budgétaires et rémunérations. La description des caractéristiques du processus budgétaire se fera en fonction des trois étapes du processus de contrôle organisationnel déjà évoquées.

De manière générale, les différents processus budgétaires peuvent être distingués selon le niveau de formalisation du processus (Bruns et Waterhouse, 1975 ; Merchant, 1984, Trahand, 1982).

**a. Budget et finalisation**

L'étape de finalisation a trait à la construction du processus budgétaire. Cette construction peut s'inscrire dans le cadre de ce qui a été appelé la Direction Par Objectif (c'est-à-dire la contractualisation des engagements entre contrôleurs et contrôlés pour permettre la décentralisation et la motivation) ou peut avoir pour simple utilité d'aider à la prévision (pour allouer les ressources et coordonner les entités).

**➤ Participation budgétaire**

Dans le courant des relations humaines, la participation budgétaire est une variable qui a été très étudiée et ce depuis longtemps (Argyris, 1952 ; Hofstede, 1967), principalement pour déterminer ses effets sur les contrôlés (Kren, 1997 ; Shields et Shields, 1998). La participation se définit comme le niveau d'implication et d'influence d'un manager sur la détermination de son budget (Shields et Shields, 1998).

Cette définition de la participation peut être enrichie par la prise en compte de la personne qui initie le processus budgétaire.

Au final, quatre pratiques ont été proposées en terme de participation : construction autoritaire du budget par celui qui contrôle, construction participative top-down ou bottom-up et construction libre par le contrôlé.

Dans la littérature, la participation est présentée comme jouant un rôle dans la gestion de l'asymétrie d'information (Dunk, 1993), et dans la motivation des contrôlés (Shields et Shields, 1998).

**➤ Articulation processus budgétaire / plan et négociation budgétaire**

Dans une perspective traditionnelle, le contrôle de gestion repose sur une division du travail de management et de contrôle (entre contrôle stratégique, contrôle de gestion et contrôle opérationnel) telle qu'elle a été théorisée par Anthony en 1965. Dans ce cadre, le budget doit refléter les objectifs et stratégies de l'entreprise qui ont été définis lors de la planification stratégique par le siège, grâce à un enchaînement entre plans stratégiques, opérationnels, plans d'actions et budgets. Il doit, en résumé, permettre de décliner la stratégie.

Pourtant, comme le souligne Mintzberg (1994), il semble que dans la pratique, les objectifs, budgets, stratégies, et programmes ne sont pas toujours liés ou, s'ils le sont, les liens sont complexes. Mintzberg (1994) met ainsi en évidence une « grande faille » entre la hiérarchie

des objectifs et des budgets (destinée au contrôle de la performance) et la hiérarchie des stratégies et des programmes (destinée à la planification de l'action) qui seraient « deux ensembles isolés d'activités séparées », le contrôle pouvant se concentrer sur l'un ou sur l'autre et les problèmes réels ne surgissant que lorsque des efforts sont effectués pour combiner les deux.

Mintzberg (1994) propose trois modalités possibles d'étude de la liaison entre plan et budget : lien de contenu entre les données des plans et les données des budgets, lien organisationnel entre les unités qui sont responsables de la production de ces deux documents, et lien temporel concernant l'ordre dans lequel budget et stratégie sont réalisés. Ce type d'articulation budget / plan a trait aux différents référentiels qui peuvent être utilisés pendant la négociation budgétaire (Boland et Pondy, 1986)

➤ **Difficulté des objectifs**

Le niveau de difficulté des objectifs est évalué en pourcentage de chance d'atteindre les objectifs (Merchant et Manzioni, 1989). Il s'échelonne de relativement facile à presque impossible. Cette dimension a fait l'objet d'une large littérature pour savoir quel est le niveau d'objectif budgétaire le plus motivant et qui permet d'atteindre la meilleure performance (Kren, 1997).

Une grande partie de la littérature prescrit de fixer des objectifs serrés mais atteignables (qui peuvent être atteints moins de 50% du temps). Hofstede (1967) souligne, à partir d'une étude en entreprise, que l'effet de budgets difficile à atteindre est positif jusqu'à une certaine limite, et qu'au delà il réduit la motivation. Merchant et Manzioni (1989) constatent que sur le terrain, et contrairement aux préconisations des études expérimentales, les objectifs sont plus souvent fixés pour être atteignables 80 ou 90% du temps.

➤ **Slack budgétaire**

Le slack est une notion proche de la réalité recouverte par la dimension « difficulté des objectifs » mais son contenu conceptuel est assez différent. Le concept de slack budgétaire a été mis en avant par Cyert et March en 1963, selon eux il apparaît lorsqu'une coalition utilise plus de ressources que nécessaire pour effectuer sa tâche. Dunk et Nouri (1998) le définissent comme la sous estimation intentionnelle des revenus et capacités de production et/ou la surestimation des coûts et ressources requis pour accomplir une tâche.

Un certain niveau de slack est généralement présenté comme devant permettre l'innovation (Nohria et Gulati, 1996) et faciliter la coordination entre coalitions ayant des objectifs contradictoires (Cyert et March, 1963).

➤ **Niveau de détail du budget**

Le niveau de détail du budget est un thème peu abordé dans la littérature et pourtant très présent dans les discours des opérationnels.

Dans une comparaison entre les budgets des administrations et des entreprises, Jones et al (2000) soulignent que le budget dans les administrations tend à être fortement détaillé et doit être exécuté tel qu'il a été approuvé, alors que, dans le secteur privé, les budgets de divisions sont souvent économes en détail, se limitant presque aux objectifs financiers à réaliser. Le niveau de détail du budget a trait au rôle de délégation, c'est-à-dire à la liberté laissée aux opérationnels pour atteindre leurs objectifs. Un niveau de détail faible permet une certaine décentralisation alors qu'un niveau de détail élevé réduit l'activité du contrôlé à une simple exécution.

**b. Budget et pilotage**

L'étape de pilotage fait référence à l'utilisation du processus budgétaire pendant l'action, la nature du suivi budgétaire et le caractère flexible ou non du budget entrent dans ce cadre.

➤ **Nature du suivi budgétaire**

Selon Simons (1990, 1995), le suivi budgétaire peut être systématique et s'accompagner d'explications orales sur les actions en présence des opérationnels (suivi interactif) ou se limiter à un contrôle par exception mettant en présence les seuls contrôleurs de gestion (suivi diagnostic). Le suivi budgétaire joue un rôle en termes d'apprentissage et d'encadrement des risques (Emsley, 2000).

➤ **Budget statique / flexible / glissant**

Une des caractéristiques du processus budgétaire lors de la phase de pilotage réside dans la durée du budget et son niveau de rigidité. Celui-ci dépend de la possibilité de faire évoluer le budget pendant l'année, en fonction du niveau de production par exemple et

dans ce cas, Brownell et Merchant (1990) parlent de budget flexible, ou de le réactualiser chaque mois de façon glissante (comme le propose le CAM-I ; Hope et Fraser, 2000).

Accepter un budget glissant ou flexible, c'est retirer au budget son rôle de motivation et de contrôle au profit des rôles de prévision, coordination, d'allocation de ressources et d'apprentissage.

### **c. Budget et post-évaluation**

La post-évaluation correspond à l'utilisation qui est faite du budget après l'action pour évaluer la performance des managers de division et pour calculer leurs primes.

#### **➤ Evaluation de la performance à partir du budget**

Dès 1952, Argyris a montré qu'en fonction de l'utilisation qui en est faite pour l'évaluation de la performance, le budget produit des effets différents. La recherche sur l'utilisation des données budgétaires dans la mesure de la performance (Reliance on accounting performance measures, RAPM) a donné lieu à une abondante littérature (Briers et Hirst, 1990).

la RAPM est définie comme « l'intérêt et l'importance accordés par le manager à l'utilisation des données budgétaires pour l'évaluation de la performance » (Harrison, 1993).

Hopwood (1972) dans son étude fondatrice de ce courant identifie trois styles d'utilisation des données comptables: « budget constrained », « profit conscious », « non-accounting » que l'on peut définir de la façon suivante :

- « budget constrained » : l'évaluation du manager est d'abord basée sur sa capacité à atteindre les objectifs budgétaires sur une base de court terme sans autre considération.
- « profit conscious » : la performance du manager responsable du budget est évaluée sur sa capacité à accroître l'efficacité de son unité dans une perspective de long terme. Les données comptables sont utilisées avec prudence d'une façon flexible. Ce qui implique que l'évaluation prend en compte un plus grand nombre de paramètres.
- « non-accounting » : les données comptables jouent un rôle négligeable dans l'évaluation du manager.

### ➤ Incitations budgétaires

Après que la performance du manager a été mesurée et évaluée en comparant la performance réalisée avec le budget, les managers peuvent recevoir des récompenses financières ou non financières. Les primes financières peuvent être proportionnelles au résultat ou attribuées en totalité une fois l'objectif atteint (Jensen, 2001). C'est largement par les systèmes d'incitation que les budgets jouent leur rôle de motivation (Kren, 1997). On sait depuis Argyris (1952) que lier la rétribution à l'atteinte d'objectifs budgétaires peut avoir des effets pervers.

#### d. Les répartitions transversales

Le thème de l'implication de la hiérarchie dans l'animation des outils de contrôle en général et dans le processus budgétaire en particulier connaît un regain d'intérêt avec les travaux de Simons (Simons, 1990 ; Simons, 1991 ; Simons, 1994). Celui-ci montre que le rôle du budget ne sera pas le même selon l'implication de la hiérarchie dans le processus.

Zrihen (2002) met par exemple en évidence différents niveaux d'implication de la direction dans le processus budgétaire d'une entreprise en fonction des changements de dirigeants.

Dans une comparaison entre les budgets des administrations et des entreprises, (Jones et al, 2000) soulignent que le budget dans les administrations tend à être fortement détaillé et doit être exécuté tel qu'il a été approuvé, alors que, dans le secteur privé, les budgets de divisions sont souvent économes en détail, se limitant presque aux objectifs financiers à réaliser.

Le niveau de détail du budget a trait au rôle de délégation, c'est-à-dire à la liberté laissée aux opérationnels pour atteindre leurs objectifs. Un niveau de détail faible permet une certaine décentralisation alors qu'un niveau de détail élevé réduit l'activité du contrôlé à une simple exécution.

Le niveau de formalisation d'une structure ou d'un outil est un élément qui a été largement mis en avant par l'école d'Aston. Une structure est formalisée « si les règles qui encadrent les comportements sont formulées explicitement et précisément et si les rôles et relations sont prescrites indépendamment des individus qui occupent une position dans la structure » (Scott, 2003).

En l'appliquant au budget, Ueno et Sekeraman (1992) proposent la définition suivante « niveau de formalisation des règles et procédures contraignant la formulation du budget ».

Cette dimension a été peu étudiée mais on peut penser qu'il y a une grande diversité de pratiques en la matière.

### **1.5.3. Le budget : rôle et critiques**

Divers rôles sont attribués au budget. Anthony (1988) résume les finalités du budget et du processus de préparation budgétaire en cinq points : « motiver les managers à dresser des plans, informer les managers de ce qui est attendu d'eux, obtenir un engagement des managers, coordonner les différentes activités d'une organisation, fournir un standard pour juger la performance réelle ».

De manière plus complète, une revue de la littérature permet de constater que le budget est présenté comme un moyen d'évaluer la performance des managers, de motiver les responsables opérationnels, de communiquer entre les différents niveaux hiérarchiques, de déployer la stratégie, de prévoir les besoins financiers, de gérer les risques, de coordonner les diverses activités, de piloter les différentes activités de l'entreprise, d'autoriser les dépenses, d'allouer les ressources et de communiquer avec les acteurs externes (Ekholm et Wallin, 2000 ; Gignon-Marconnet, 2000 ; Gignon Marconnet, 2003 ; Bouquin, 2006).

Depuis l'étude d'Argyris (1952, 1953) le budget fait l'objet de critiques importantes. L'école des relations humaines en contrôle de gestion s'est ainsi développée sur l'étude de ses effets négatifs sur la motivation.

Argyris (1953) souligne notamment que les budgets ne permettent pas de comprendre la performance, s'intéressent à la performance passée, sont rigides et parfois irréalistes. Ils sont de plus un moyen de pression qui crée de la tension, détruit la coopération et produit du stress. La solution proposée par l'école des relations humaines est alors de promouvoir la participation des opérationnels au budget pour favoriser leur implication.

Au début des années 90 la critique du budget reprend de la vigueur. En France, cette critique s'est traduite par une enquête de la DFCG qui se demandait au début des années 90 : Faut-il tuer le budget ?

Deux remèdes ont été proposés à la fin des années 90, celui des partisans d'une amélioration du budget grâce à l'Activity Based Budgeting (ABB) et celui des adeptes de sa suppression dans le cadre du Beyond Budgeting (BB) (Hansen, Otley et Van der Stede, 2003).

On reproche ainsi au budget d'être à l'origine de comportements opportunistes, de provoquer des comportements conservateurs, de décourager la coopération, de ne plus être pertinent dans un environnement devenu trop incertain, d'introduire des rigidités dans l'organisation,

d'imposer une culture de contrôle plutôt qu'une culture d'implication, de bloquer les innovations, d'être un rituel, de prendre trop de temps pour une faible valeur ajoutée, de traduire une prédominance de la rentabilité sur le court terme au détriment de la création de valeur sur le long terme et de se dérouler sur un horizon annuel qui n'est plus adapté au cycle d'activité des entreprises (Hope et Fraser, 2003 ; Bescos et al, 2004).

### **Conclusion**

Les budgets sont l'expression comptable et financière des plans d'action retenus pour que les objectifs visés et les moyens disponibles sur le court terme convergent vers les buts à long terme de l'organisation. Les systèmes budgétaires, qu'ils soient mis en place dans des entreprises ou dans d'autres organisations, sont un des éléments des dispositifs de contrôle de l'organisation.

Le système budgétaire fait partie du contrôle de gestion, qui est un des trois grands dispositifs sur les quels les dirigeants comptent pour garder la maîtrise.

Dans ce chapitre, nous avons déterminés les différents principes de gestion budgétaire, les techniques d'élaborations des budgets et un état de l'art sur la gestion budgétaire.

## Chapitre 2

# *Rappels théorique sur les séries chronologiques*

### **Introduction**

Une série chronologique est un ensemble de valeurs d'une variable indicée dans le temps. L'analyse des séries chronologiques permet d'étudier les situations passées et présentes et peut extrapoler l'évènement dans un futur relativement proche (la prévision). La prévision se fonde donc sur la connaissance du passé et de présent. Par l'analyse des séries chronologiques, on étudie une classe particulière de processus appelés processus aléatoires stationnaires. Ces processus sont caractérisés par le fait que leurs propriétés ne changent pas au cours du temps. Au sein des processus stationnaires, on se limite au processus dit stationnaire au second ordre.

L'objectif de ce chapitre est de présenter les éléments théoriques utilisés pour l'élaboration d'un modèle de prévision, les modèles autorégressifs AR(p), moyennes mobiles MA (q), mixte ARMA (p, q), ARIMA, SARIMA et particulièrement, la méthode de Box et Jenkins.

## 2.1. Stationnarité

### 2.1.1. Définition

**Définition 1.** Un processus  $(y_t)$ ,  $t \in Z$ , est stationnaire (au second ordre) si

- (i) Pour tout  $t \in Z$ ,  $E(y_t) = \mu$ , constante indépendante du temps,  $E(y_t^2) = \mu_2$ , constante indépendante du temps,
- (ii) Pour tout  $t \in Z$ ,  $V(y_t) = \gamma_0 < \infty$ , constante finie indépendante du temps,
- (iii) Pour tout  $t \in Z$ ,  $cov(y_t, y_{t-\tau}) = \gamma_\tau$ , constante indépendante du temps.

**Définition 2.** Un processus  $(y_t)$ ,  $t \in Z$ , sera appelé bruit blanc s'il est centré, homoscedastique (de variance constante) et non autocorrélé ( $E(y_t y_s) = 0$  si  $t \neq s$ ). Si, de plus, il suit une loi normale alors on parle de bruit blanc gaussien.

### 2.1.2. Remarque

Il apparait, à partir de la définition 2, qu'un processus d'un bruit blanc est un processus stationnaire.

## 2.2. Fonction d'autocovariance, fonction d'autocorrélation corrélogramme

### 2.2.1. Définition de la fonction d'autocovariance

Pour une série  $(y_t)$ ,  $t \in Z$ , on définit la fonction d'autocovariance, pour tout  $t \in Z$ , par

$$\tau \rightarrow \gamma_\tau = cov(y_t, y_{t-\tau}) = E((y_t - E(y_t))(y_{t-\tau} - E(y_{t-\tau}))).$$

Dans le cas d'un processus stationnaire :

$$E(y_t) = E(y_{t-\tau}) \text{ et donc } \gamma_\tau = cov(y_t, y_{t-\tau}) = E((y_t - E(y_t))(y_{t-\tau} - E(y_{t-\tau}))).$$

L'expression de  $y_t$  est estimée par l'autocovariance empirique :

$$\hat{\gamma}_\tau = \frac{1}{n} \sum_{t=\tau+1}^n (y_t - \bar{y})(y_{t-\tau} - \bar{y})$$

Où  $\bar{y}$  désigne la moyenne de la série calculée sur  $n$  périodes.

### 2.2.2. Définition de la fonction d'autocorrélation

Pour une série  $(y_t)$ , on définit la fonction d'autocorrélation, pour tout  $t \in \mathbb{Z}$ , par

$$\tau \rightarrow \rho_\tau = \text{corr}(y_t, y_{t-\tau}) = \frac{\gamma_\tau}{\gamma_0}$$

L'expression de  $\rho_\tau$  est estimée par l'autocorrélation empirique :

$$\hat{\rho}_\tau = \frac{\sum_{t=\tau+1}^n (y_t - \bar{y})(y_{t-\tau} - \bar{y})}{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2}$$

Où  $\bar{y}$  désigne la moyenne de la série calculée sur  $n$  périodes.

### 2.2.3. Définition du corrélogramme

Le graphique de la suite des  $\rho_\tau$  constitue le corrélogramme.

### 2.2.4. Propriétés

➤ Un processus est stationnaire si et seulement si les coefficients d'autocorrélation  $\rho_\tau$  tendent vers 0 lorsque  $\tau$  tend vers l'infini. Autrement dit, dans le cas où le corrélogramme ne laisse apparaître aucune décroissance vers 0 de ses termes, nous pouvons en conclure que la série n'est pas stationnaire en tendance.

Cette propriété sera souvent utilisée pour reconnaître un processus stationnaire.

➤ L'intervalle de confiance de  $\rho_\tau$  au seuil de signification  $\alpha$ .

Lorsque nous étudions la fonction d'autocorrélation d'une série chronologique, la question qui se pose est de savoir quels sont les termes  $\rho_\tau$  qui sont significativement différents de 0. En effet, par exemple, si aucun terme n'est significativement différents de 0, on peut conclure que le processus étudié ne comporte ni tendance ni saisonnalité et donc qu'à ce titre il est stationnaire. Ou encore c'est une série trimestrielle présente une valeur élevée pour  $\rho_4$  (corrélation entre  $y_t$  et  $(y_{t-4})$ ), la série étudié est certainement effectuée d'un mouvement saisonnier.

Quenouille (1949)<sup>1</sup> a démontré que l'intervalle de confiance  $\rho_\tau$  est, dans le cas d'un échantillon de loi normale ou de taille importante ( $n > 30$ ),

$$\left[ -\frac{z_{\frac{\alpha}{2}}}{\sqrt{n}}, \frac{z_{\frac{\alpha}{2}}}{\sqrt{n}} \right]$$

Où la valeur de  $\frac{z_\alpha}{2}$  est lue dans la table normale centrée réduite. Si le coefficient calculé  $\hat{\rho}_\tau$  est à l'extérieur de cette intervalle de confiance, il est significativement différent de 0 au seuil  $\alpha$  (en générale  $\alpha = 0.05$  et  $\frac{z_\alpha}{2} = 1.96$ ). Ainsi, pour avoir un bruit blanc gaussien, il est nécessaire que tous les termes  $\hat{\rho}_\tau$  soient à l'intérieur de cet intervalle. La plupart des logiciels fournissent, avec le corrélogramme, l'intervalle de confiance de  $\rho_\tau$ , ce qui autorise une interprétation instantanée.

### 2.2.5. Définition de la fonction d'autocorrélation partielle

Pour une série  $(y_t)$ , on définit la fonction d'autocorrélation partielle, pour tout  $t \in \mathbb{Z}$ , par

$$\tau \rightarrow \tau_t = \frac{\text{cov}(y_t - y_t^*, y_{t-\tau} - y_{t-\tau}^*)}{v(y_t - y_t^*)}$$

Où  $y_t^*$  désigne l'observation estimée de la variable à expliquer  $y_t$  par la régression linéaire multiple  $y_t = a_1 y_{t-1} + a_2 y_{t-2} + \dots + a_{t-1} y_{t-(t-1)} + \epsilon_t$  et  $y_{t-\tau}^*$  désigne l'observation estimée de la variable à expliquer  $y_{t-\tau}$  par le modèle de régression linéaire multiple  $y_{t-\tau} = b_1 y_{t-1} + b_2 y_{t-2} + \dots + b_{t-1} y_{t-(t-1)} + \epsilon_{t-\tau}$ . Il s'agit de coefficient de corrélation entre  $y_t$  et  $y_{t-\tau}$ , l'influence des autres variables  $y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-(t-1)}$  ayant été retirée.

### 2.2.6. Définition de corrélogramme partiel

Le graphique de la suite de  $r_\tau$ , constitue le corrélogramme partiel.

L'intérêt pratique des fonctions d'autocovariance, d'autocorrélation et d'autocorrélation partielle se retrouve dans l'étude des processus stationnaires tels que les processus autorégressifs (notée *AR*), les processus de moyenne mobile (notée *MA*) et les processus mixtes autorégressifs et de moyenne mobile (notée *ARMA*).

<sup>1</sup> M.H. Quenouille. "Approximate tests of correlation in times series". Journal of the royal statistical society, series B, 11, p.68\_84, 1949.

### 2.3. Les processus autorégressifs d'ordre p : AR(p)

Un processus d'autorégressif (autorégressive model) d'ordre p retrace la façon dont est générée l'observation présente  $y_t$  à partir de ses observations passées  $y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-p}$ .

Il est dit autorégressif d'ordre p, et on le note AR (p), s'il vérifie une relation de la forme :

$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \epsilon_t, \text{ pour tout } t \in \mathbb{Z},$$

Ou encore, en introduisant l'opérateur de décalage  $D$  tel que  $D^j y_t = y_{t-j}$ ,

$$y_t - \phi_1 y_{t-1} - \phi_2 y_{t-2} - \dots - \phi_p y_{t-p} = \epsilon_t \Leftrightarrow$$

$$y_t - \phi_1 D y_t - \phi_2 D^2 y_t - \dots - \phi_p D^p y_t = \epsilon_t \Leftrightarrow$$

$$(1 - \phi_1 D - \phi_2 D^2 - \dots - \phi_p D^p) y_t = \epsilon_t \Leftrightarrow$$

$$\Phi(D) y_t = \epsilon_t$$

Où  $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$  désignent les paramètres du modèle,  $(\epsilon_t)$  est un bruit blanc et  $\Phi(D) = (1 - \phi_1 D - \phi_2 D^2 - \dots - \phi_p D^p)$ . Un processus AR(p) peut aussi comporter un terme constant.

#### 2.3.1 Le processus AR(1)

La forme générale des processus de type AR(1) est :

$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \epsilon_t$$

Ou encore, en introduisant l'opérateur de décalage  $D$  tel que  $D y_t = y_{t-1}$ ,

$$y_t - \phi_1 y_{t-1} = \epsilon_t \Leftrightarrow y_t - \phi_1 D y_t = \epsilon_t \Leftrightarrow (1 - \phi_1 D) y_t = \epsilon_t \Leftrightarrow \Phi(D) y_t = \epsilon_t$$

Où  $\phi_1$  désigne le paramètre du modèle,  $(\epsilon_t)$  est un bruit blanc et  $\Phi(D) = (1 - \phi_1 D)$ .

#### 2.3.2. Stationnarité et inversibilité du processus AR(1)

Afin de déterminer la condition de stationnarité d'un processus AR(1), on exprime  $y_t$  sous forme d'une série de  $\epsilon_t$ , soit :

$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \epsilon_t = \phi_1 (\phi_1 y_{t-2} + \epsilon_{t-1}) + \epsilon_t = \phi_1^2 y_{t-2} + \phi_1 \epsilon_{t-1} + \epsilon_t$$

et de proche en proche, on arrive à :

$$y_t = \phi_1^{t-1} y_1 + \phi_1^{t-2} \epsilon_2 + \dots + \phi_1 \epsilon_{t-1} + \epsilon_t$$

En utilisant la condition d'initialisation du processus  $y_0 = 0$ , on obtient  $y_1 = \epsilon_1$  et donc :

$$y_t = \phi_1^{t-1} \epsilon_1 + \phi_1^{t-2} \epsilon_2 + \dots + \phi_1 \epsilon_{t-1} + \epsilon_t$$

Il en résulte, du fait que  $(\epsilon_t)$  est un bruit blanc, que :

$$E(y_t) = 0,$$

$$V(y_t) = (1 + \phi_1^2 + (\phi_1^2)^2 + \dots + (\phi_1^2)^{t-1}) \sigma_\epsilon^2 = \left( \frac{1 - (\phi_1^2)^t}{1 - \phi_1^2} \right) \sigma_\epsilon^2,$$

$$\text{cov}(y_t, y_{t-\tau}) = \phi_1^\tau (1 + \phi_1^2 + (\phi_1^2)^2 + \dots + (\phi_1^2)^{t-\tau-1}) \sigma_\epsilon^2 = \phi_1^\tau \left( \frac{1 - (\phi_1^2)^{t-\tau}}{1 - \phi_1^2} \right) \sigma_\epsilon^2$$

avec  $\sigma_\epsilon^2 = V(\epsilon_t)$ .

On constate que, pour  $|\phi_1^\tau| < 1$ ,

$$E(y_t) = 0,$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} v(y) = \frac{\sigma_\epsilon^2}{1 - \phi_1^2}$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \text{cov}(y_t, y_{t-\tau}) = \frac{\phi_1^\tau \sigma_\epsilon^2}{1 - \phi_1^2}$$

Le processus  $(y_t)$  est donc asymptotiquement stationnaire. Ainsi,  $|\phi_1^\tau| < 1$ , est la condition de stationnarité d'un processus AR(1).

### 2.3.3. Propriété d'inversibilité

Un processus AR(1) est stationnaire si les racines de polynôme retard  $1 - \phi_1 z$  sont à l'extérieur de la boule unité (c'est-à-dire de module supérieur à 1).

En effet,

$$1 - \phi_1 z = 0 \Leftrightarrow z = \frac{1}{\phi_1}$$

Ainsi, si  $|\phi_1| < 1$ ,  $|z| = \frac{1}{\phi_1} > 1$ . D'où le résultat.

### 2.3.4. Identification d'un processus AR(1)

L'identification d'un processus AR(1) peut se faire par sa fonction d'autocorrélation et sa fonction d'autocorrélation partielle.

En effet, un processus AR(1) est caractérisé par une décroissance géométrique des termes de sa fonction d'autocorrélation de type :

$$\rho_\tau = \phi_1^\tau$$

Par le fait que sa fonction d'autocorrélation partielle est tronquée au-delà de l'ordre 1 :

$$\gamma_\tau = \begin{cases} \rho_1 & \text{si } \tau = 1 \\ 0 & \text{si } \tau > 1 \end{cases}$$

### 2.3.5. Stationnarité et inversibilité du processus AR(p)

Le polynôme  $\Phi$  du processus AR(p) peut s'écrire :

$$\Phi(z) = \prod_{i=1}^p (1 - \lambda_i z)$$

Comme pour le processus AR(1), afin d'obtenir la stationnarité, il est nécessaire que  $|\lambda_{ij}| < 1$ .

Cette condition de stationnarité correspond à des racines du polynôme

$\Phi(D) = (1 - \phi_1 D - \phi_2 D^2 - \dots - \phi_p D^p)$  supérieures à 1 en module (propriété d'inversibilité).

### 2.3.6. Identification d'un processus AR(p)

Le processus  $(y_t)$  s'écrit

$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \epsilon_t$$

En multipliant cette équation par  $y_{t-\tau}$ , en prenant l'espérance mathématique et en divisant par  $\gamma_0$ , on obtient

$$\rho_{t-\tau} - \phi_1 \rho_{t-\tau-1} - \dots - \phi_p \rho_{t-\tau-p} = 0 \text{ pour } \tau > 0.$$

A partir de cette équation, il est possible de montrer le résultat suivant : un processus AR(p) est caractérisé par une décroissance exponentielle ou sinusoidale amortie de sa fonction d'autocorrélation et par le fait que sa fonction d'autocorrélation partielle est tronquée au-delà de l'ordre  $p$  :

$$r_\tau = 0 \text{ pour } \tau > p.$$

### 2.3.7. Estimation des paramètres du processus AR(p)

Considérons le modèle autorégressif d'ordre  $p$  suivant :

$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \epsilon_t$$

Où  $(\epsilon_t)$  désigne un bruit blanc. Afin d'estimer les paramètres  $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ , l'application de la méthode classique des MCO est licite si le nombre d'observations est suffisant (souvent dans la pratique  $n > 15$ ).

### 2.4. Les processus des moyennes mobiles MA(q)

On appelle processus moyenne mobile (moving average) d'ordre  $q$ , notée MA (q), un processus vérifiant la relation :

$$y_t = \epsilon_t - \theta_1 \epsilon_{t-1} - \theta_2 \epsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \epsilon_{t-q}, \text{ pour tout } t \in \mathbb{Z},$$

Ou encore, en introduisant l'opérateur de décalage  $D$  tel que  $D^j \epsilon_t = \epsilon_{t-j}$ ,

$$y_t = \theta(D) \epsilon_t$$

Où  $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$  désignent les paramètres du modèle,  $(\epsilon_t)$  est un bruit blanc et  $\theta(D) = (1 - \theta_1 D - \theta_2 D^2 - \dots - \theta_q D^q)$ .

Contrairement au processus AR (p), les processus MA (q) sont toujours des processus stationnaires puisque  $y_t$ 's'écrit comme combinaison linéaire des  $\epsilon_t$ .

### 2.4.1. Le processus MA (1)

La forme générale des processus de type MA (1) est  $y_t = \epsilon_t - \theta_1 \epsilon_{t-1}$ . Ou encore, en introduisant l'opérateur de décalage  $D$ ,  $y_t = \epsilon_t - \theta_1 \epsilon_{t-1} = (1 - \theta_1 D) \epsilon_t = \theta(D) \epsilon_t$

Où  $\theta_1$  désigne le paramètre du modèle,  $(\epsilon_t)$  est un bruit blanc et  $\theta(D) = (1 - \theta_1 D)$ .

### 2.4.2. Condition d'inversibilité d'un processus MA (1)

Afin de déterminer la condition d'inversibilité d'un processus MA (1), on procède comme suit :

$$y_t = \epsilon_t - \theta_1 \epsilon_{t-1} = -\theta_1 \epsilon_{t-1} + \epsilon_t$$

$$\begin{aligned} y_t &= -\theta_1 (y_{t-1} + \theta_1 \epsilon_{t-2}) + \epsilon_t = -\theta_1 y_{t-1} - \theta_1^2 \epsilon_{t-2} + \epsilon_t \\ &= \dots = -\theta_1 y_{t-1} - \theta_1^2 y_{t-2} - \theta_1^3 y_{t-3} - \dots + \epsilon_t \end{aligned}$$

Si  $\theta_1 > 1$  ou  $\theta_1 < -1$  le point du passé va en grandissant, ce qui est absurde. Alors, les seules valeurs acceptables pour  $\theta_1$  soient comprises entre 1 et -1.

Ainsi  $|\theta_1| < 1$  est la condition d'inversibilité d'un processus MA (1).

Un processus MA (1) est inversible si les racines du polynôme  $(1 - \theta_1 z)$  sont à l'extérieur de la boule unité. En effet,

$$1 - \theta_1 z = 0 \Leftrightarrow z = \frac{1}{\theta_1}$$

Ainsi, si  $|\theta_1| < 1$ ,  $|z| = \left| \frac{1}{\theta_1} \right| > 1$ . D'où le résultat.

### 2.4.3. Condition d'inversibilité d'un processus MA (q)

Le polynôme  $\theta$  du processus MA (q) peut s'écrire

$$\theta(z) = \prod_{i=1}^q (1 - \lambda_i z)$$

Comme pour le processus MA (1), afin d'obtenir la condition d'inversibilité, il faut que  $|\lambda_i| < 1$ . Cette condition d'inversibilité correspond à des racines du polynôme  $\theta(D) = (1 - \theta_1 D - \theta_2 D^2 - \dots - \theta_q D^q)$  supérieures à 1 en module.

### 2.4.4. La fonction d'autocorrélation d'un processus MA (q)

La fonction d'autocorrélation d'un processus MA (q) est de la forme générale

La fonction d'autocorrélation est donc tronquée au-delà de l'ordre  $q$ .

$$\rho_\tau = \begin{cases} \frac{-\theta_\tau + \theta_1\theta_{\tau+1} + \dots + \theta_{q-\tau}\theta_q}{1 + \theta_1^2 + \dots + \theta_q^2} & \text{si } \tau = 1 \dots q \\ 0 & \text{si } \tau > q \end{cases}$$

### 2.4.5 La fonction d'autocorrélation partielle d'un processus MA (q)

Contrairement aux processus AR(p), on montre que la fonction d'autocorrélation partielle d'un processus MA(q) n'est pas tronquée au-delà de l'ordre  $q$ .

En faisant varier  $t$  de 1 à  $q$  et en remplaçant  $\rho_\tau$  par  $\hat{\rho}_\tau$ , on obtient un système non linéaire de  $q$  inconnues à  $q$  équations suivant :

$$\begin{cases} \hat{\rho}_1 = \frac{(-\theta_1 + \theta_1\theta_2 + \dots + \theta_{q-1}\theta_q)}{1 + \theta_1^2 + \dots + \theta_q^2} \\ \hat{\rho}_2 = \frac{(-\theta_2 + \theta_2\theta_1 + \dots + \theta_{q-2}\theta_q)}{1 + \theta_1^2 + \dots + \theta_q^2} \\ \vdots \\ \hat{\rho}_q = \frac{-\theta_q}{1 + \theta_1^2 + \dots + \theta_q^2} \end{cases}$$

L'estimation préliminaire des paramètres  $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$  d'un processus MA(q) s'obtient en résolvant ce système.

## 2.5. Les processus autorégressifs et de moyenne mobile : ARMA (p, q)

Un processus  $(y_t)$ ,  $t \in Z$ , est dit autorégressif d'ordre p et moyenne mobile d'ordre q, s'il peut être représenté sous la forme :

$$y_t - \theta_1 y_{t-1} - \theta_2 y_{t-2} - \dots - \theta_p y_{t-p} = \epsilon_t - \theta_1 \epsilon_{t-1} - \theta_2 \epsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \epsilon_{t-q} \Leftrightarrow$$

$$\Phi(D)y_t = \theta(D)\epsilon_t$$

Où  $\Phi(D) = (1 - \phi_1 D - \phi_2 D^2 - \dots - \phi_p D^p)$  et  $\theta(D) = (1 - \theta_1 D - \theta_2 D^2 - \dots - \theta_q D^q)$ .

Les coefficients  $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p, \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$  sont les paramètres du modèle et  $(\varepsilon_t)$  est un bruit blanc.

Pour obtenir un processus ARMA (p, q) stationnaire, il est nécessaire que les racines de  $\theta(D)y_t = 0$  se situent à l'extérieur de boule unité.

Pour que le processus ARMA (p, q) soit inversible, il faut que les racines de  $\theta(D)\varepsilon_t = 0$  soient à l'extérieur du boule unité.

Les corrélogrammes et les corrélogrammes partiels sont, par voie de conséquence, un mélange des deux corrélogramme des processus AR et MA purs.

Dans le tableau suivant, bourbonnais et Terraza<sup>2</sup> (2004) propose un récapitulatif sur les formes des fonctions d'autocorrélation partielles est théoriques des processus AR(p), MA(q) et ARMA (p, q).

**Tableau 2.1** : Résumé des propriétés des fonctions d'autocorrélation simple et partielle.

Modèle	Autocorrélation	Autocorrélation partielle
Bruit blanc	Nulle pour $k > 0$	Nulle pour $k > 0$
AR(p) : $\phi_p(B)X_t = \varepsilon_t$	Décroissance exponentielle et/ou sinusoïdale	Pics significatifs pour les p premiers retards, les autres coefficients sont nuls pour des retards $> p$
MA(q) : $X_t = \theta_q(B)\varepsilon_t$	Pics significatifs pour les p premiers retards, les autres coefficients sont nuls pour des retards $> q$	Décroissance exponentielle et/ou sinusoïdale
ARMA (p,q) : $\phi_p(B)x_t = \theta_q(B)\varepsilon_t$	Décroissance exponentielle ou sinusoïdale amortie	Décroissance exponentielle ou sinusoïdale amortie

**Source** : D'après Bourbonnais et Terraza.

<sup>2</sup> R. Bourbonnais et M. Terraza. " Analyse des séries temporelles. Application à l'économie et à la gestion ", édition Dunod, p.205, 2004.

$K$  : nombres de paramètres

L'estimation des paramètres dans un modèle ARMA ( $p, q$ ), si l'hypothèse de normalité des erreurs est réalisée, se fait par la méthode de maximum de vraisemblance.

Lorsque les paramètres du modèle sont estimés, il faut vérifier si les conditions de stationnarité et d'inversibilité sont satisfaites. Les coefficients peuvent être testés individuellement à l'aide du teste de student et le modèle peut être testé globalement à l'aide de teste de Box et Pierce ou à partir du test de Ljung et Box.

## 2.6. Test d'adéquation (ou de validation) du modèle

On a supposé que le processus  $(\epsilon_t)$  est un bruit blanc ; afin de valider le modèle estimé, on doit retrouver un résultat analogue sur les résidus  $(e_t)$ . Le test de Box et Pierce permet d'identifié le processus de bruit blanc. Il repose sur le coefficient d'autocorrélation empirique :

$$\hat{\rho}_\tau = \frac{\sum_{t=\tau+1}^n e_t e_{t-\tau}}{\sum_{t=1}^n e_t^2}, \tau = 1 \dots M$$

Cette statistique permet de tester  $H_0 = \rho_\tau = \text{corr}(\epsilon_t, \epsilon_{t-\tau}) = 0$ , pour tout  $\tau \in \{1, \dots, M\}$ . Pour effectuer ce test, on utilise la statistique  $Q$  (due à Box et Pierce) qui est donnée par :

$$Q = n \sum_{j=1}^M \hat{\rho}_j^2$$

Où  $M$  est la partie entière de  $\min\left(\frac{n}{2}, 3\sqrt{n}\right)$  et  $n$  est le nombre d'observations.

Asymptotiquement, sous  $H_0$  la statistique  $Q$  suit une loi du Khi-deux à  $M$  degré de liberté.

si  $Q > \chi_M^2(\alpha)$  alors nous rejetons l'hypothèse de bruit blanc au seuil de signification  $\alpha$ , le modèle estimé n'est pas bon. La valeur de  $\chi_M^2(\alpha)$  est lue dans la table du  $\chi^2$  (Khi-deux) à  $M$  degré de liberté au seuil de signification  $\alpha$ .

On peut également utiliser la statistique de Ljung et Box (dont les propriétés sont meilleures) :

$$Q^* = n(n+2) \sum_{j=1}^M \frac{\hat{\rho}_j^2}{n-j}$$

qui est aussi distribuer selon un  $\chi^2$  à  $M - K$  degrés de liberté,  $K$  étant le nombre de paramètres du modèle. Dans le cas d'un modèle ARMA ( $p, q$ ), on a  $K = p + q$ . Dans ce cas, nous rejetons

l'hypothèse de bruit blanc au seuil de signification  $\alpha$  si  $Q^* > \chi_{M-k}^2(\alpha)$ , le modèle estimé n'est pas adéquat.

Le logiciel TSP-Eviews fournit les résultats des fonctions d'autocorrélation et d'autocorrélation partielle, avec les corrélogrammes respectifs. Les bornes de l'intervalle de confiance sont stérilisés par des traits pointillés horizontaux; chaque terme qui sort de cet intervalle est donc significativement différent de 0 au seuil de  $\alpha=0.05$ . La statistique  $Q^*$  de Ljung et Box et la probabilité critique de ce test (probabilité de rejeter à tort l'hypothèse  $H_0$  de nullité des coefficients  $\rho_\tau$ ) sont indiquées. D'autres logiciels de statistiques tels que STATISTICA, R et SAS fournissent également ces résultats.

## 2.7. Spécification automatique des modèles ARMA

L'identification des processus ARMA (p, q) peut aussi se faire à l'aide du critère AIC (critère d'information d'Akaike). Ce critère consiste à minimiser :

$$2(p+q+1) + (n-p) \text{Log}(\hat{\sigma}_\epsilon^2)$$

Avec :

$$\hat{\sigma}_\epsilon^2 = \frac{\sum_{t=p+1}^n e_t^2}{n-p}$$

Si l'on trace le graphique de la fonction  $2(p+q+1) + (n-p) \text{Log}(\hat{\sigma}_\epsilon^2)$  en fonction des différentes valeurs de  $p+q+1$ , on obtient un minimum pour une certaine valeur de  $p+q+1$ . Ce minimum, appelé MAIC (Minimum AIC), donne donc le nombre de paramètres adéquat pour estimer le modèle ARMA (p, q).

### 2.7.1. Remarque

Si après les différents tests de diagnostic, le modèle estimé n'est pas bon, il faut rechercher une nouvelle spécification. La façon usuelle de respecifier un modèle est d'examiner la fonction d'autocorrélation des résidus. Par exemple, si on suppose que l'on a estimé initialement un processus AR(2) :  $y_t = \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + u_t$  et que l'autocorrélation résidus nous suggère un processus MA(1) :  $u_t = \epsilon_t - \theta_1 \epsilon_{t-1}$

Où  $(\epsilon_t)$  est un bruit blanc, alors le modèle correctement spécifier est un processus ARMA (2,1) :  $y_t - \phi_1 y_{t-1} - \phi_2 y_{t-2} = \epsilon_t - \theta_1 \epsilon_{t-1}$ .

Il faut ensuite tester l'hypothèse de nullité de l'autocorrélation des résidus de ce nouveau modèle pour vérifier la propriété de bruit blanc des résidus.

## 2.8. Les processus ARIMA

Les modèles AR, MA et ARMA ne sont représentatifs que des processus stationnaires en tendance et corrigés des variances saisonnières. Si le processus étudié n'est pas stationnaire en tendance, il convient de le stationnariser par passage aux différences selon l'ordre d'intégration  $d$  (c'est-à-dire le nombre de fois qu'il faut différencier le processus pour le rendre stationnaire) par la transformation :

$$\Phi(D)\Delta^d y_t = \theta(D)\epsilon_t$$

avec :

$$\Delta y_t = y_t - y_{t-1} = (1 - D)y_t$$

$$\begin{aligned} \Delta^2 y_t &= \Delta(\Delta y_t) = \Delta(y_t - y_{t-1}) = (y_t - y_{t-1}) - (y_{t-1} - y_{t-2}) = y_t - 2y_{t-1} + y_{t-2} = (1 - 2D + D^2)y_t \\ &= (1 - D)^2 y_t \end{aligned}$$

$$\Delta^d y_t = (1 - D)^d y_t$$

$\Delta^d$  est appelé l'opérateur de différenciation à l'ordre  $d$  (le but de cet opérateur est donc d'éliminer la tendance).

Par définition, on appelle modèle ARIMA (autoregressive integrated moving average model) de paramètres  $p, d, q$ , un modèle de la forme :

$$\Phi(D)\Delta^d y_t = \theta(D)\epsilon_t$$

Où  $\Phi(D) = (1 - \phi_1 D - \phi_2 D^2 - \dots - \phi_p D^p)$  et  $\theta(D) = (1 - \theta_1 D - \theta_2 D^2 - \dots - \theta_q D^q)$

## 2.9. Les processus SARIMA

Si le processus étudié comporte une saisonnalité (une valeur élevée du coefficient de corrélation  $\rho_s$  entre  $y_t$  et  $y_{t-s}$ ) alors il s'agit d'un processus à variation saisonnières (donc non

stationnaire), il convient de le stationnariser (en éliminant la saisonnalité) en utilisant l'opérateur de différenciation saisonnière  $\Delta_s$  défini par :

$$\Delta_s y_t = y_t - y_{t-s} = y_t - D^s y_t = (1 - D^s) y_t.$$

On se ramène alors un modèle

$$\Phi(D) \Delta_s y_t = \Theta(D) \epsilon_t \Leftrightarrow \Phi(D) (1 - D^s) y_t = \Theta(D) \epsilon_t.$$

Lorsque l'opérateur de différenciation saisonnière et d'ordre  $S$  (c'est-à-dire que  $y_t$  est différencié  $S$  fois d'une période  $s$ ), on utilise l'opérateur de différenciation d'ordre  $S$  défini par :

$$\Delta_s^S y_t = (1 - D^s)^S y_t.$$

Par exemple, pour  $s=2$ , on vérifie bien que

$$\Delta_s^2 y_t = (1 - D^s)^2 y_t$$

En effet,

$$\begin{aligned} \Delta_s^S y_t &= \Delta_s (\Delta_s y_t) = \Delta_s (y_t - y_{t-s}) = (y_t - y_{t-s}) - (y_{t-s} - y_{t-2s}) = (y_t - y_{t-s}) - (y_{t-s} - y_{t-2s}) = y_t - 2y_{t-s} + \\ & y_{t-2s} = (1 - 2D^s + D^{2s}) y_t = (1 - D^s)^2 y_t \end{aligned}$$

Dans ce cas, le modèle transformé par l'opérateur de différenciation saisonnière d'ordre  $S$  s'écrit :

$$\Phi(\Delta) \Delta_s^S y_t = \Theta(D) \epsilon_t \Leftrightarrow \Phi(D) (1 - D^s)^S y_t = \Theta(D) \epsilon_t.$$

Il s'agit d'un cas particulier d'un modèle générale mixte multiplicatif saisonnier SARIMA qui s'écrit sous la forme

$$\Phi(D) \Psi(D^s) \Delta^d y_t \Delta_s^S y_t = \Theta(D) \Lambda(D^s) \epsilon_t.$$

avec:

$$\Psi(D^s) = (1 - \alpha_s D^s - \alpha_{2s} D^{2s} - \dots - \alpha_{ps} D^{ps})$$

et

$$\Lambda(D^s) = (1 - \beta_s D^s - \beta_{2s} D^{2s} - \dots - \beta_{qs} D^{qs})$$

Où  $(\epsilon_t)$  est un bruit blanc,  $\Phi$  et  $\Psi$  des opérateurs autorégressifs de degrés respectifs  $p$  et  $P$ ,  $\Theta$  et  $\Lambda$  des opérateurs de moyennes mobiles de degrés respectifs  $q$  et  $Q$ .

Un tel modèle est un modèle SARIMA  $(p, d, q) (P, S, Q)_s$

**Exemple:** Un modèle SARIMA  $(0, 0, 1) (0, 1, 1)_4$  s'écrira :

$$(1 - D^4)y_t = (1 - \theta_1 D)(1 - \beta_4 D^4) \epsilon_t,$$

soit :

$$y_t - y_{t-4} = \epsilon_t - \theta_1 \epsilon_{t-1} - \beta_4 \epsilon_{t-4} + \theta_1 \beta_4 \epsilon_{t-5}.$$

Ce processus à une périodicité d'ordre 4 ( $s=4$ ), il est différencié saisonnièrement une fois ( $S=1$ ) et n'a pas de différence en tendance ( $d=0$ ). Il y a un terme MA saisonnier au retard 4 ( $Q=1$ ) et un terme non saisonnier au retard 1 ( $q=1$ ).

## 2.10. Méthode de Box et Jenkins

Nous pouvons résumer les différentes étapes de la méthodologie de Box et Jenkins selon l'organigramme suivant :

**Etape 1.** Analyse des caractéristiques de stationnarité du processus : élimination de la tendance et de la saisonnalité.

**Etape 2.** Identification du modèle par les fonctions d'autocorrélation et d'autocorrélation partielle.

**Etape 3.** Estimation des paramètres du modèle ;

**Etape 4.** Validation du modèle en utilisant le test de Ljung-Box (ou le test Box-Pierce).

**Etape 5.** Prévision.

## 2.11. Prévision

La prévision qui minimise l'erreur à l'instant  $n+h$  est donnée par l'espérance conditionnelle de  $y_{n+h}$  quand  $y_n, y_{n-1}, \dots, y_1$  sont connus :

$$\hat{y}_{n+h} = E(y_{n+h} | y_n, y_{n-1}, \dots, y_1)$$

Cette espérance conditionnelle s'obtient en ne tenant compte que des termes d'indice inférieur ou égale à  $n$  pour ce qui concerne les erreurs.

**Exemple** : considérons un modèle ARMA (1, 1) :

$$y_t - \phi_1 y_{t-1} = \epsilon_t - \theta_1 \epsilon_{t-1}, \quad t = 1, \dots, n.$$

La variable à l'horizon  $h$ , s'écrit :

$$y_{n+h} - \phi_1 y_{n+h-1} = \epsilon_{n+h} - \theta_1 \epsilon_{n+h-1}.$$

Pour  $h=1$ , on aura :

$$y_{n+1} = \phi_1 y_n + \epsilon_{n+1} - \theta_1 \epsilon_n.$$

La prévision qui minimise l'erreur à l'instant  $n+1$  est :

$$\begin{aligned} \hat{y}_{n+1} &= E(y_{n+1} | y_n, y_{n-1}, \dots, y_1) \\ &= \phi_1 E(y_n | y_n, y_{n-1}, \dots, y_1) + E(\epsilon_{n+1} | y_n, y_{n-1}, \dots, y_1) - \theta_1 E(\epsilon_n | y_n, y_{n-1}, \dots, y_1) \\ &= \phi_1 y_n - \theta_1 \epsilon_n \end{aligned}$$

Car  $E(\epsilon_{n+1} | y_n, y_{n-1}, \dots, y_1) = 0$  (on ne tient pas compte de  $n+1$ ).

Si  $h=2$ , on aura :

$$y_{n+2} = \phi_1 y_{n+1} + \epsilon_{n+2} - \theta_1 \epsilon_{n+1}.$$

La prévision qui minimise l'erreur à l'instant  $n+2$  est :

$$\begin{aligned} \hat{y}_{n+2} &= E(y_{n+2} | y_n, y_{n-1}, \dots, y_1) \\ &= \phi_1 E(y_{n+1} | y_n, y_{n-1}, \dots, y_1) + E(\epsilon_{n+2} | y_n, y_{n-1}, \dots, y_1) - \theta_1 E(\epsilon_{n+1} | y_n, y_{n-1}, \dots, y_1) \\ &= \phi_1 E(y_{n+1} | y_n, y_{n-1}, \dots, y_1) \\ &= \phi_1 \hat{y}_{n+1} \end{aligned}$$

Car  $E(\epsilon_{n+1} | y_n, y_{n-1}, \dots, y_1) = E(\epsilon_{n+2} | y_n, y_{n-1}, \dots, y_1) = 0$  (on ne tient pas compte de  $\epsilon_{n+1}$  et de  $\epsilon_{n+2}$ ).

De proche en proche, on montre que :

$$\hat{y}_{n+2} = \phi_1^2 \hat{y}_{n+1}, \dots, \hat{y}_{n+h} = \phi_1^{h-1} \hat{y}_{n+1}$$

avec

$$\hat{y}_{n+1} = \phi_1 y_n - \theta_1 \epsilon_n.$$

Cette prévision dépend des vraies valeurs des paramètres  $\phi_1$  et  $\theta_1$ . Dans la pratique, on utilise les valeurs estimées  $\hat{\phi}_1$  et  $\hat{\theta}_1$ .

## 2.12. Etat de l'art sur la méthode de Box et Jenkins

Nous allons donner un aperçu sur les travaux de références de la méthode de Box et Jenkins.

### 2.12.1. La méthodologie Box et Jenkins pas à pas

Box et Jenkins (1976) ont développé une véritable méthodologie de recherche systématique d'un modèle adéquat en fonction de l'étude des corrélogrammes empiriques, ils se réfèrent à deux types de modèle : des processus moyennes mobiles, des modèles autorégressifs, ou à une combinaison des deux.

Les processus ARMA ne peuvent être estimés que sur des processus stationnaires. Si  $(X_t)$  est une série à non stationnarité, il convient d'utiliser un processus ARIMA  $(p, d, q)$ .

On s'intéresse à la mise en œuvre d'une modélisation linéaire de série chronologique par la méthodologie de Box et Jenkins (1976) basée sur les processus de type autorégressif moyenne-mobile, ou ARMA.

Depuis leur introduction au début des années 1970, ces processus se sont révélés extrêmement utiles dans la pratique pour modéliser la dynamique de court terme de différentes séries chronologiques univariées. De plus, il s'avère que ce type de modélisation permet de fournir des prévisions de bonne qualité sur des horizons de court et moyen terme.

Les étapes de la méthodologie d'analyse des séries chronologiques synthétisées par Box et Jenkins en 1976, sont :

#### a. Détermination des ordres des processus ARMA

C'est la première étape de la procédure de Box-Jenkins consiste à choisir les ordres des parties AR (choix de l'entier  $p$ ) et MA (choix de l'entier  $q$ ).

- **Choix des entiers  $p$  et  $q$**

En pratique, on cherche donc le retard  $k$ . Cette recherche se fait en appliquant le test de Bartlett le test de Quenouille.

Une manière efficace de choisir les ordres des parties AR et MA consiste à choisir les ordres  $p$  et  $q$  de telle sorte qu'ils optimisent un certain critère d'intérêt, déterminé a priori. Un des critères les plus utilisés en statistique est le critère d'information d'Akaike (1977), dénoté AIC (Akaike Information Criterion). Il est à noter que d'autres critères d'information existent dans la littérature statistique, tels que le critère bayésien de Schwartz (SBC, Schwartz Bayesian Criterion), ou (BIC, Bayesian Information Criterion), le critère de Hannan (HIC, Hannan Information Criterion) ou le critère de Akaike corrigé (AICC, AIC Corrected). On renvoie, par exemple, à Hamilton (1994) pour une définition de ces critères. On note également que ces critères sont relatifs à la qualité d'ajustement du modèle aux données, mais on peut envisager une recherche automatique de  $p$  et de  $q$  en comparant la qualité des prédictions du modèle par validation croisée.

- **Choix du nombre de retards**

D'après Schwert (1989) et Agiakoglou et Newbold (1992). Ils ont bien précisés que la taille et la puissance de tests précédemment cités sont sensibles aux nombres de retards "P" choisis. Dickey-Fuller montrent qu'un processus ARIMA ( $p, 1, q$ ) peut être approché par un ARIMA ( $k, 0, 0$ ). Dans ce cas, la  $t$ -statistique de l'hypothèse nulle de racine unitaire dans un test ADF à la même distribution que celle de DF.

Ng et Perron (1995), examinent en détails les différentes méthodes de détermination du nombre de retards.

Les critères d'information les plus fréquemment utilisés sont le critère d'information d'Akaike (1969) (AIC), le critère d'information de Schwarz (1978) (BIC) et le critère d'information de Hannan et Quinn (1979) (HQ).

- **Règle séquentielle de choix de P**

Hall (1994) discute deux règles séquentielles. La première, appelée "general to specific rule" consiste à commencer avec un nombre de retards assez élevé  $P_{\max}$  et d'éliminer les derniers retards non significatifs un par un jusqu'à l'obtention d'un "P" significatif. La deuxième, appelée "specific to general rule" consiste à commencer avec un petit nombre de retard et de l'augmenter successivement jusqu'à l'obtention d'un retard non significatif.

Elliott et al (1996), décomposent une série en une composante déterministe  $d_t$  et une marche aléatoire.

Ng et Perron (2001), proposent une modification des critères AIC et BIC qui permet une amélioration de la taille de ce genre de tests.

**b. Estimation des paramètres**

Il existe de nombreuses méthodes concurrentes d'estimation des paramètres d'un processus ARMA. On se réfère à Box-Jenkins (1976), Brockwell et Davis (1987) ou Hamilton (1994) pour une revue des différentes méthodes d'estimation.

- **Cas d'un processus ARMA (p, q)**

Les méthodes d'estimation des paramètres dans un processus ARMA (p, q) sont pour la plupart basées sur l'expression de la vraisemblance conditionnelle proposée par Box et Jenkins (1976), Harvey (1981).

**c. Validation du modèle**

La validation du processus estimé se fait à l'aide d'un test de significativité des paramètres et d'une analyse sur les résidus estimés.

- **Significativité des paramètres**

Il est important de déterminer si les paramètres du modèle sont significativement différents de zéro. Pour cela on effectue un test de Student sur les paramètres estimés.

- **Analyse des résidus**

Si le modèle est correctement spécifié, les résidus estimés doivent former une trajectoire issue d'un processus bruit blanc. Il est donc important de regarder attentivement la trajectoire des résidus, d'évaluer l'FAC «Fonction d'Autocorrélation Simple» et la FAP «Fonction d'Autocorrélation Partielle» des résidus et de tester ensuite leur blancheur, à l'aide d'un test portant sur la significativité globale des autocorrélations.

- **La méthode de Ljung et Box**

La méthode de Ljung et Box (1979) est l'aboutissement d'une succession de méthodes parues depuis Newbold (1974). L'approche est essentiellement celle de Box et Jenkins (1976), complétée par Anderson (1977), Roy (1982), Akaike (1974), Ljung et Box (1978). Pour un exposé plus détaillé, voir par exemple Gouriéroux et Monfort (1983) ou Roy (1980).

Mélard (1982) présente en plus, les rapprochements qu'on peut établir entre la méthode de Ljung et Box (1979) et les méthodes proposées antérieurement. Ansley (1979) et Mélard (1982), commence par un développement du filtre de Kalman (Kalman, 1960) qui s'inspire de Hannan (1970) (voir aussi Jazwinski, 1970, Anderson et Moore, 1979 et Goodwin et Payne, 1977). On peut citer Harvey et Phillips (1979) et Ansley et Kohn (1983), Les travaux de Morf, Sidhu et Kailath (1974), Lindquist (1974), Rissanen (1973), Pearlman (1980) et Mélard (1984).

#### **d. Prévision**

Une fois que l'on a spécifié et estimé un processus ARMA qui a passé avec succès les tests de validation, on désire, en général, l'utiliser pour effectuer des prévisions sur la série. Pour obtenir l'expression de l'erreur quadratique moyenne de prévision d'un processus stationnaire ARMA (p, q), il convient de réécrire ce processus sous sa forme moyenne-mobile infinie.

- **Prévision par l'analyse en série chronologique**

La terminologie « d'analyse en série chronologique » a été utilisée pour la première fois par Box et Jenkins dans les années 1970. Cette méthode d'analyse s'appuie sur les anciennes valeurs d'une variable pour tenter de prévoir sa valeur future, telle que la gestion budgétaire. Elle ne prend pas en compte l'approche économétrique consistant à expliquer une variable endogène ou dépendante par des variables exogènes ou explicatives déterminées par la théorie économique. Autrement dit, elle suppose que la variable dépendante peut faire l'objet d'une prévision avec comme seule variable celle explicative.

La méthode Box-Jenkins est tout de même reconnue par certains auteurs comme une méthode assez performante en termes de prévision à court terme (Geurts, Buchman et Ibrahim, 1976 ; Calantone et al., 1987 ; Witt et Witt, 1992 ; Kulendran, 1996 ; Dupont, 2002 ; Nguyen, 2002).

La méthode Box-Jenkins est basée sur l'ajustement d'un type spécial de modèle statistique connu sous le nom ARMA (Autoregressive Moving Average) (Palmer et al., 2006). Par exemple, notons  $Y_t$  la variable à prédire : l'analyse de Box-Jenkins commence par transformer  $Y_t$  en une variable stationnaire. (La moyenne de la variable  $Y_t$ , sa variance et sa covariance avec une autre valeur de  $Y_t$ , notée  $Y_{t-k}$  ne dépendent pas du temps  $t$ . Autrement dit, la série a une moyenne et une variance qui sont constantes quel que soit le temps.)

Box et Jenkins montrent qu'il est possible, en présence de variable non stationnaire, de rendre une série stationnaire par la différenciation. Selon ces auteurs, il suffit d'appliquer une ou deux opérations de différenciation pour stationnariser une série. Cette technique permet d'élaborer une autre série stationnaire  $Y_t^*$ , autrement dit l'input de l'approche de Box-Jenkins. Le modèle général pour  $Y_t^*$  est appelé ARMA.

### 2.12.2. Le test de racines unitaires

Depuis l'article fondateur de Dickey-Fuller (1979), la théorie économétrique des tests de non-stationnarité s'est profondément développée et renouève. De façon parallèle dans un premier temps. Nous verrons notamment que suite aux premiers résultats de Perron (1989), une nouvelle classe de test est apparue : les tests de racine unitaire connus ou non à priori.

Depuis peu, la théorie économétrique tend à étudier les propriétés de stationnarité et linéarité dans un cadre unifié. Zivot et Andrews (1992), Perron (1997), Lumsdaine et Papell (1997) et Kapetanios (2005) proposent des tests de racine unitaire sous l'alternative de stationnarité. Lee et Strazicich (2003, 2004) proposent un test de stationnarité sous l'hypothèse nulle et alternative.

Les économètres se sont longtemps méfiés des processus non-stationnaires. En effet les procédures économétriques classiques construites pour un monde stationnaire, ont souvent des propriétés inattendues quand elles sont appliquées à des séries non-stationnaires. Dans ce sens, un stationnaire peut générer des résultats "fallacieux". Granger et Newbold (1974) et Phillips (1986). Ainsi, si nous estimons par les moindres carrés ordinaires les coefficients "P" d'un processus autorégressif (AR) et si en plus nous supposons que la vraie valeur de "P" est égale à "1", l'estimateur des moindres carrés ordinaires  $\hat{P}$  de "P" converge en loi vers une loi dégénérée.

Des tests ont été développés afin de détecter la présence de racine unitaire. Parmi les tests les plus utilisés nous citons ceux de Dickey-Fuller Augmenter (1979, 1981) et de Elliott et al (1996), ces derniers testent l'hypothèse nulle de racine unitaire contre l'hypothèse alternative de stationnarité. Inversement, le test de Kwiatkowsky et al (1992) a pour l'hypothèse nulle l'absence de racine unitaire et pour l'hypothèse alternative la présence de racine unitaire. Une autre classe de test de racine unitaire, basé sur la minimisation du multiplicateur de Lagrange, est proposée par Schmidt et Phillips (1992).

➤ **Le problème de non stationnarité**

Dans la procédure de Box et Jenkins, nous avons vu que la non stationnarité peut être repéré soit graphiquement, soit par le corrélogramme où les autocorrélations diminuent très lentement, soit par la fonction de densité spectrale qui présente des valeurs très élevées pour des fréquences très basses.

- **Non stationnarité en moyenne analysés par deux types de processus**

- ✓ **Processus TS et DS, décomposition d'une chronique**

Selon la terminologie introduite par Nelson et Plosser (1982), on distingue essentiellement deux types de non stationnarité.

Les processus TS (Trend Stationary), présentent une non stationnarité de nature déterministe, représentant une variation lente dans un sens déterminé. Selon l'objet de l'étude entreprise, il peut être tout à la fois aussi important de l'estimer que de l'éliminer. L'estimer, car elle représente la trace la plus évidente et interprétable de l'évolution chronologique. L'ôter, car la part de variance qui lui est attachée est souvent si forte qu'elle peut masquer les autres composantes du signal : Cycle long, saison, phénomène de haute fréquence.

Les processus DS (Difference Stationary), présentent une non stationnarité stochastique.

Nous distinguerons parmi les différentes procédures de test celles qui supposent que la composante déterministe suit une tendance linéaire de celles qui supposent qu'elle suit une tendance non linéaire.

- ✓ **La procédure de test de Dickey et Fuller**

Fuller et Dickey (1976) sont les premiers à fournir un ensemble d'outils statistiques formels pour détecter la présence d'une racine unitaire dans un processus purement autorégressif du premier ordre. Cette procédure de test, maintenant bien connue, est fondée sur l'estimation par les MCO, sous l'hypothèse alternative, de trois modèles autorégressifs du premier ordre dont les erreurs sont identiquement et indépendamment distribuées : le modèle sans constante, le modèle avec constante et le modèle avec constante et tendance.

Les implications de la racine unitaire sur les paramètres du modèle de régression sous l'hypothèse nulle, joueront un rôle primordial dans l'élaboration d'une stratégie de test Perron (1993). Nous adopterons donc la même logique que Campbell et Perron (1991) et Perron (1993) dans la lecture de la procédure de test de Dickey et Fuller « C'est en fait celle proposée initialement par Nelson et Plosser (1982) ».

Cependant Dickey et Fuller ont pu calculer les valeurs critiques de cette distribution non standard par des méthodes de simulation Fuller (1976) et Dickey et Fuller (1981). Une autre caractéristique de ces distributions est de dépendre du modèle considéré, en particulier de la présence ou non d'un terme constant et/ou d'une tendance déterministe. En pratique, le test de Dickey et Fuller est donc effectué en comparant notamment la valeur de la statistique  $t$  usuelle à des valeurs critiques plus sévères que celle de la loi Normale et dépendant du modèle considéré.

✓ **La procédure de test de Dickey et Fuller « augmenté »**

Dickey et Fuller (1981) étendent ensuite cette procédure de test à des processus purement autorégressifs d'ordre  $p$  connu, il s'agit alors des tests ADF pour « Augmented Dickey-Fuller ». Cette procédure de test est fondée sur l'estimation par les MCO, sous l'hypothèse alternative, de trois modèles autorégressifs d'ordre  $p$  obtenus en soustrayant  $y_{t-1}$  aux deux membres des modèles (1), (2) et (3) et en ajoutant  $p - 1$  retards en différences premières.

Le test de l'hypothèse nulle de la racine unitaire est le test de significativité du coefficient  $p$  dont les distributions asymptotiques sont identiques, sous l'hypothèse nulle  $r = 1$ . Il faut noter que les coefficients estimés des retards en différences premières inclus dans les régressions suivent asymptotiquement une loi Normale sous les hypothèses nulles et alternatives et peuvent donc faire l'objet de tests standards de significativité permettant d'évaluer l'ordre  $p$  du processus autorégressif.

Said et Dickey (1984) généralisent ensuite cette procédure de test à des processus autorégressifs moyennes mobiles d'ordre inconnu  $k$ . Un problème se pose toutefois lorsqu'en pratique il faut fixer  $k$  puisque Said et Dickey ne donnent aucune indication autre qu'asymptotique sur ce sujet pourtant crucial dans les applications empiriques, d'autant plus que les résultats des tests sont sensibles à la valeur retenue comme le montrent notamment Schwert (1989) et Harris (1992).

Campbell et Perron (1991) et Perron (1993) proposent cependant une stratégie séquentielle fondée sur la significativité des coefficients des retards en différences premières permettant d'attribuer à  $k$  une valeur dans les études empiriques : elle consiste à fixer à priori une borne supérieure pour  $k$  notée  $k_{\max}$  et à effectuer ensuite la régression « augmentée » d'ordre  $k_{\max}$ . Cette stratégie n'est pas la seule envisageable puisque nous pourrions aussi utiliser des tests de significativité jointes sur les retards en différences premières supplémentaires ou encore les critères d'information AIC de Akaike (1974) ou BIC de Schwarz (1978).

Ng et Perron (1995) comparent différentes méthodes de sélection du paramètre de troncature  $k$ . Ils montrent par des expériences de simulation qu'inclure trop peu de retards affecte de manière défavorable le niveau du test tandis qu'inclure trop de retards réduit la puissance du test en raison de l'augmentation du nombre de paramètres à estimer et de la réduction de la taille effective de l'échantillon due aux conditions initiales supplémentaires requises.

### ✓ La procédure de test de Phillips et Perron

Une telle approche a été développée par Phillips (1987), Phillips et Perron (1988) et Perron (1986, 1988) : les hypothèses faites sur les erreurs sont beaucoup moins restrictives. L'idée est que des erreurs récentes peuvent être dépendantes, mais des erreurs très distantes l'une de l'autre dans le temps sont indépendantes. Les résultats asymptotiques sont fondés sur la théorie de la convergence faible fonctionnelle (Billingsley, 1968) et permettent de généraliser dans un cadre unifié les résultats antérieurs concernant la marche aléatoire et des processus ARIMA plus généraux contenant une racine unitaire.

Une caractéristique particulièrement intéressante des statistiques transformées qu'ils proposent Perron (1988) est que leur distribution asymptotique est identique à celles dérivées par Dickey et Fuller. Ceci implique que la procédure de test de Phillips et Perron peut être utilisée en se référant aux valeurs critiques asymptotiques tabulées par Dickey et Fuller même si elle permet de spécifier de manière beaucoup plus générale les séries chronologiques étudiées.

L'avantage principal de l'approche de Phillips et Perron (1988) est que le calcul des statistiques transformées requiert seulement : dans un premier temps, l'estimation par les MCO d'un modèle autorégressif du premier ordre (correspondant à l'un des modèles de la procédure de test de Dickey et Fuller) et le calcul des statistiques associées, et dans un deuxième temps, l'estimation d'un facteur de correction fondé sur la structure des résidus de cette régression, faisant appel à leur variance de long terme.

Un estimateur convergent de  $\sigma_{\mu}^2$  est simplement la variance estimée des résidus dans le modèle alternatif considéré. Différents estimateurs convergents de la variance de long terme sont envisageables, mais Phillips et Perron (1988) optent pour celui proposé par Newey et West (1987) fondé sur la méthode du noyau qui fait intervenir un paramètre de troncature analogue à celui que nous avons déjà rencontré dans la procédure de test de Said et Dickey (1984).

Cependant il est aujourd'hui possible d'utiliser une procédure pour fixer ce paramètre de manière optimale en s'inspirant de celle mise au point par Andrews (1991) et Andrews et Monahan (1992) pour l'estimation robuste de la matrice de variances-covariances en présence d'autocorrélation et/ou d'hétéroscédasticité.

## Conclusion

La prévision d'une série consiste à déterminer son évolution sur les périodes non observées, le terme "prévision" s'utilise dans le cadre d'un phénomène quantifiable, il ne doit pas être confondue avec la notion "prédiction" qui repose sur des concepts différents et qui est basée sur un raisonnement plus ou moins intuitif conduisant à annoncer un évènement probable. Cette procédure suppose donc que l'on dispose d'une série d'observations et d'un corps d'hypothèses conduisant à une modélisation du phénomène étudié. On opère généralement en deux étapes : construction d'un modèle à partir des données et d'hypothèses à priori, puis projection dans la partie non observée (David et Michaud 1983)<sup>3</sup>. Les méthodes sont nombreuses et leur diversité repose sur l'impossibilité de jeter un regard unique sur une série temporelle. Le choix dépend des hypothèses et de l'objectif poursuivi.

---

<sup>3</sup>M. David et J.C. Michaud. "La prévision approche empirique d'une méthode statistique", édition Messon, 1983.

## *Chapitre 3*

# *Modélisation statistique*

### **Introduction**

Suite aux évolutions et aux changements permanents de l'environnement, les managers donnent une plus grande importance à la gestion de leurs entreprise. De même l'entreprise passe d'une gestion à posteriori vers une gestion à priori. La gestion budgétaire devient alors une gestion volontariste.

Ce chapitre portera en premier lieu sur la présentation générale de l'entreprise "Candia" en évoquant d'abord, son historique, La laiterie Tchîn-lait et son organigramme. En second lieu, la modélisation statistique des ventes, en utilisant les modèles de Box-Jenkins. Nous allons déterminer les prévisions de ventes pour quatre produits sur une durée de douze mois. D'après Palmer et al., 2006 La méthode de Box-Jenkins est basée sur l'ajustement d'un type spécial de modèle statistique connu sous le nom ARMA. Cette méthode d'analyse s'appuie sur les anciennes valeurs d'une variable pour prévoir sa valeur future. Les prévisions calculés seront utilisés pour effectuer une gestion budgétaire et un contrôle budgétaire afin d'interpréter les écarts entre réalisations et prévisions.

### 3.1. Historique de l'entreprise

Tchin-lait était à l'origine, une entreprise familiale, spécialisée dans les boissons gazeuses depuis 1954. Elle a, de ce fait, capitalisé une longue expérience dans le conditionnement des produits sous forme liquide. L'arrivée des grandes firmes multinationales sur le marché des boissons gazeuses, l'a contraint à réviser sa stratégie ; l'idée de reconversion vers le lait UHT, qui a donné naissance à Tchin-lait.

La marque Candia est présentée en Algérie depuis plusieurs années grâce à ses exportations de lait liquide, stoppées en 1998, suite à une hausse importante des taxes douanières.

Le lait en poudre Candia et surtout ses campagnes publicitaires, appréciés par la population algérienne, ont largement contribué à la notoriété de la marque sur le territoire algérien durant les années 1990.

Plusieurs industriels algériens se sont spontanément adressés à Candia afin de se lancer sur le marché du lait.

Le projet de l'entreprise Tchin-lait a retenu l'attention de Candia qui l'a choisi. En 1990, une franchise Candia est née en Algérie.

Implantée sur l'ancien site de la limonaderie Tchin-lait, à l'entrée de la ville de Bejaia, Tchin-lait produit et commercialise le lait long conservation UHT (Ultra Haute Température) sous le label Candia.

Tchin-lait est une société privée de droit algérien, constituée juridiquement en SARL.

Elle est dotée d'un capital social de 497.000.000 DZD, détenu majoritairement par le gérant de la société.

#### 3.1.1. Contrat de franchise Tchin-lait/Candia

N'étant pas laitier de tradition, Tchin-lait a opté pour un partenariat avec Candia, leader européen du lait. Candia, c'est 37 ans d'expérience dans le traitement et le conditionnement du lait. Ce contrat de franchise n'est rien de plus qu'un partenariat entre l'entreprise Tchin-lait et Candia, où chacune des parties trouve son intérêt : Candia peut, grâce aux contrats de franchise, étendre le marché et la notoriété de ses produits à l'échelle internationale, Tchin-lait, quant à elle, peut bénéficier du savoir-faire Candia pour produire des produits de bonne qualité qui, de plus, sont déjà bien connus du marché.

Voici, à titre d'exemple, certains engagements des deux parties dans ce contrat de franchise.

### 3.1.2. La gamme de production Tchín-lait

Elle est constituée actuellement de :

- **Lait longue conservation** : conditionné en emballage Tetra Pak ou Combibloc 1litre.
- **Lait stérilisé UHT** partiellement écrémé, à dominante bleue.
- **Lait stérilisé UHT** entier à dominante rouge.
- **Lait stérilisé UHT Silhouette** écrémé (sans matières grasses) à dominante verte, à teneur garantie en vitamines B1, B6, B9, E et enrichi en vitamine D.
- **Lait stérilisé UHT Viva** partiellement écrémé, enrichi en vitamines A, B1, B2, B3, B5, B6, B8, B9, B12, E et D.
- **Laits boissons** : conditionné en emballage Combibloc 1litre, Tetra pak 20cl<sup>1</sup> avec paille et 1litre avec bouchon.
- **Lait stérilisé UHT** au chocolat, dénommé Candy Choco.
- **Lait additionné de jus de fruits** (orange-ananas et pêche-abricot), dénommé lait & jus et Candy jus.
- **Poudre instantanée** : lait entier en poudre, enrichi en vitamine A et D, contenance : étui de 500g<sup>2</sup>.
- **Boisson aux fruits** : conditionné en emballage Tetra Pak 20cl avec paille.
- **Boisson à l'orange**, à base de 20% de jus concentrés.

Les capacités de production sont :

#### Conditionnement

Format 1litre : 400.000litres/jour

Format 20cl : 30.000litres/jour (150.000 emballages 20cl).

Actuellement, Tchín-lait emploie 259 personnes, 12% d'entre eux sont des cadres, 36% des agents de maîtrise et 52% des agents d'exécution.

---

<sup>1</sup> cl : centilitre

<sup>2</sup> g : gramme

### 3.1.3. Le processus de production

Le principe de la production laitière et de transformer la poudre de lait qui constitue la matière première- en lait directement consommable, ce traitement passe par plusieurs étapes et différentes techniques sont utilisées pour assurer une meilleure qualité. La préparation et le traitement thermique de lait nécessite un suivi de près, d'abord de la matière première, sa reconstitution, ensuite sa pasteurisation, sa stérilisation et enfin son conditionnement. Ce qu'il faut savoir c'est que chaque étape recommande l'utilisation d'un matériel approprié et un savoir faire adéquat afin d'éviter tout risque de contamination le long du processus, ce dernier qui est séquentiel et continu, explique bien la mise en place ordonnée de l'unité de production, du point de vue physique et administrative, ainsi que la répartition des tâches entre les différents opérateurs.

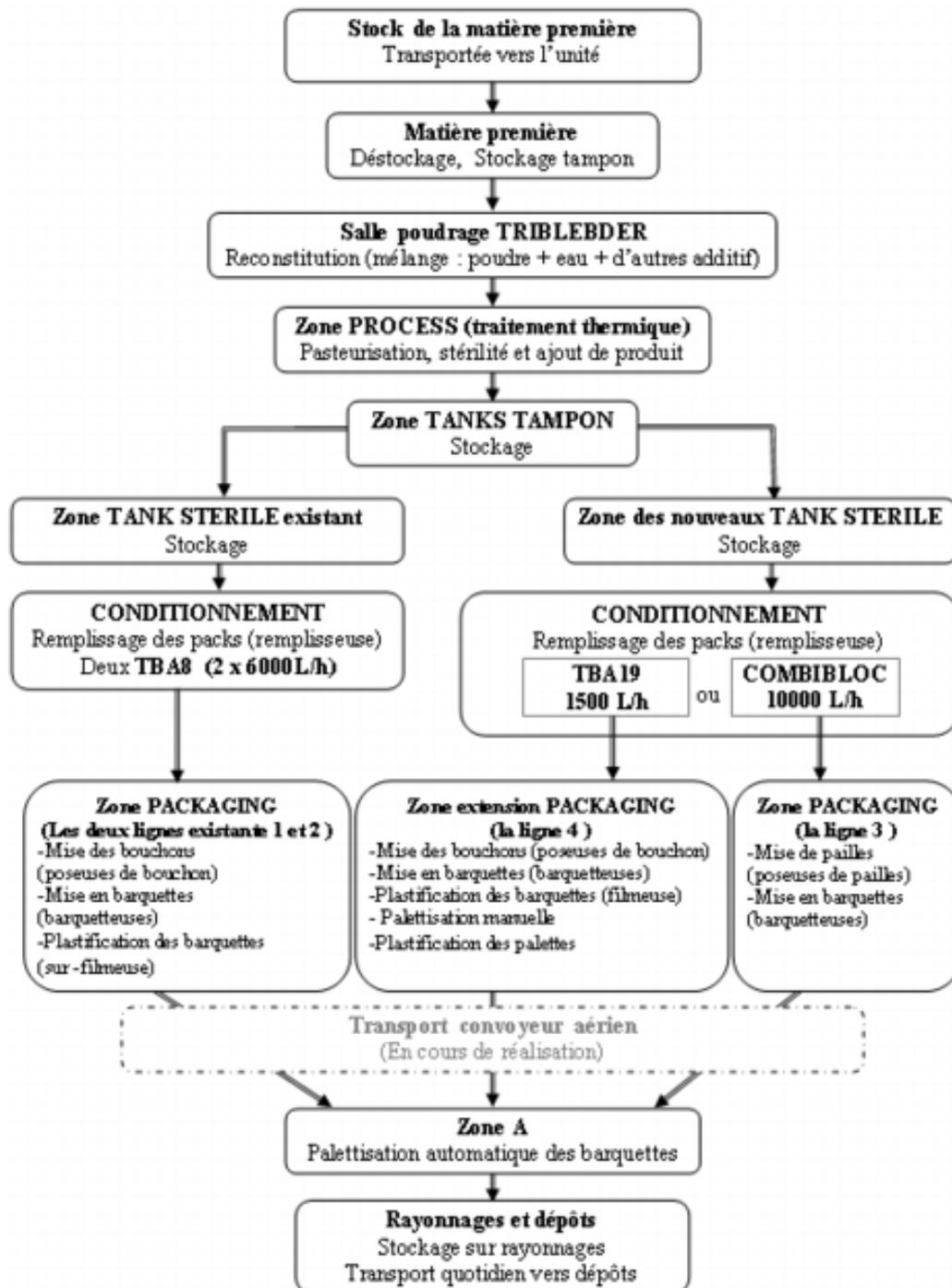
Si le traitement du lait est assez critique, le procédé UHT demande plus de vigilance, et des moyens de haute technologie sont de plus en plus développés pour assuré un meilleur traitement thermique. La propriété de long conservation de lait UHT est assurée par la mise au point des techniques de conservation assez avancées, et d'un emballage spécifique. En effet, durant le processus de production, le lait doit être tout le temps hors contact avec l'air, et parmi les phases les plus critiques; celle du passage du lait dans la machine de conditionnement (remplissage des packs), qui en même temps nécessite une fluidité et une synchronisation exacte et une isolation du produit en minimisant le temps de remplissage.

TCHIN-Lait/Candia détient un patrimoine technologique de haut niveau et toujours en extension, témoignant d'une évolution et d'une progression remarquable<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Hidra. Y, Baouche. D. "planification de la production", Mémoire de fin d'étude de département Recherche et Opérationnelles, université de Bejaia, promotion 2006.

Figure 3.1 : organigramme des étapes suivies durant la production



Source : Hidra. Y, Baouche. D. “planification de la production”, Mémoire d’ingéniera, université de Bejaia, promotion 2006.

### 3.1.4. Evolution du chiffre d'affaire

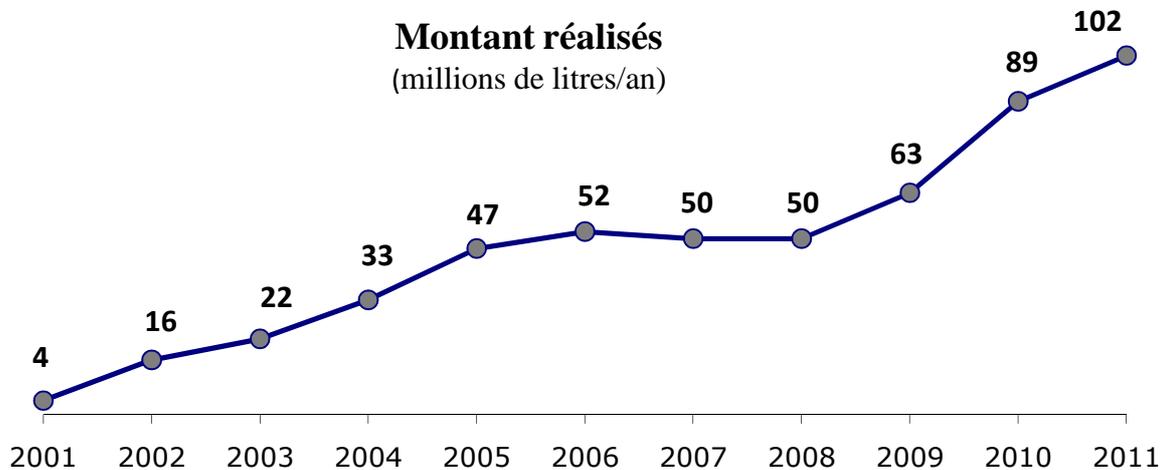
Tchin-Lait est entrée en exploitation en mai 2001. Ci-joint les graphiques tableaux représentant les évolutions de montant et Chiffre d'affaires à partir 2001 :

**Tableau 3.1** : Evolution du chiffre d'affaire de l'entreprise TCHIN-Lait/Candia : 2001-2011

Année	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
CA (Millions de DA)	200	770	1.053	1.534	1.968	2.274	2.754	3.123	4.000	6.307	8.028

**Source** : document interne TCHIN-Lait/Candia.

**Figure 3.2** : graphe d'évolution du chiffre d'affaires de TCHIN-Lait/Candia : 2001-2011



**Source** : document interne TCHIN-Lait/Candia.

## 3.1.5. Réseau de distribution

Tchin-Lait dispose de 46 clients distributeurs. Ils sont répartis comme suit :

**Tableau 3.2** : les réseaux de distribution de TCHIN-Lait/ Candia

Centre (12)	Est (12)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alger (5)</li> <li>▪ Médéa (1)</li> <li>▪ Boumerdes (1)</li> <li>▪ Tipaza (1)</li> <li>▪ Béjaia (2)</li> <li>▪ Blida (1)</li> <li>▪ Tizi-Ouzou (1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Batna (1)</li> <li>▪ Tébessa (1)</li> <li>▪ Jijel (1)</li> <li>▪ Sétif (1)</li> <li>▪ Annaba (1)</li> <li>▪ Guelma (1)</li> <li>▪ Constantine (2)</li> <li>▪ M'sila (1)</li> <li>▪ Bordj Bou Arreridj (1)</li> <li>▪ Khenchela (1)</li> <li>▪ Mila (1)</li> </ul>
Ouest (10)	Sud (12)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Oran (3)</li> <li>▪ Tlemcen (1)</li> <li>▪ Aïn Timouchent (1)</li> <li>▪ Mascara (1)</li> <li>▪ Mostaganem (1)</li> <li>▪ Chlef (1)</li> <li>▪ Tiaret (1)</li> <li>▪ Sidi-Bellabes (1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Djelfa (1)</li> <li>▪ El Oued (1)</li> <li>▪ Ghardaia (1)</li> <li>▪ Laghouat (1)</li> <li>▪ Ouargla (2)</li> <li>▪ Biskra (1)</li> <li>▪ Béchar (1)</li> <li>▪ Adrar (2)</li> <li>▪ Tindouf (1)</li> <li>▪ Tamanrasset (1)</li> </ul>

**Source** : document interne TCHIN-Lait/Candia.

## 3.2. Modélisation statistique

### 3.2.1. Le logiciel utilisé

Le logiciel **R** est un langage en ligne de commande (interprété), et peut manipuler de nombreux types de données à l'aide de commandes prédéfinies. Il constitue aujourd'hui un langage de programmation intégré d'analyse statistique, pour cela nous l'avons appliqué aux différentes séries de produits afin d'estimer les modèles statistiques et le calcul des prévisions. C'est un clone du logiciel **S-plus** développé en 1988 et initié dans les années 90 par Robert Gentleman et Ross Ihaka. Distribué librement sous les termes de GNU (General public licence), son développement et sa distribution sont assurés par plusieurs statisticiens rassemblés dans le R development core Team. Ce logiciel est caractérisé par :

✓ **sa souplesse** : R est aussi un langage de programmation, donc on n'est pas limité par les procédures préprogrammées par un package. Il est relativement facile de programmer de nouvelles méthodes avec R. libre (avec code source) et peut être distribué librement sur des versions Linux, Macintosh et Windows. Il comporte de nombreuses fonctions pour les analyses statistiques et les graphiques. Ceux-ci sont visualisés immédiatement dans une fenêtre propre et peuvent être exportés sous divers formats « jpg, png, bmp, ps, pdf, emf, pictex et xfig ».

Les résultats des analyses statistiques sont affichés à l'écran, certains résultats partiels (valeurs de P, coefficients de régression, résidus,...) peuvent être sauvés à part, exportés dans un fichier ou utilisés dans des analyses ultérieures

✓ **sa popularité** : SAS est en général, le logiciel de statistiques le plus utilisé mais R est le plus populaire dans la communauté des chercheurs en statistiques. R est aussi populaire pour les applications quantitatives en finance<sup>4</sup>

### 3.2.2. Modélisation de la série Viva

La Figure 3.3 représente l'évolution des ventes mensuelles  $y_t$  en litres du produit Viva sur une période allant de 2008-2012, soit 60 observations. La moyenne et la variance de la série sont respectivement égales à  $\bar{y} = 724\,453$  et  $\hat{\sigma}_y^2 = e^5 + 21$

<sup>4</sup> Hidra Y. « Calcul des besoins en composants pour la gestion des stocks des huiles brutes. Cas du complexe agroalimentaire COGB-La Belle de Béjaïa », Mémoire de magister, Université de Béjaïa, Juin 2010, P. 88

L'observation des Figures 3.3, 3.4 révèlent : d'une part, une tendance en moyenne non stationnaire, une évolution croissante en moyenne des observations, ce qui fait de la série non homogène au cours du temps. D'autre part, nous constatons une saisonnalité marquée par des pics au mois d'Août des années 2010, 2011 et 2012. Cela nous laisse supposer qu'une différenciation saisonnière est nécessaire.

La faible décroissance des autocorrélations sur les premiers retards confirme la non stationnarité de la moyenne. Les autocorrélations et les autocorrélations partielles des différences premières  $(1-D)y_t$  (Figure 3.6), confirment que la part non stationnaire de la série est maintenant stationnaire puisque l'autocorrélation s'annule à partir du second retard. Il reste à procéder à la différenciation saisonnière (Figure 3.7) afin d'éliminer l'effet saisonnier.

Les fonctions d'autocorrélations partielles des différences premières non saisonnières et saisonnières  $(1-D)(1-D^{12})y_t$  (Figure 3.7) montrent que, le pic au retard 2 suggère un processus AR (2). La fonction d'autocorrélation confirme la nature AR(2) du processus. Ainsi, le modèle proposé est un SARIMA  $(2, 1, 0)(0, 1, 0)_{12}$  pour que le modèle s'écrive :

$$(1-\Phi_1D)(1-\Phi_2D)(1-D)(1-D^{12})y_t = \xi_t$$

A l'aide du logiciel R, nous avons estimé le modèle et obtenu les résultats suivants :

$$(1 + 0,1518 D)(1 + 0,4371 D)(1-D)(1-D^{12})y_t = \xi_t$$

$$Q^* = 25,0204, \quad \hat{\sigma}(\hat{\theta}_1) = 0,1301, \quad \hat{\sigma}(\hat{\theta}_2) = 0,1296.$$

Où :  $\hat{\sigma}$  désigne l'écart type estimé et  $Q^*$  la statistique de Ljung-Box. Le  $t$  théorique de student au niveau de signification  $\alpha = 0.05$ , lu dans la table de student à  $n-k$  degrés de liberté où  $n=60$  désigne le nombre d'observations et  $k=2$  le nombre de paramètres, est égal à :

$$t_{n-k}\left(\frac{\alpha}{2}\right) = t_{60-2}(0.025) = 2,000.$$

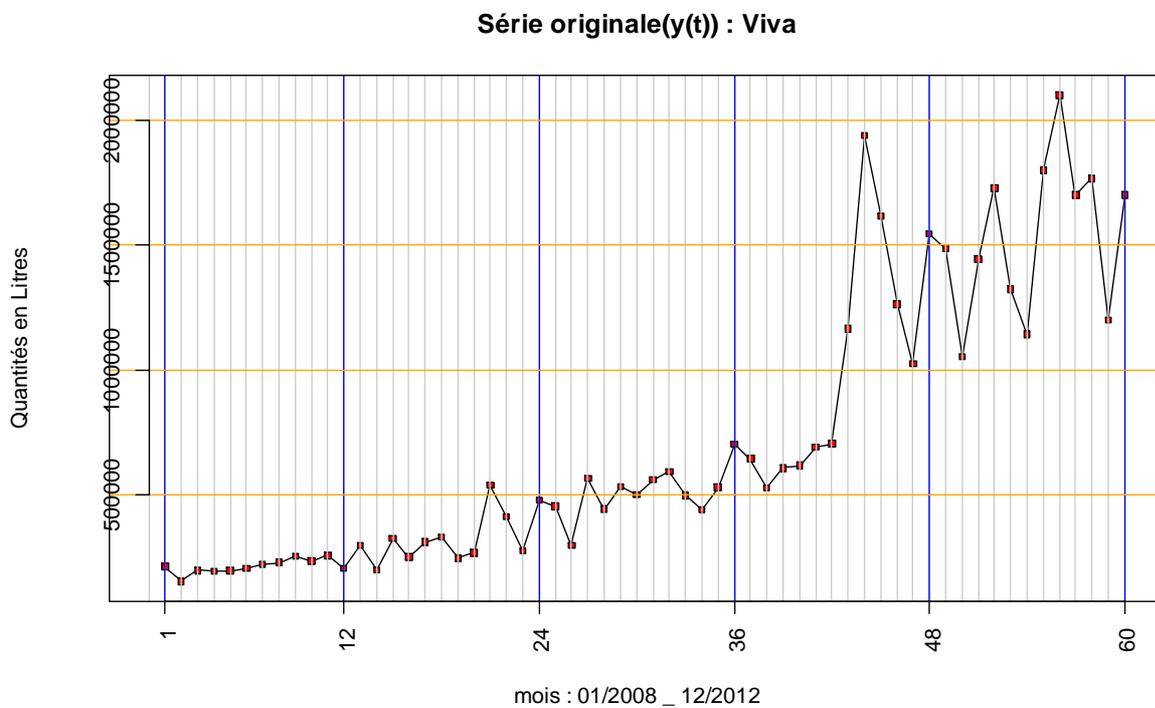
Les coefficients estimés  $\hat{\theta}_1 = -0,1518$ ,  $\hat{\theta}_2 = -0,4371$  Respectent les conditions d'inversibilité  $|\hat{\theta}_1| < 1$ ,  $|\hat{\theta}_2| < 1$ .  $\hat{\theta}_2$  est significatif au seuil  $\alpha = 0.05$  car son ratio de student  $t_{\hat{\theta}_2}^* = \frac{|\hat{\theta}_2|}{\hat{\sigma}(\hat{\theta}_2)} = 3,3727$  est supérieur au  $t$  théorique de student et  $\hat{\theta}_1$  n'est pas significatif au seuil de  $\alpha = 0.05$  car son ratio de student  $t_{\hat{\theta}_1}^* = \frac{|\hat{\theta}_1|}{\hat{\sigma}(\hat{\theta}_1)} = 1,1668$  est inférieur au  $t$  théorique de student.

Comme la statistique de Ljung-Box  $Q^* = 25,0204$  est inférieure à la valeur théorique du Khi-deux  $\chi^2_{(21,0.05)} = 32,671$ . Alors les résidus peuvent être considérés comme un bruit blanc.

Cette hypothèse est confirmée par le calcul de l'autocorrélation des résidus qui ne fait apparaître aucun pic significatif au niveau  $\alpha = 0.05$  (Figure 3.8).

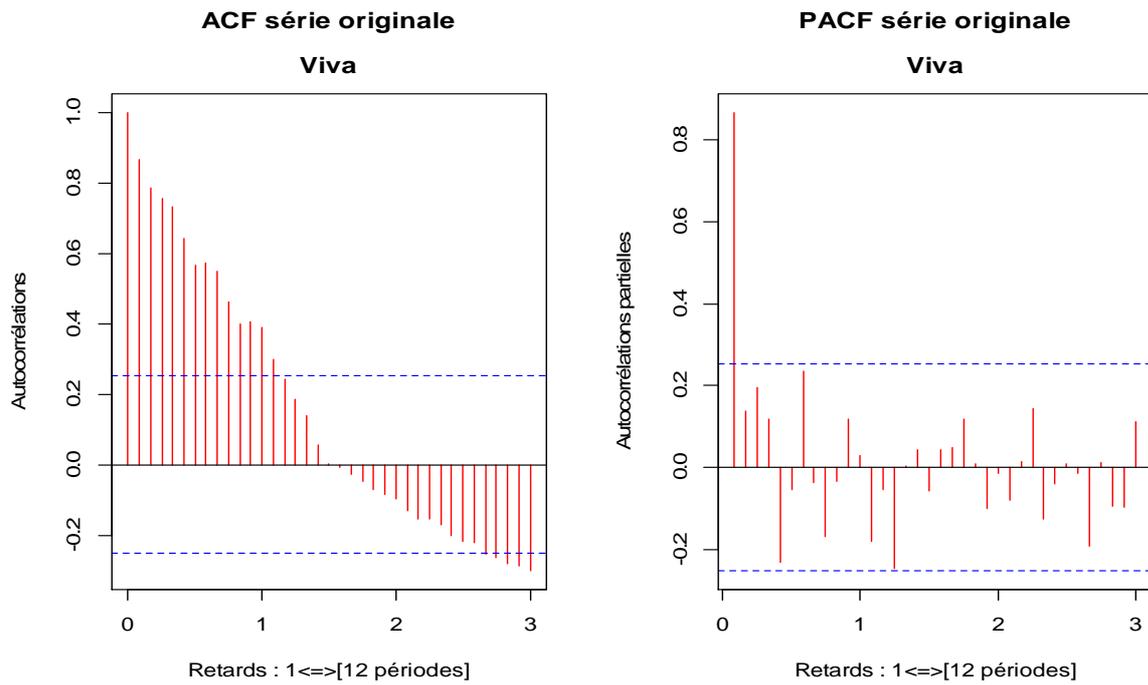
Comme le modèle est correctement estimé, on calcule les prévisions de la série à l'horizon 2013. Ces prévisions sont calculées à l'aide du logiciel R. Elles sont représentées sur la Figure 3.9

**Figure 3.3 :** Graphe de la série originale  $y_t$  : Viva



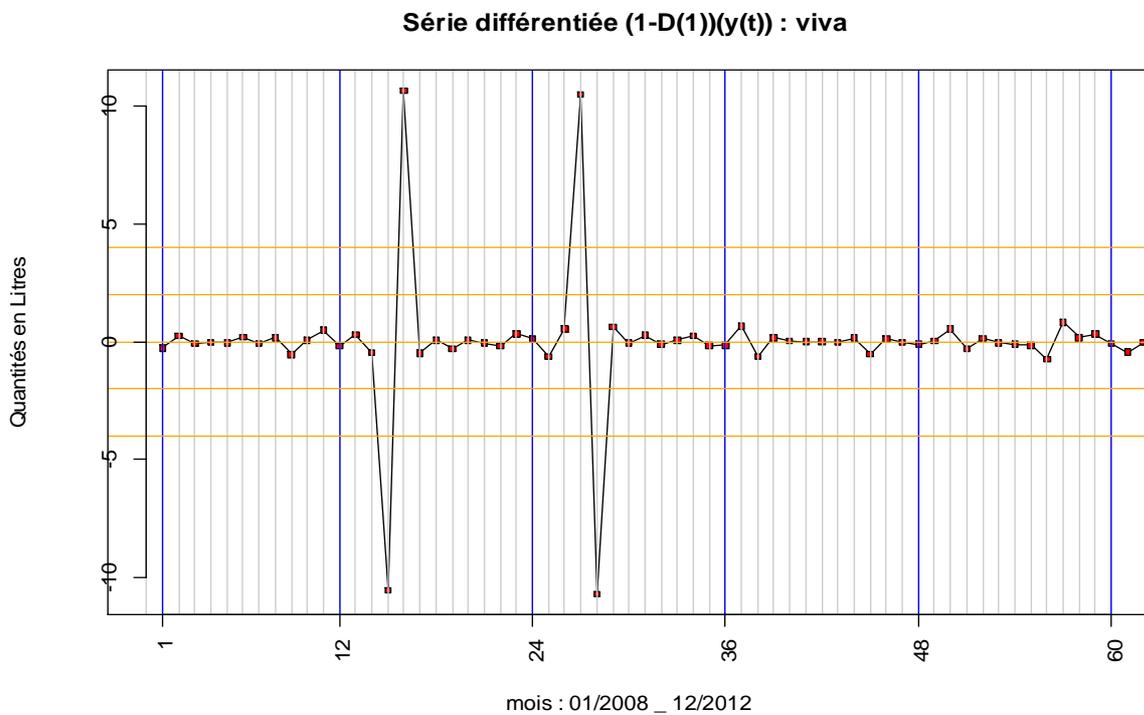
**Source :** réalisé par nos soins.

Figure 3.4 : corrélogramme de la série originale  $y_t$  : Viva



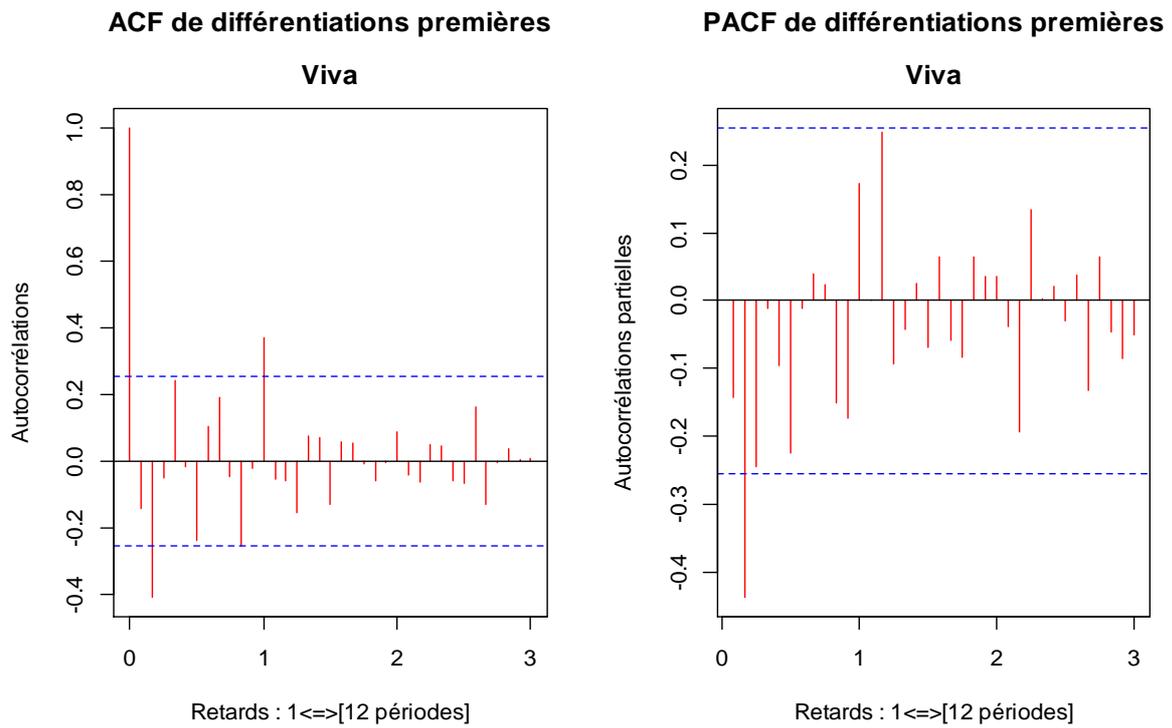
Source : réalisé par nos soins

Figure 3.5 : graphe des premières différentiations (1-D)  $y_t$  : Viva



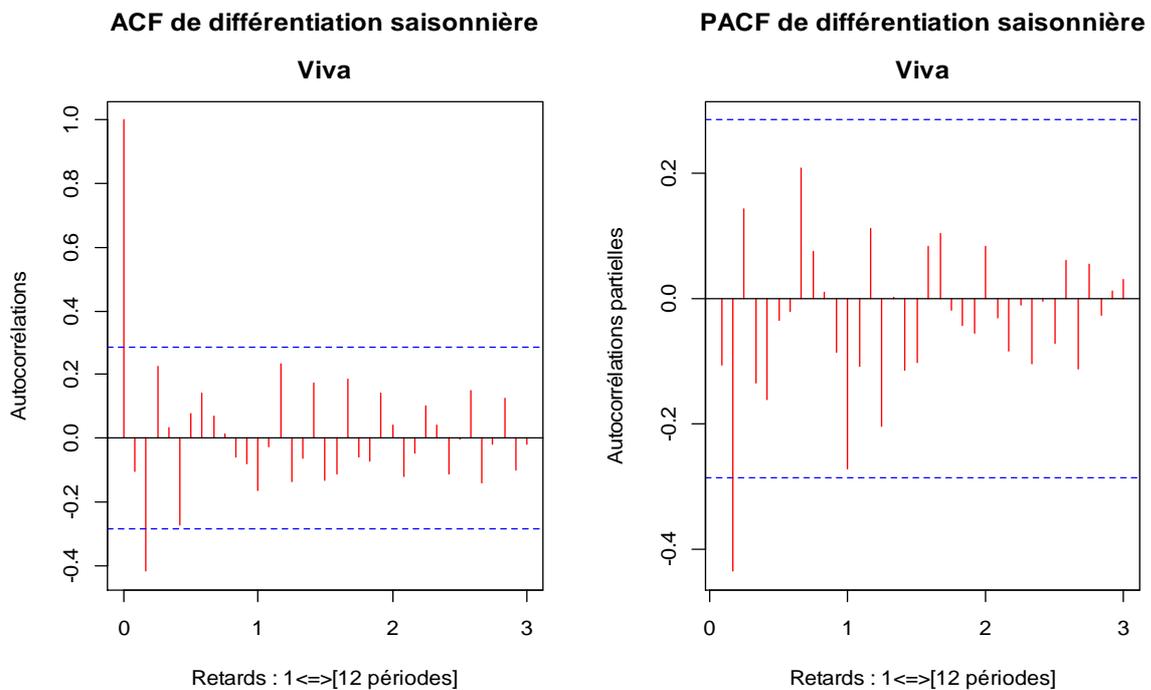
Source : réalisé par nos soins

**Figure 3.6 :** ACF et PACF des premières différentiations (1-D)  $y_t$  : Viva



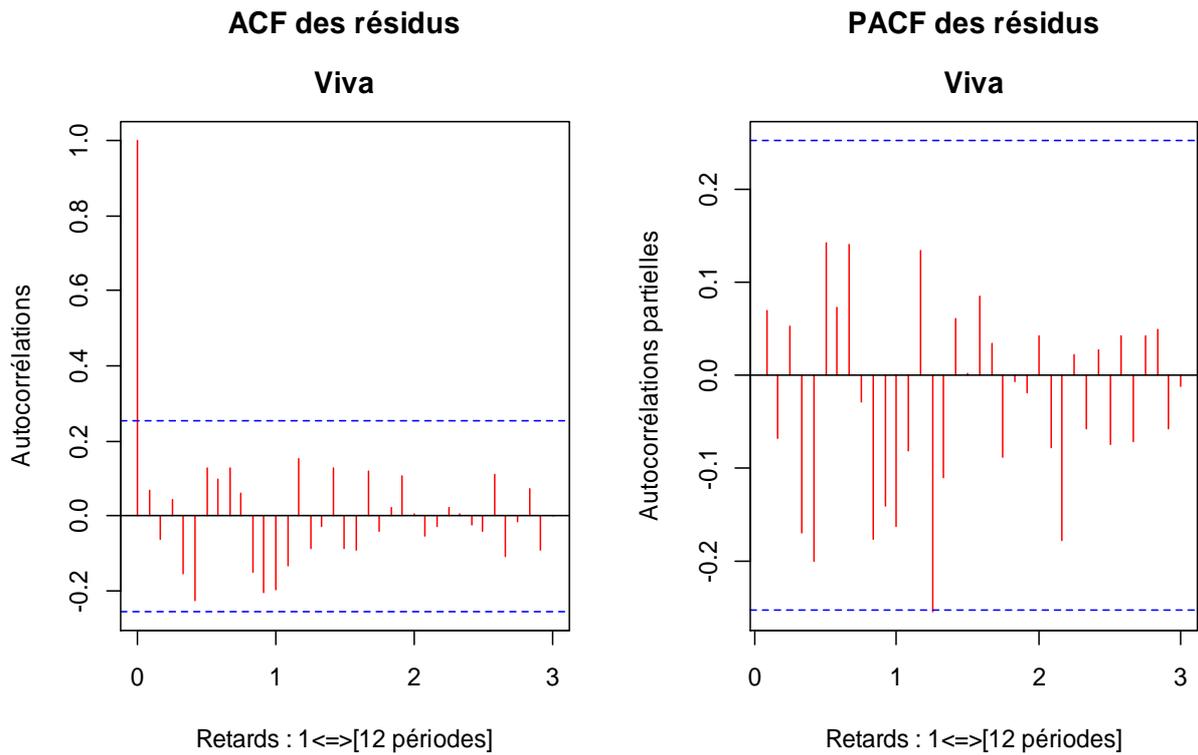
**Source :** réalisé par nos soins

**Figure 3.7 :** ACF et PACF de différentiation saisonnière (1-D)(1-D<sup>12</sup>)  $y_t$  : Viva



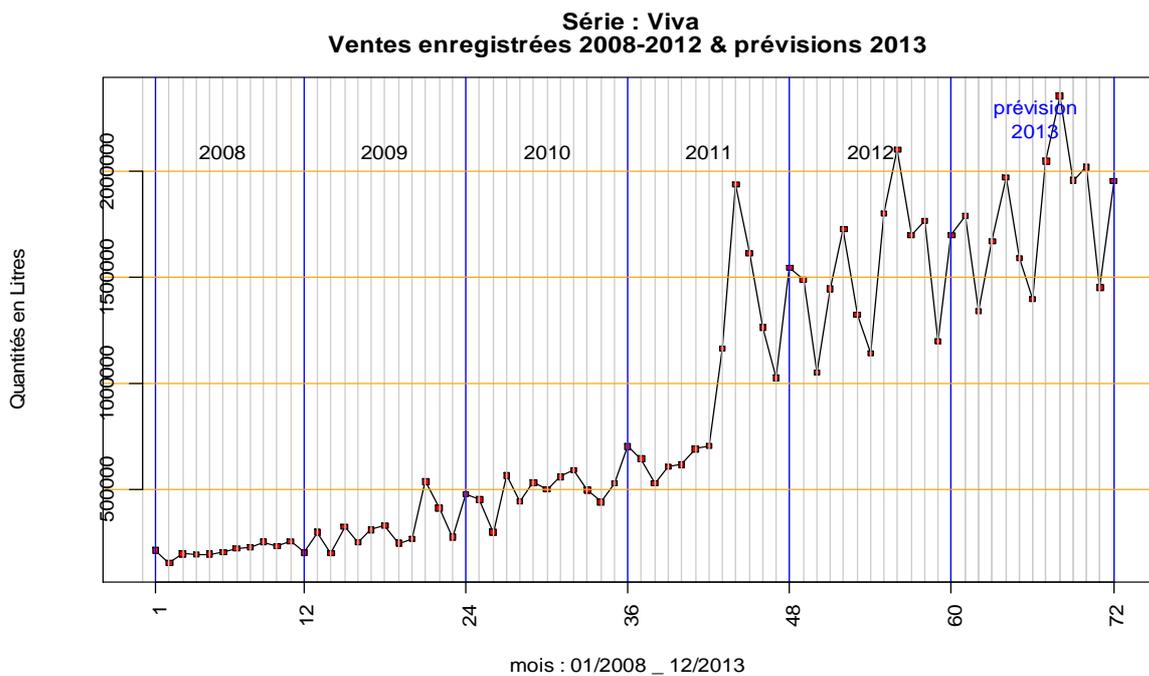
**Source :** réalisé par nos soins

Figure 3.8 : ACF et PACF des résidus : Viva



Source : réalisé par nos soins

Figure 3.9 : Prévisions des ventes pour 2013 : Viva



Source : réalisé par nos soins

### 3.2.3. Modélisation de la série Choco 1L

La Figure 3.10 représente l'évolution des ventes mensuelles  $y_t$  en litres du produit Choco1L sur une période allant de 2008-2012, soit 60 observations. La moyenne et la variance de la série sont respectivement égales à  $\bar{y} = 270\,727$  et  $\hat{\sigma}_y^2 = 20\,482\,814\,939$

L'observation de la Figure 3.10 et 3.11 révèlent : d'une part, une tendance en moyenne non stationnaire, une évolution croissante en moyenne des observations au cours des années 2009-2012, ce qui fait de la série non homogène au cours du temps. D'autre part, la variance asymptotiquement croissante au cours du temps (Figure 3.12) implique une non stationnarité en variance. Et enfin nous constatons une saisonnalité marquée par des pics au mois d'Août 2009, 2011 et 2012. Cela nous laisse supposer qu'une différenciation saisonnière est nécessaire.

La série est non stationnaire en moyenne et c'est ce qui est confirmé par la faible décroissance des autocorrélations sur les premiers retards (Figure 3.11). Il faut donc utiliser la transformation logarithmique<sup>5</sup> pour rendre la variance stationnaire. Nous avons calculé les logarithmes de la série originale :  $\log y_t$  et déterminer pour cette série, les autocorrélations et les autocorrélations partielles (Figure 3.14). La faible décroissance des autocorrélations sur les premiers retards confirme la non stationnarité de la moyenne. Les autocorrélations et les autocorrélations partielles des différences premières  $(1-D) \log y_t$  (Figure 3.16), confirment que la part non stationnaire de la série est maintenant stationnaire puisque l'autocorrélation s'annule à partir du second retard. Il reste à procéder à la différenciation saisonnière (Figure 3.17) afin d'éliminer l'effet saisonnier.

Les fonctions d'autocorrélations partielles des différences premières non saisonnières et saisonnières  $(1-D)(1-D^{12}) \log y_t$  (Figure 3.18) montrent que, les pics aux retards 1, 2 et 3 suggèrent un processus AR (3) non saisonnier.

La fonction d'autocorrélation confirme la nature AR du processus. Ainsi, le modèle proposé est un SARIMA (3, 1, 0)(0, 1, 0)<sub>12</sub> pour la série en logarithme qui s'écrit :

$$(1 - \Phi_1 D)(1 - \Phi_2 D)(1 - \Phi_3 D)(1 - D)(1 - D^{12}) \log y_t = \xi_t$$

A l'aide du logiciel R, nous avons estimé le modèle et obtenu les résultats suivants :

$$(1 + 0,4868 D)(1 + 0,3053 D)(1 + 0,3772 D) (1 - D)(1 - D^{12}) \log y_t = \xi_t$$

<sup>5</sup> Nous avons utilisées la transformation logarithme népérien de la série originale et nous l'avons notées « log ».

$$Q^* = 20,85, \quad \hat{\sigma}(\hat{\vartheta}_1) = 0,1431, \quad \hat{\sigma}(\hat{\vartheta}_2) = 0,1536, \quad \hat{\sigma}(\hat{\vartheta}_3) = 0,1409.$$

Où :  $\hat{\sigma}$  désigne l'écart type estimé et  $Q^*$  la statistique de Ljung-Box. Le  $t$  théorique de student au niveau de signification  $\alpha = 0.05$ , lu dans la table de student à  $n-k$  degrés de liberté où  $n=60$  désigne le nombre d'observations et  $k=3$  le nombre de paramètres, est égal à :

$$t_{n-k} \left( \frac{\alpha}{2} \right) = t_{60-3} (0.025) = 2.000.$$

Le coefficient estimé  $\hat{\vartheta}_1 = -0,4868$ ,  $\hat{\vartheta}_2 = -0,3053$  et  $\hat{\vartheta}_3 = -0,3772$  Respectent les conditions d'inversibilité  $|\hat{\vartheta}_1| < 1$ ,  $|\hat{\vartheta}_2| < 1$  et  $|\hat{\vartheta}_3| < 1$ .  $\hat{\vartheta}_1$ ,  $\hat{\vartheta}_3$  sont significatifs au seuil  $\alpha = 0.05$  car leurs ratio de student  $t_{\hat{\vartheta}_1}^* = \frac{|\hat{\vartheta}_1|}{\hat{\sigma}(\hat{\vartheta}_1)} = 3,4018$ ,  $t_{\hat{\vartheta}_3}^* = \frac{|\hat{\vartheta}_3|}{\hat{\sigma}(\hat{\vartheta}_3)} = 2,6771$  sont supérieurs au  $t$  théorique de student et  $\hat{\vartheta}_2$  n'est pas significatif au seuil de  $\alpha = 0.05$  car son ratio de student  $t_{\hat{\vartheta}_2}^* = \frac{|\hat{\vartheta}_2|}{\hat{\sigma}(\hat{\vartheta}_2)} = 1,9876$  est inférieur au  $t$  théorique de student.

Comme la statistique de Ljung-Box  $Q^* = 20,85$  est inférieure à la valeur théorique du Khi-deux  $\chi^2_{(20,0.05)} = 31.410$ . Alors les résidus peuvent être considérés comme un bruit blanc. Cette hypothèse est confirmée par le calcul de l'autocorrélation des résidus qui ne fait apparaître aucun pic significatif au niveau  $\alpha = 0.05$  (Figure 3.19).

Comme le modèle est correctement estimé, on calcule les prévisions de la série à l'horizon 2013, en prenant des exponentielles puisque on a transformé la série d'origine en logarithme.

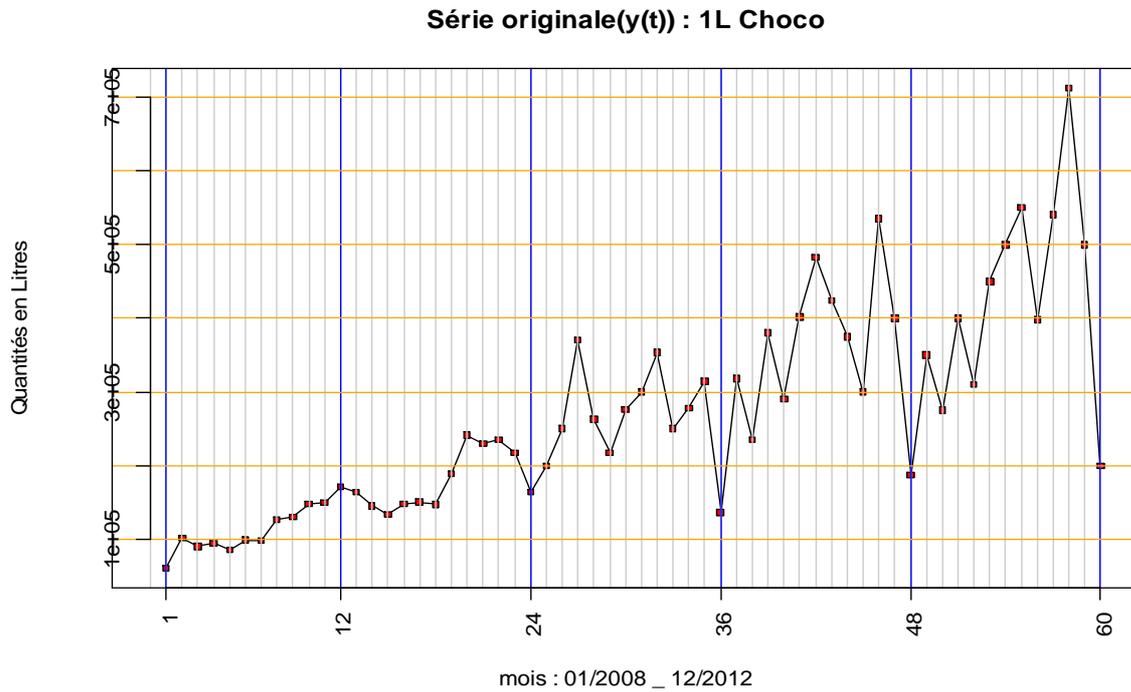
### Prévision

Les valeurs prévues sont données par :

$$\hat{y}_T = \exp(\hat{z}_T(\tau)), T = 2013, \tau = 1, \dots, 12 \text{ avec } z_T = \log y_t$$

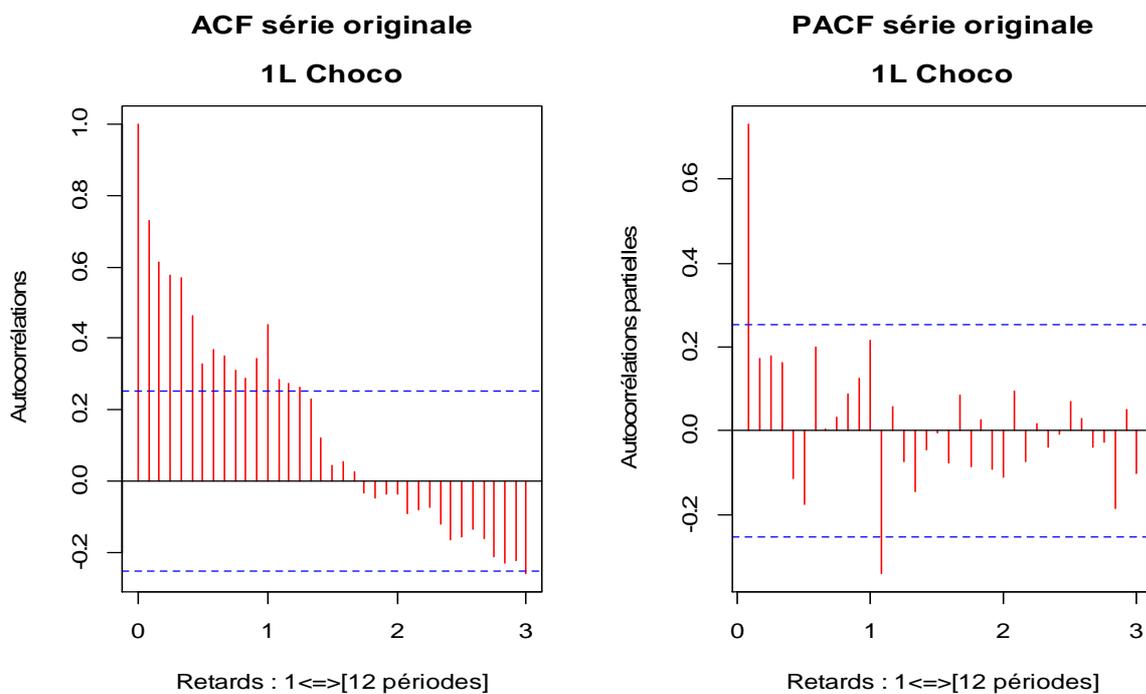
Ces prévisions sont calculées à l'aide du logiciel R. Elles sont représentées sur la Figure 3.20

Figure 3.10 : Graphe de la série originale  $y_t$  : 1L Choco



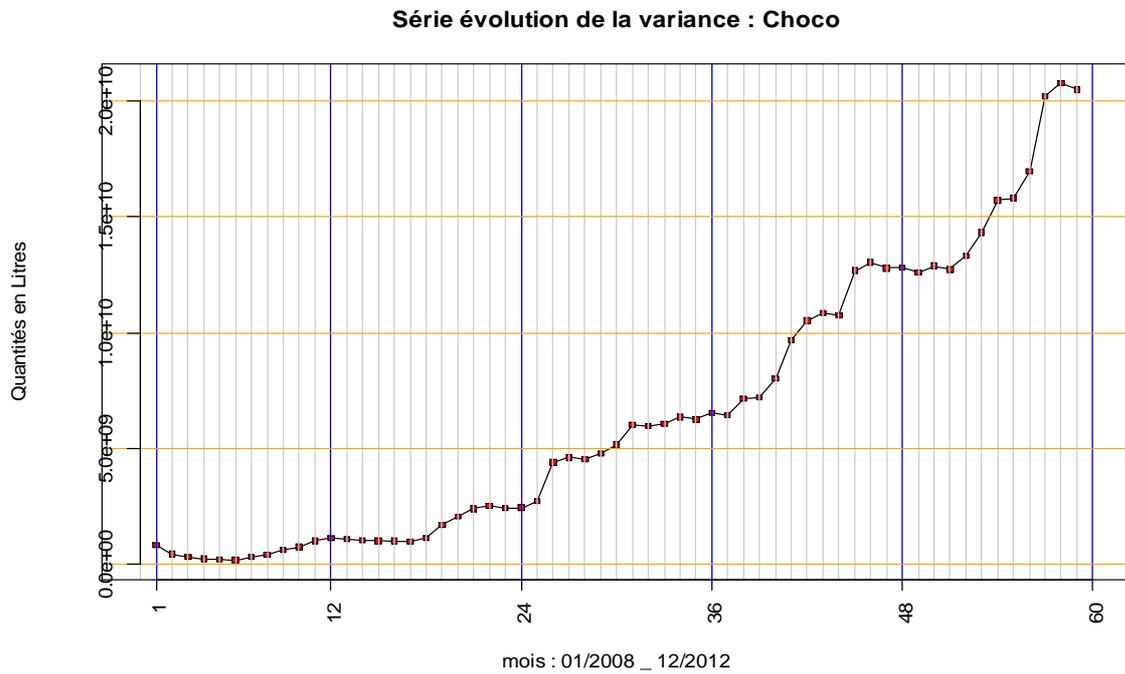
Source : réalisé par nos soins

Figure 3.11 : corrélogramme de la série originale  $y_t$  : 1L Choco



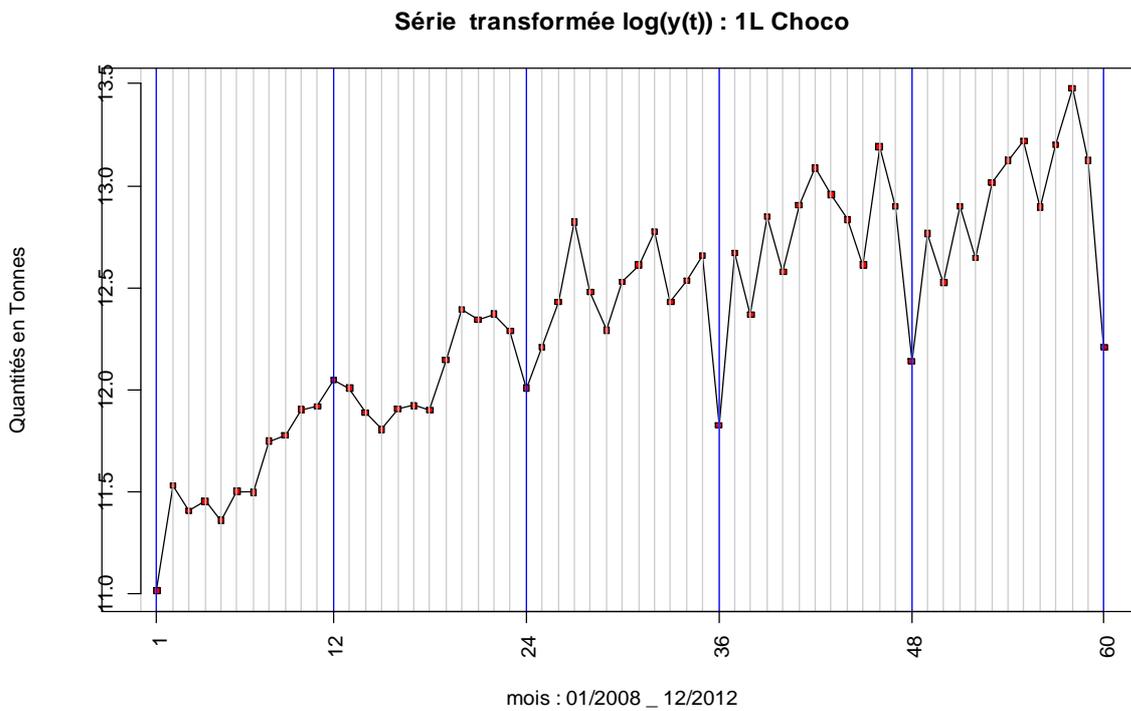
Source : réalisé par nos soins

Figure 3.12 : évolutions de la variance : 1L Choco



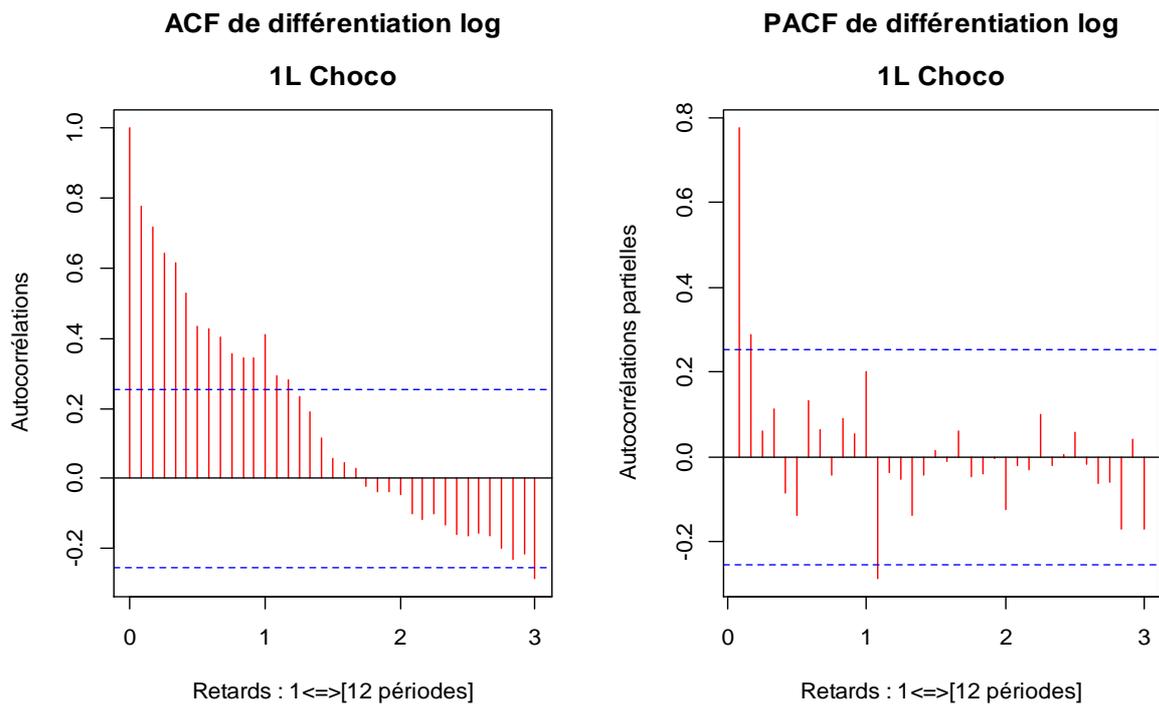
Source : réalisé par nos soins

Figure 3.13 : graphe de la série transformée avec logarithme  $\log y_t$  : 1L Choco



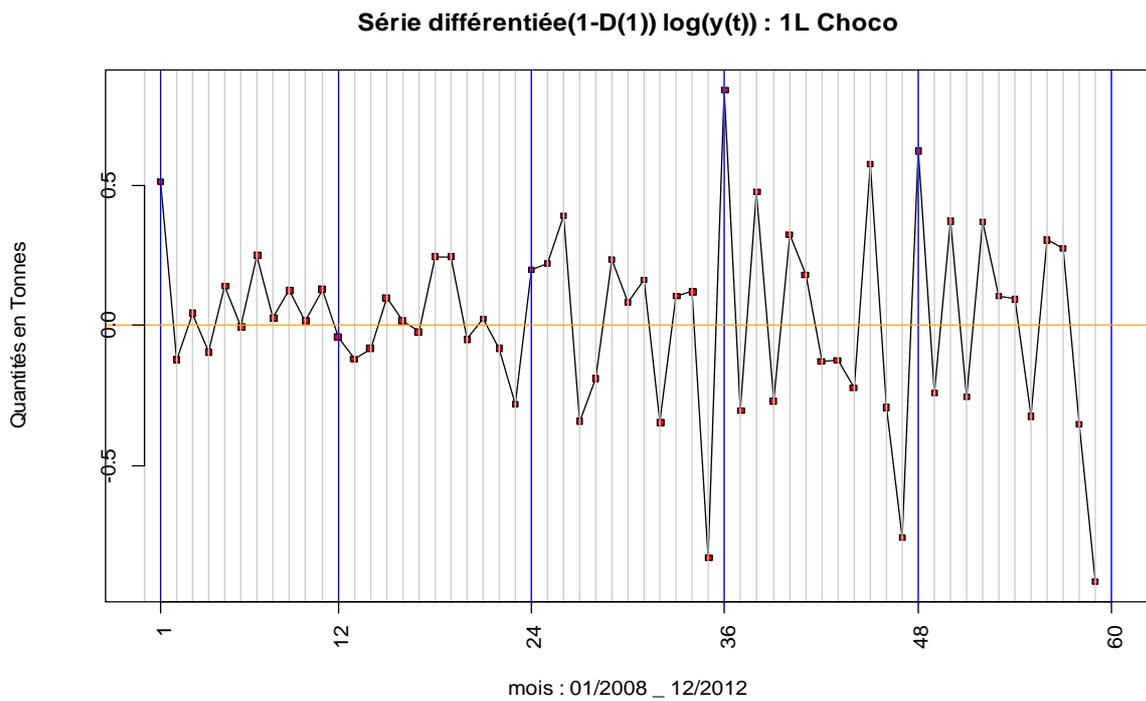
Source : réalisé par nos soins

Figure 3.14 : ACF et PACF de la série différentiation log  $y_t$  : 1L Choco



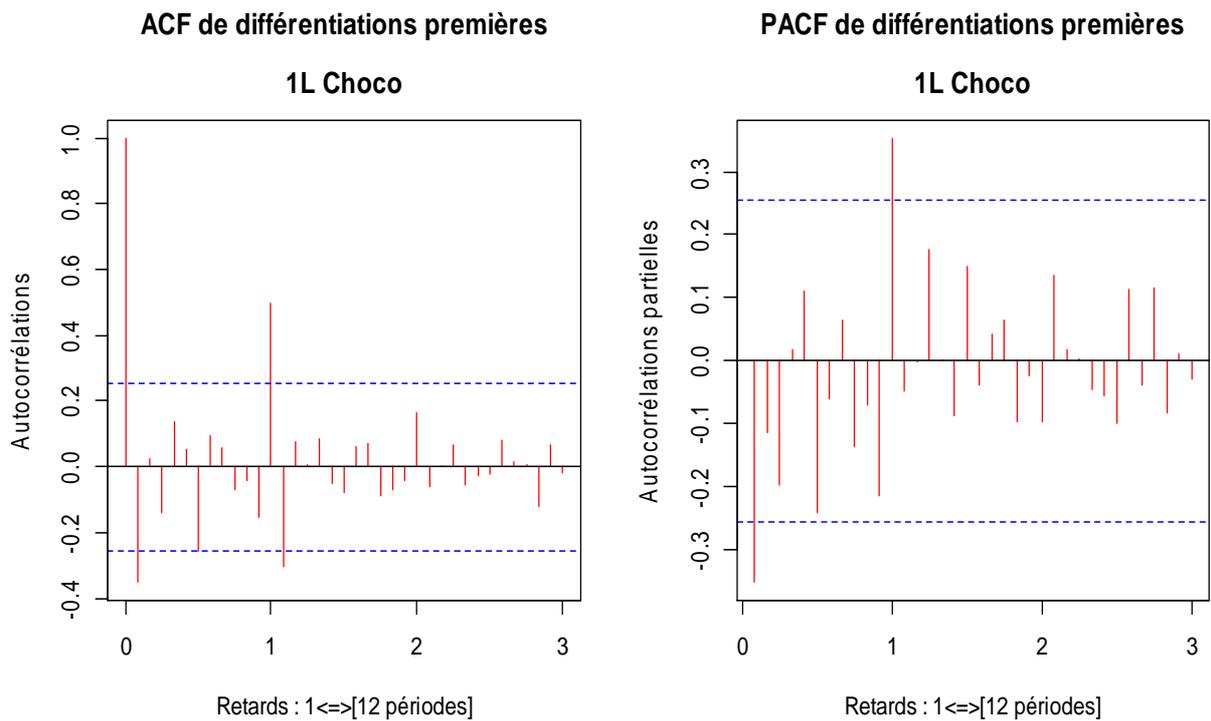
Source : réalisé par nos soins

Figure 3.15 : graphe des premières différentiations (1-D) log  $y_t$  : 1L Choco



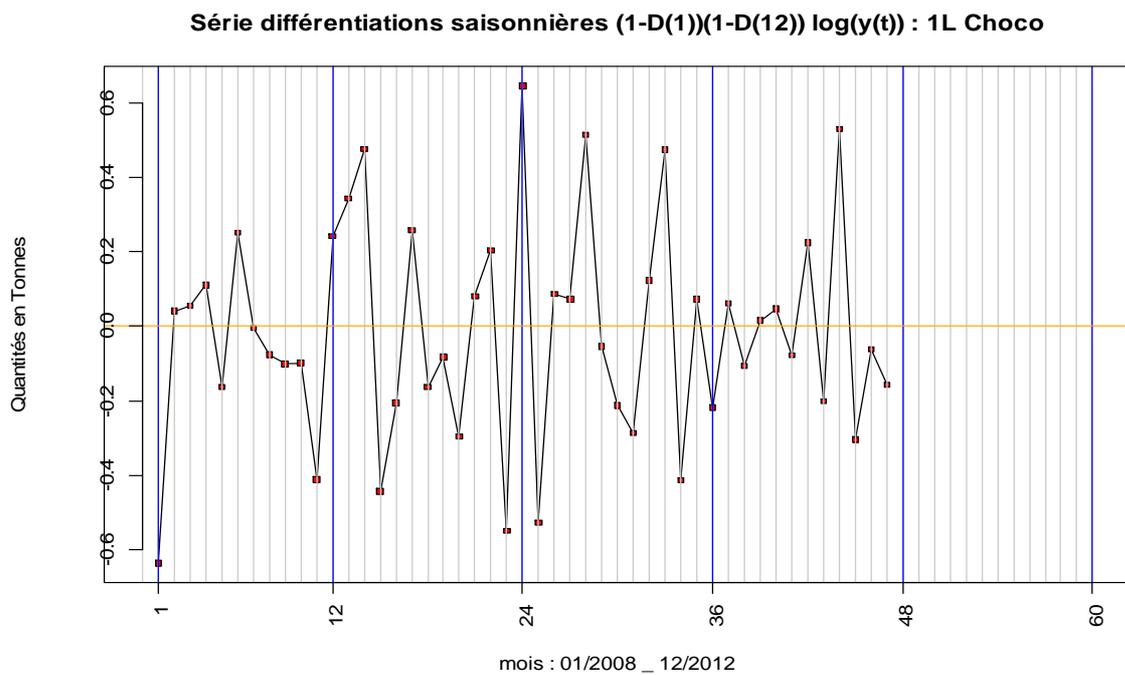
Source : réalisé par nos soins

Figure 3.16 : ACF et PACF des premières différentiations (1-D)  $\log y_t$  : 1L Choco



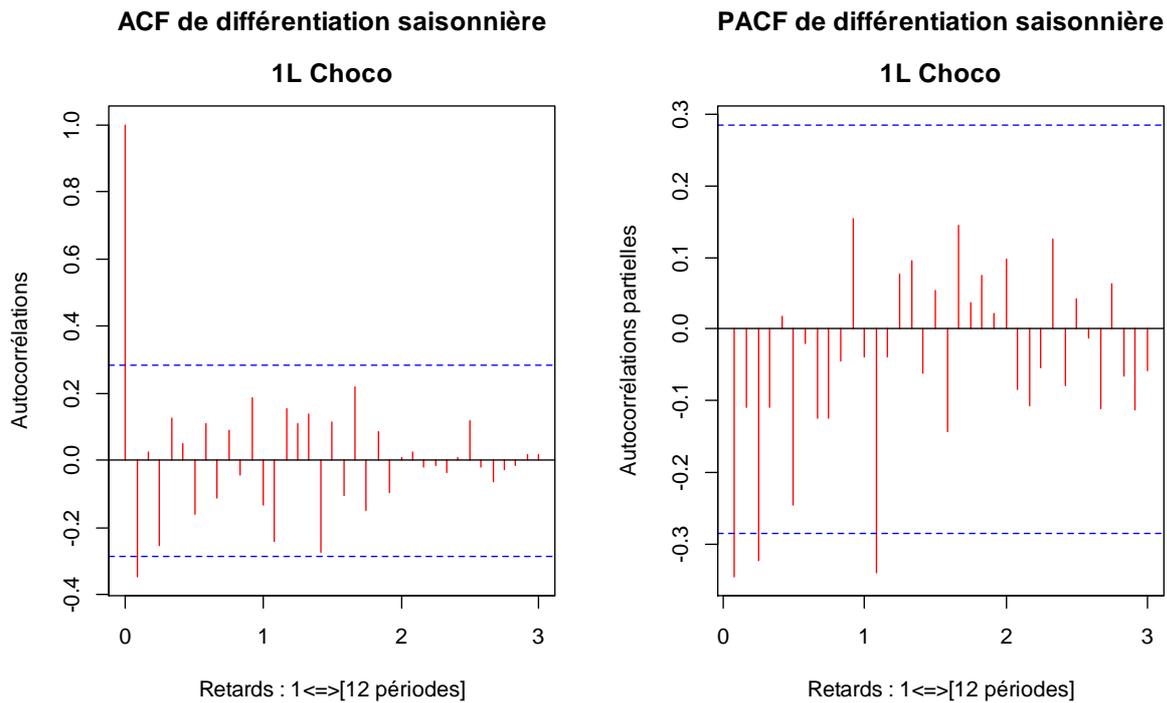
Source : réalisé par nos soins

Figure 3.17 : graphe des différentiations saisonnières  $(1-D)(1-D^{12}) \log y_t$  : 1L Choco



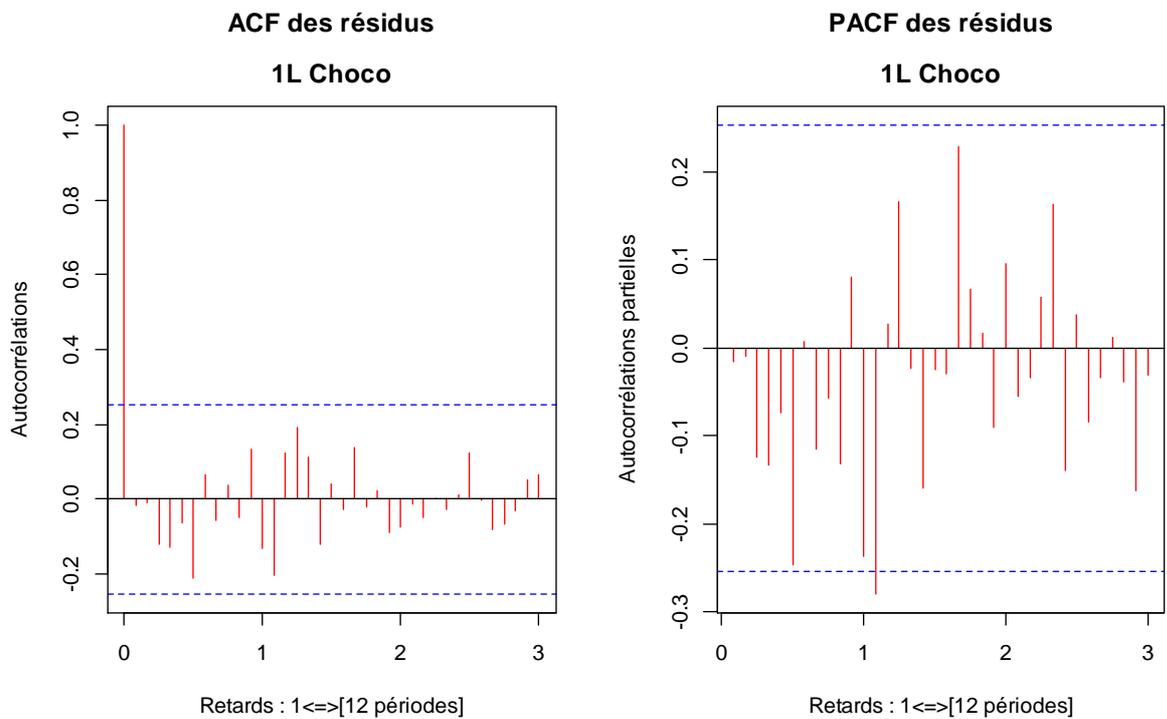
Source : réalisé par nos soins

Figure 3.18 : ACF et PACF des différentiations saisonnières  $(1-D)(1-D^{12})\log y_t$  : 1L Choco



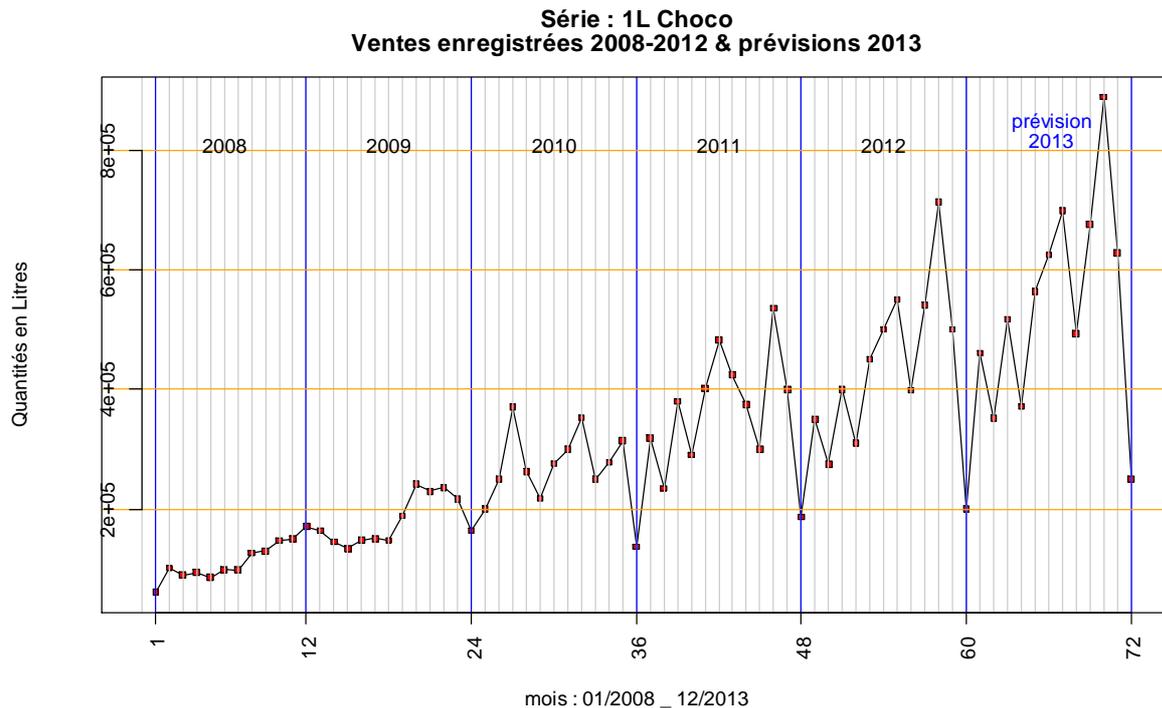
Source : réalisé par nos soins

Figure 3.19 : ACF et PACF des résidus : 1L Choco



Source : réalisé par nos soins

Figure 3.20 : Prévisions des ventes pour 2013 : 1L Choco



Source : réalisé par nos soins

### 3.2.4. Modélisation de la série des ventes Demi-écrémé

La figure 3.21 décrit l'évolution des ventes originale  $y_t$  Demi-écrémé entre 2008 et 2012 soit 60 observations. La moyenne et la variance de la série sont respectivement égale à  $\bar{y} = 4\,018\,268$   $\hat{\sigma}_y^2 = 2.06213E+12$ .

Comme on peut le constater sur la figure 3.23 la variance n'est pas constante au cours du temps, ce qui implique une non stationnarité de la variance. L'utilisation de la transformation logarithme est appropriée quand la variance est proportionnelle à la moyenne. Pour cela nous avons calculé les logarithmes de la série originale :  $\log y_t$  (Figure 3.24). La faible décroissance des autocorrélations sur les premiers retards confirme la non-stationnarité de la moyenne (Figure 3.22). Les autocorrélations et les autocorrélations partielles des différences premières  $(1-D) \log y_t$  (Figure 3.27) confirment que la part non stationnaire est maintenant stationnaire. Il faut donc procéder à la différenciation saisonnière  $(1-D) (1-D^{12}) \log y_t$  (Figure 3.28) car nous constatons une saisonnalité marquée par des pics en Août de toutes les années et des valeurs inférieurs pour le mois de Janvier de toutes les années (Figure 3.29). Les

fonctions d'autocorrélations et autocorrélations partielles des différences premières nous suggèrent de prendre un modèle provenant d'un processus MA (1) non saisonnier. Et le modèle proposé est un SARIMA (0, 1,1) (0, 1,0)<sub>12</sub> dont l'équation est :

$$(1-D)(1-D^{12}) \log y_t = (1 - \theta_1 D) \varepsilon_t.$$

A l'aide du logiciel R, nous avons obtenu les résultats qui suivent :

$$(1-D)(1-D^{12}) \log y_t = (1 - 0.5714D) \varepsilon_t.$$

Et

$$Q^* = 23.4371 \quad \hat{\sigma}(\hat{\theta}) = 0.1957.$$

Où  $\hat{\sigma}$  désigne l'écart type estimé et  $Q^*$  désigne la statistique de ljung-Box. Le t théorique de student au niveau de signification  $\alpha = 0.05$ , lu dans la table de student à  $n-k$  degrés de liberté où  $n=60$  désigne le nombre d'observations et  $k=1$  le nombre de paramètres est égale à

$$t_{n-k} \left( \frac{\alpha}{2} \right) = t_{60-1}(0.025) = 2.000.$$

Le coefficient estimé

$$\hat{\theta}_1 = +0.5714$$

Respecte la condition d'inversibilité  $|\hat{\theta}_1| < 1$

En calculons le ratios de student, on constate que le paramètre  $\hat{\theta}_1$  est significativement différents de 0.

$$t_{\hat{\theta}} = \frac{|\hat{\theta}|}{\hat{\sigma}(\hat{\theta})} = 2.919 > t_{60-1}(0.025) = 2.000$$

Le test de ljung-Box  $Q^* = 30.9267 < \chi^2_{(22, 0.05)} = 33.924$  valide l'hypothèse de bruit blanc des résidus. Cette hypothèse est confirmée par le calcul de l'autocorrélation des résidus qui ne fait apparaître aucun pic significatif (figure 3.30). Le modèle :

$$(1-D)(1-D^{12}) \log y_t = (1 - 0.5714D) \varepsilon_t$$

Est donc globalement bon. Nous pouvons donc retenir ce modèle et calculer les prévisions de la série jusqu'à l'horizon 2013 en prenant des exponentielles puisque on a transformé la série initiale en logarithmes.

**Prévision**

Les valeurs prévues sont données par :

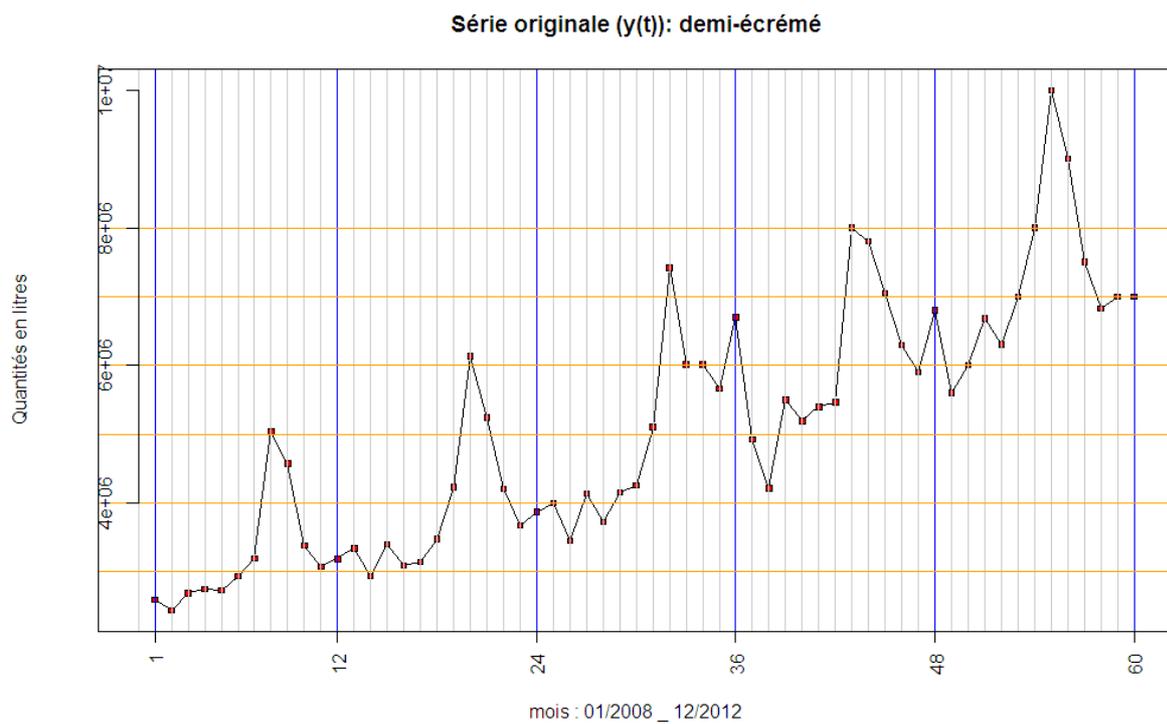
$$\hat{y}_t = \exp(\hat{z}_T(T)), T=2013, \tau = 1, \dots, 12$$

Avec

$$z_T = \log y_t.$$

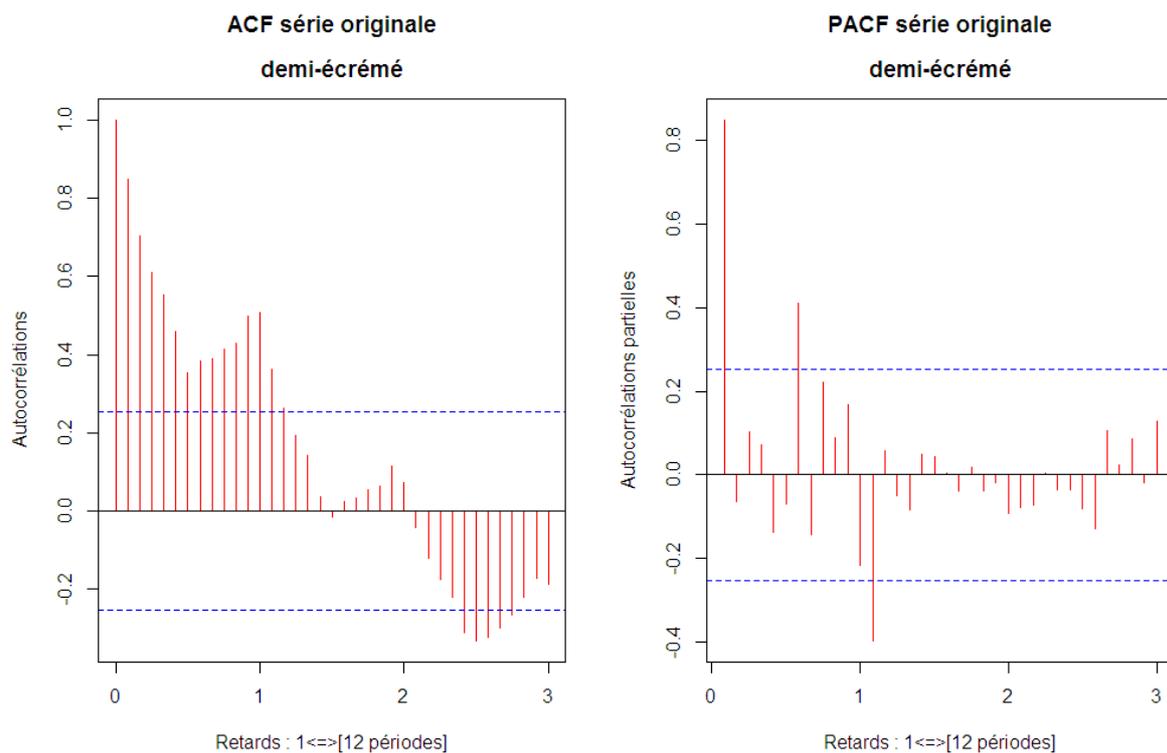
Ces prévisions sont calculées à l'aide du logiciel R et sont représentées sur la figure 3.31.

**Figure 3.21** : graphe de la série originale  $y_t$  : demi-écrémé



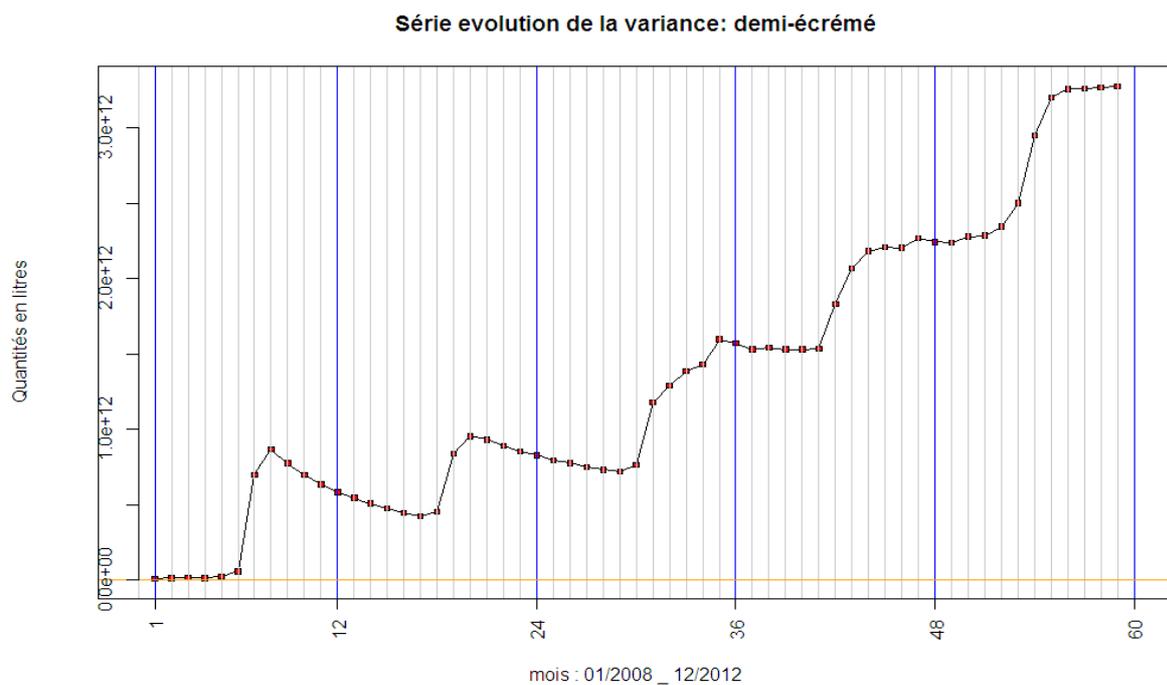
**Source** : réalisé par nos soins

Figure 3.22 : Corrélogramme de la série originale  $y_t$  : demi-écrémé



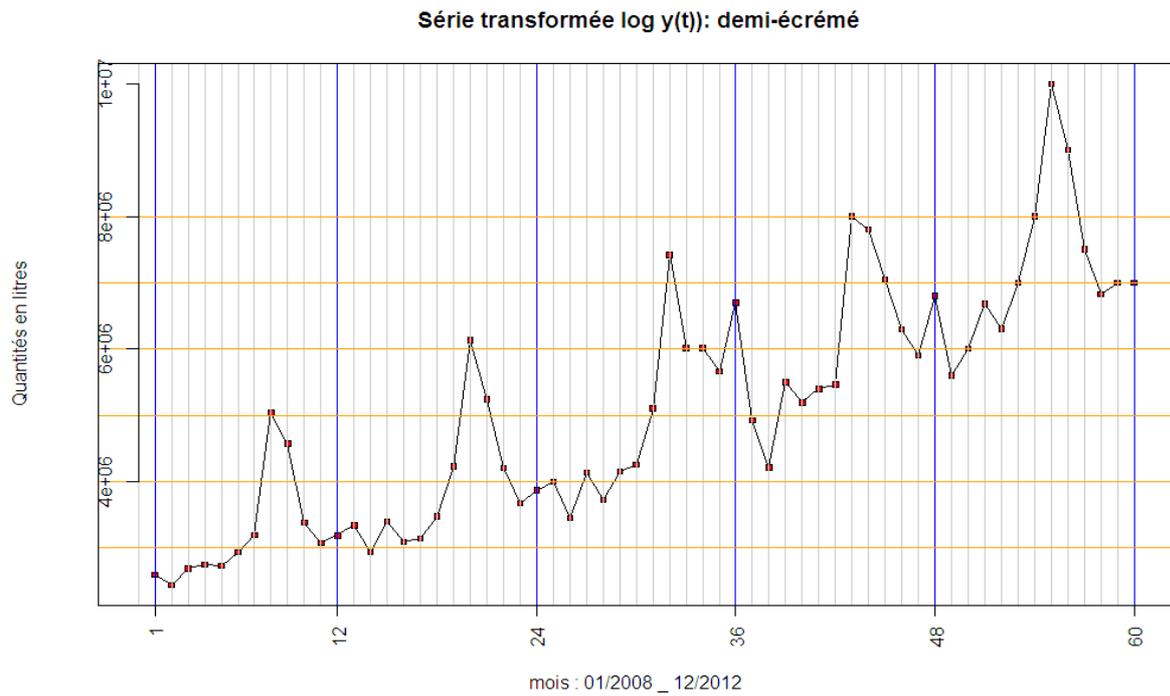
Source : réalisé par nos soins

Figure 3.23 : évolution de la variance : demi-écrémé



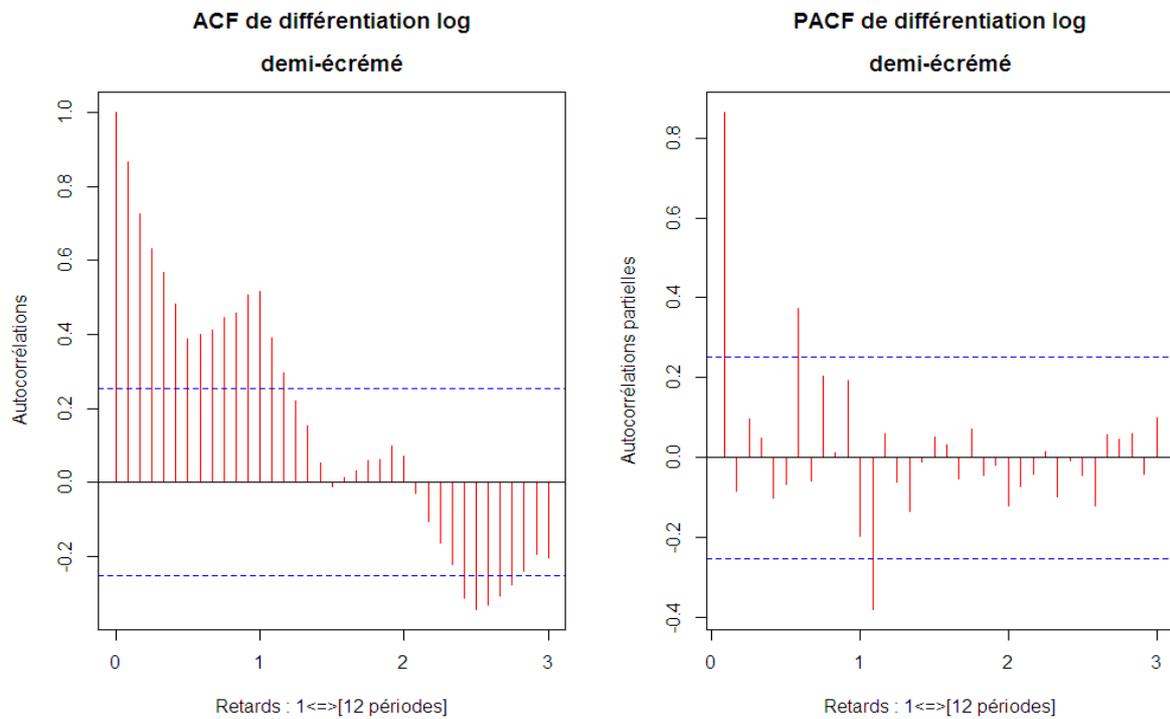
Source : réalisé par nos soins

Figure 3.24 : graphe de la série transformée avec logarithme  $\log y_t$  : demi-écrémé



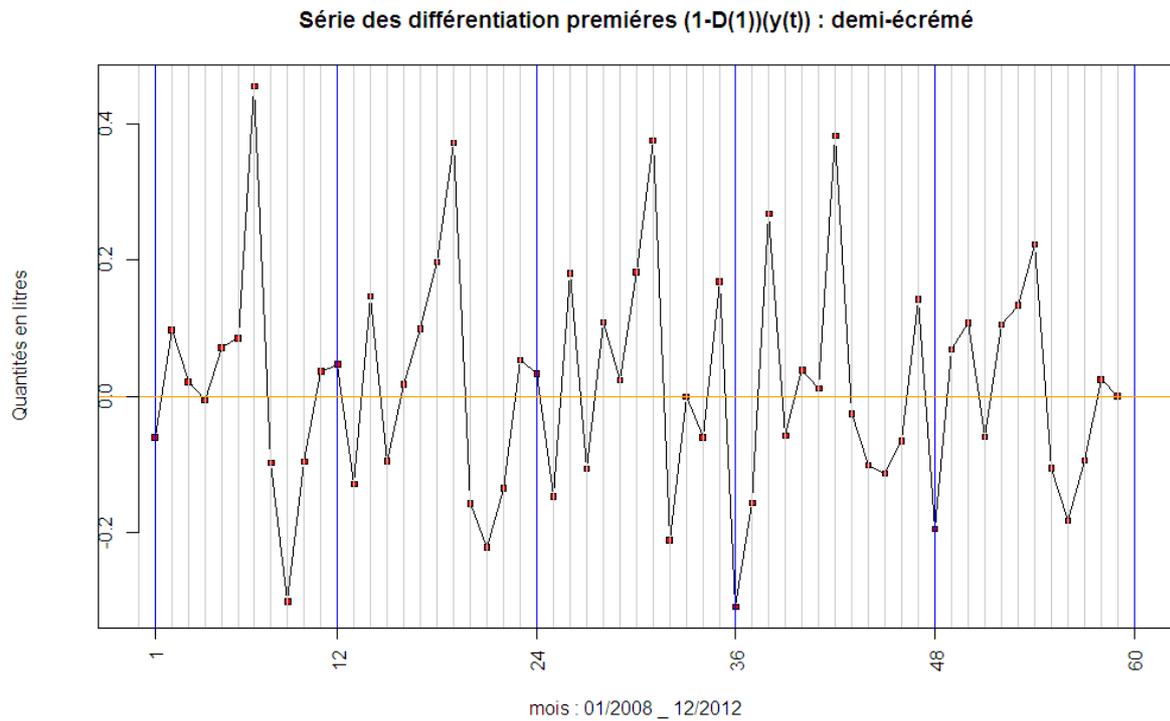
Source : réalisé par nos soins

Figure 3.25 : ACF et PACF de la série transformée avec logarithme  $\log y_t$  : demi-écrémé



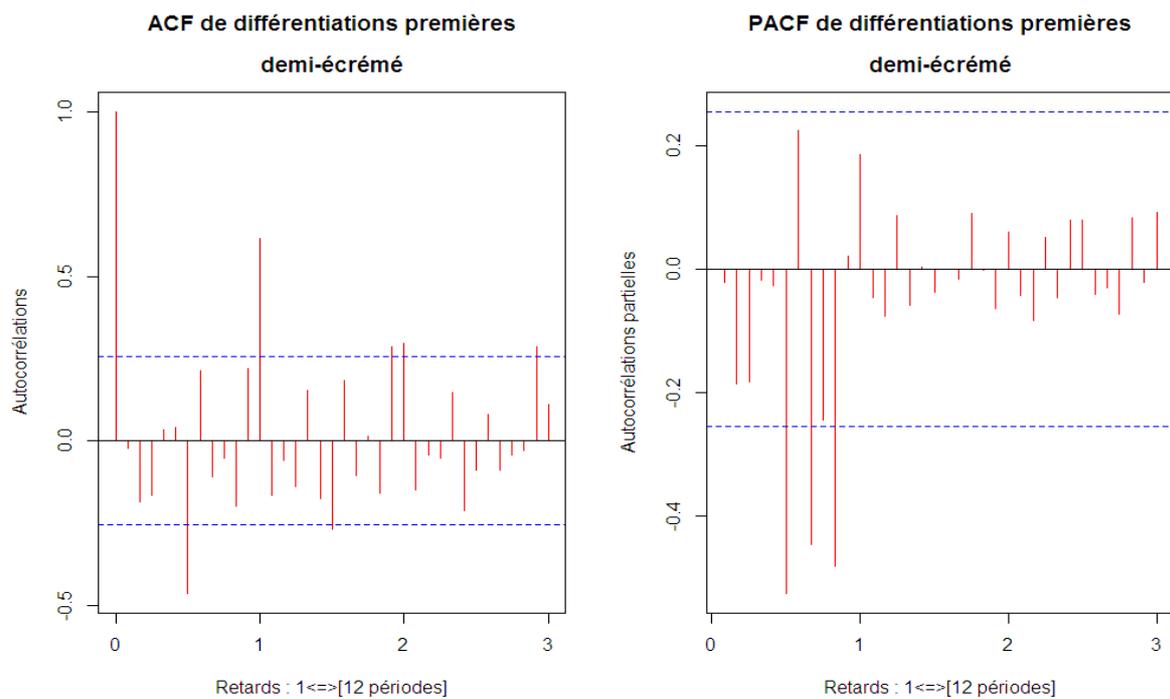
Source : réalisé par nos soins

Figure 3 .26 : graphe des premières différentiations (1-D)  $\log y_t$  : demi-écrémé



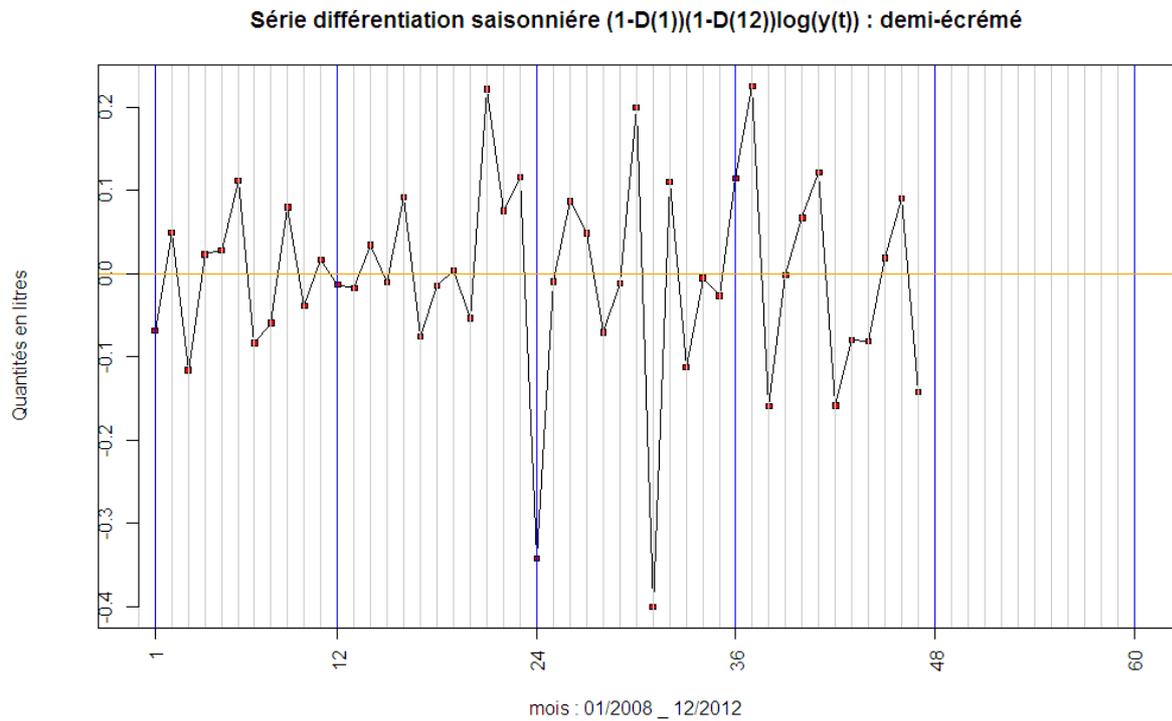
Source : réalisé par nos soins

Figure 3 .27 : ACF et PACF des premières différentiations (1-D)  $\log y_t$  : demi-écrémé



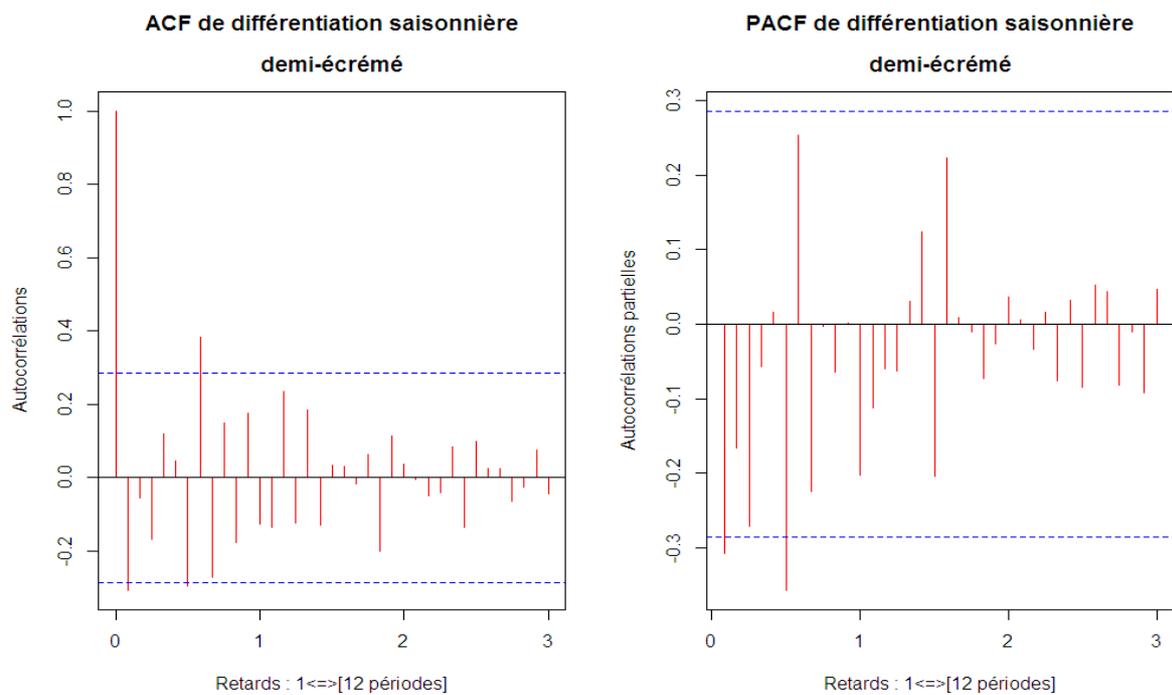
Source : réalisé par nos soins

Figure 3.28 : graphe de différentiation saisonnière  $(1-D)(1-D^{12}) \log y_t$  : demi-écrémé



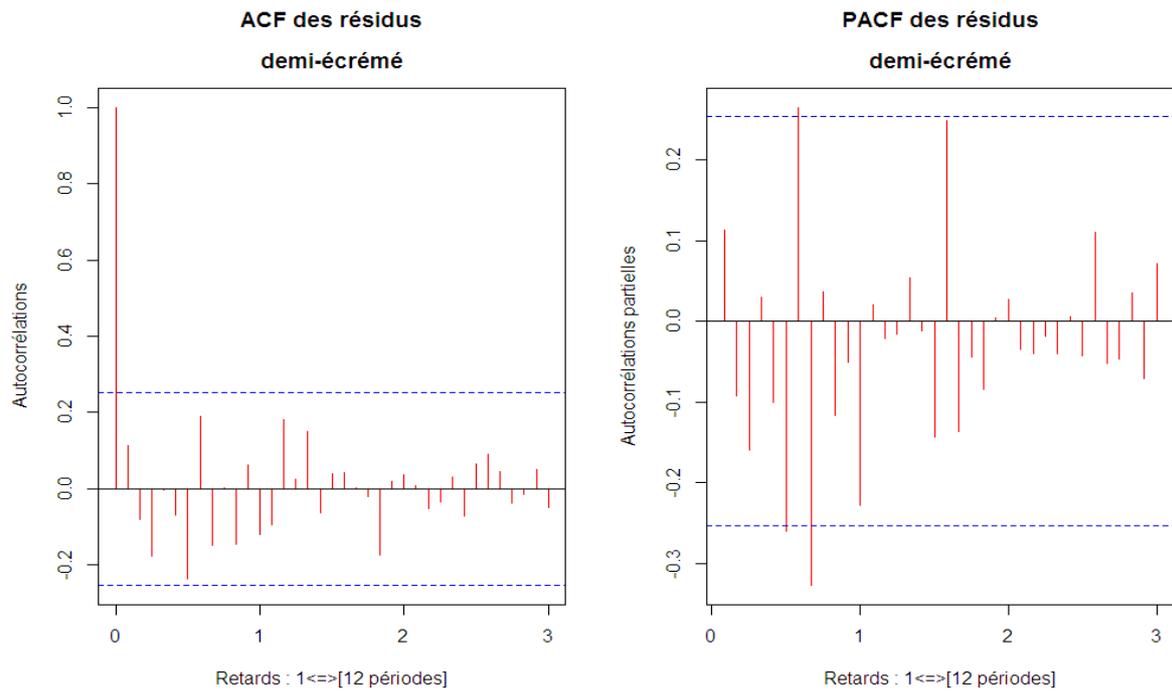
Source : réalisé par nos soins

Figure 3.29 : ACF et PACF de différentiation saisonnière  $(1-D)(1-D^{12}) \log y_t$  :demi-écrémé



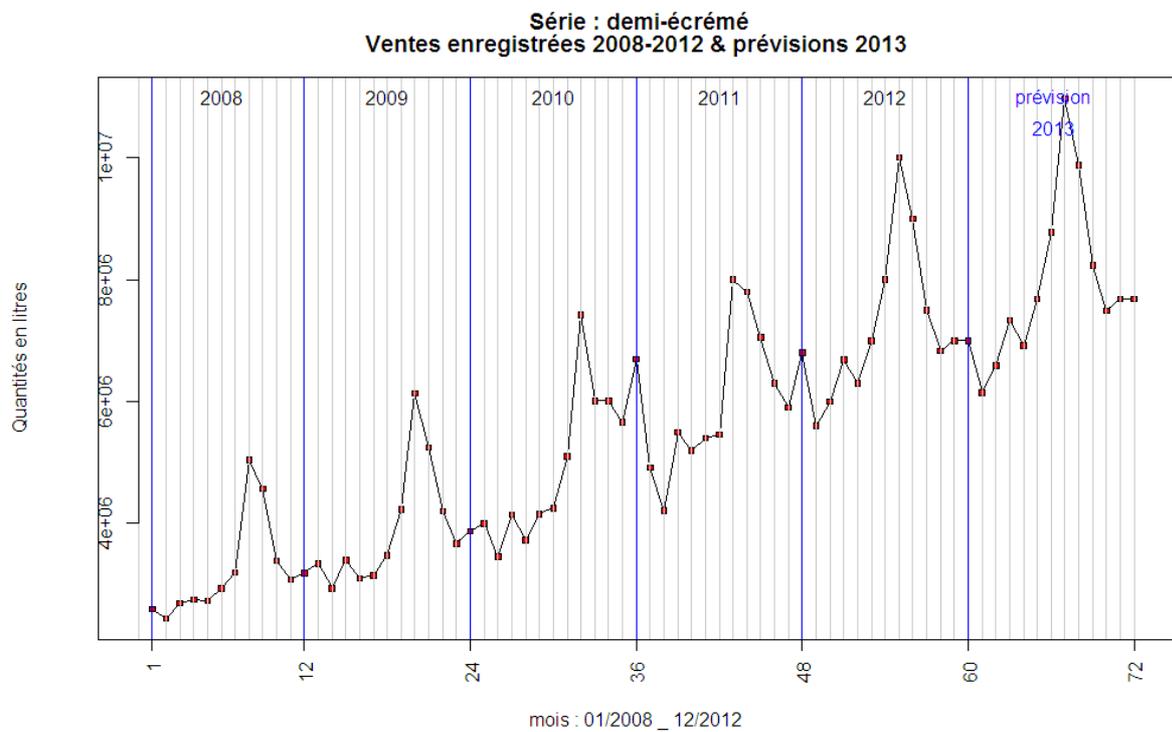
Source : réalisé par nos soins

Figure 3.30 : ACF et PACF des résidus : demi-écrémé



Source : réalisé par nos soins

Figure 3.31 : prévisions des ventes pour 2013 : demi-écrémé



Source : réalisé par nos soins.

### 3.2.5. Modélisation de la série des ventes de lait Silhouette

La série étudiée retrace l'évolution des ventes originales  $y_t$  de silhouette entre 2008 et 2012, soit 60 observations.

La moyenne et la variance sont respectivement égales à  $\bar{y}=287021$  et  $\hat{\sigma}_y^2=15740717160$ .

La figure 3.32 nous suggère l'existence d'une tendance en moyenne. La faible décroissance des autocorrélations sur les premiers retards et les autocorrélations partielles confirment la non-stationnarité de la moyenne. Les autocorrélations et les autocorrélations partielles des différences premières  $(1-D)y_t$  (figure 3.35) confirment que la part non-stationnaire est maintenant stationnaire puisque l'autocorrélation s'annule à partir du premier retard. On constate des valeurs inférieures pour le mois de Février de toutes les années, ce qui suggère une différenciation saisonnière (Figure 3.36). Les fonctions d'autocorrélations et autocorrélations partielles des différences premières non saisonnières nous suggère de prendre un modèle provenant d'un processus SARIMA  $(0, 1, 1) (0, 1, 0)_{12}$  dont l'équation est :

$$(1-D)(1-D^{12}) y_t = (1 - \theta_1 D) \varepsilon_t$$

et à l'aide du logiciel R, on obtient les résultats suivants

$$(1-D)(1-D^{12}) y_t = (1 - 0,5353D) \varepsilon_t$$

Et

$$Q^* = 17,9518 \quad \hat{\sigma}(\hat{\theta}) = 0,1471$$

Où  $\hat{\sigma}$  désigne l'écart type estimé et  $Q^*$  la statistique de Ljung-Box. Le  $t$  théorique de student au niveau de signification  $\alpha = 0.05$ , lu dans la table de student à  $n-k$  degrés de liberté où  $n=60$  désigne le nombre d'observations et  $k=1$  le nombre de paramètre, est égale à

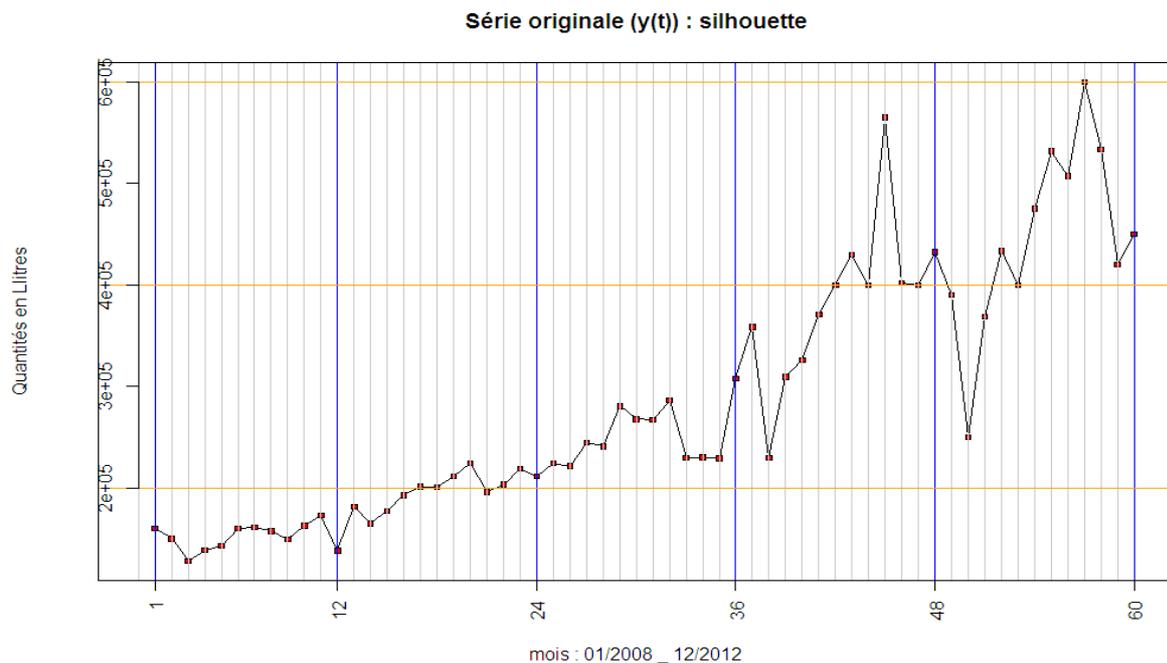
$$t_{n-k} \left( \frac{\alpha}{2} \right) = t_{60-1}(0,025) = 2,000$$

Les coefficients estimés  $\hat{\theta}_1 = +0,5353$  respecte la condition d'inversibilité  $|\theta| < 1$ . Il est significatif au seuil de signification  $\alpha = 0,05$  car son ration de student

$$t_{\hat{\theta}_1} = \frac{|\hat{\theta}|}{\hat{\sigma}(\hat{\theta})} = 3,639$$

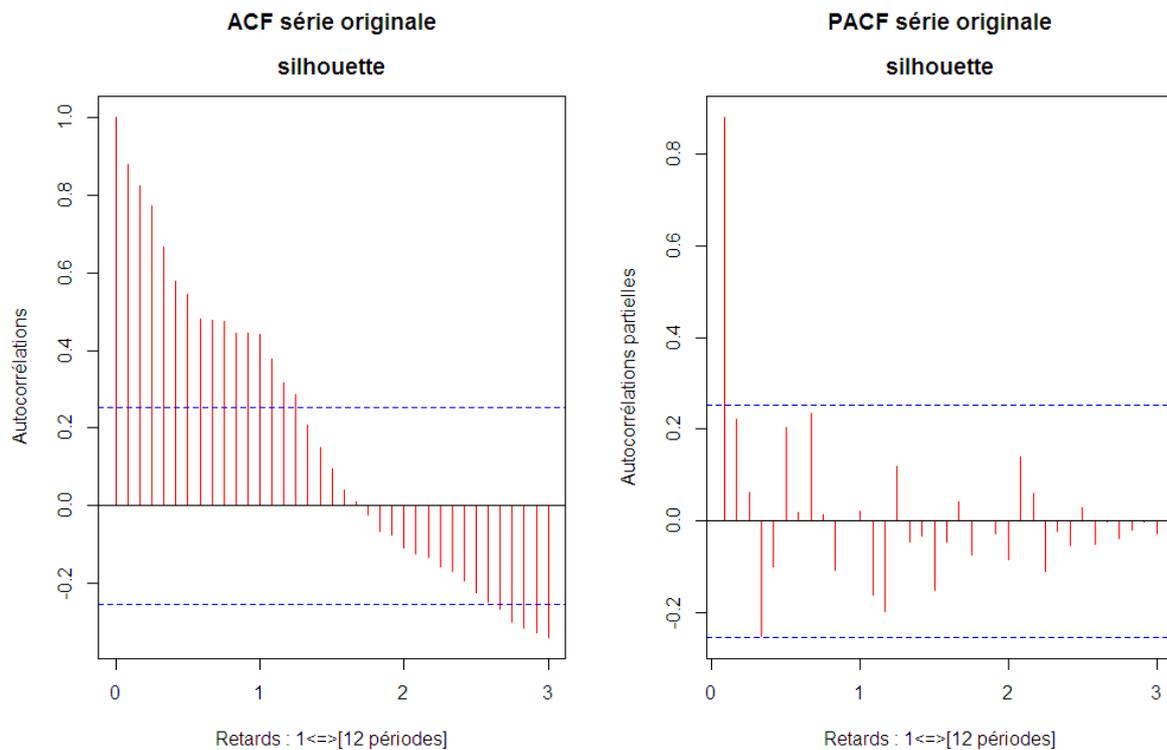
est supérieur à  $t$  théorique de student. Comme la statistique de Lyung-Box  $Q^* = 17,9518$  est inférieure à la valeur théorique du khi-deux  $\chi_{(22,0.05)}^2 = 33,924$  alors les résidus peuvent être considérés comme un bruit blanc. Cette hypothèse est confirmée par le calcul de l'autocorrélation des résidus que ne fait apparaître aucun pic significatif au niveau de signification  $\alpha = 0,05$  (Figure 3.37). Comme le modèle est correctement estimé, on calcule les prévisions de la série jusqu'à l'horizon 2013 (Figure 3.38).

Figure 3.32 : graphe de la série originale  $y_t$  : silhouette



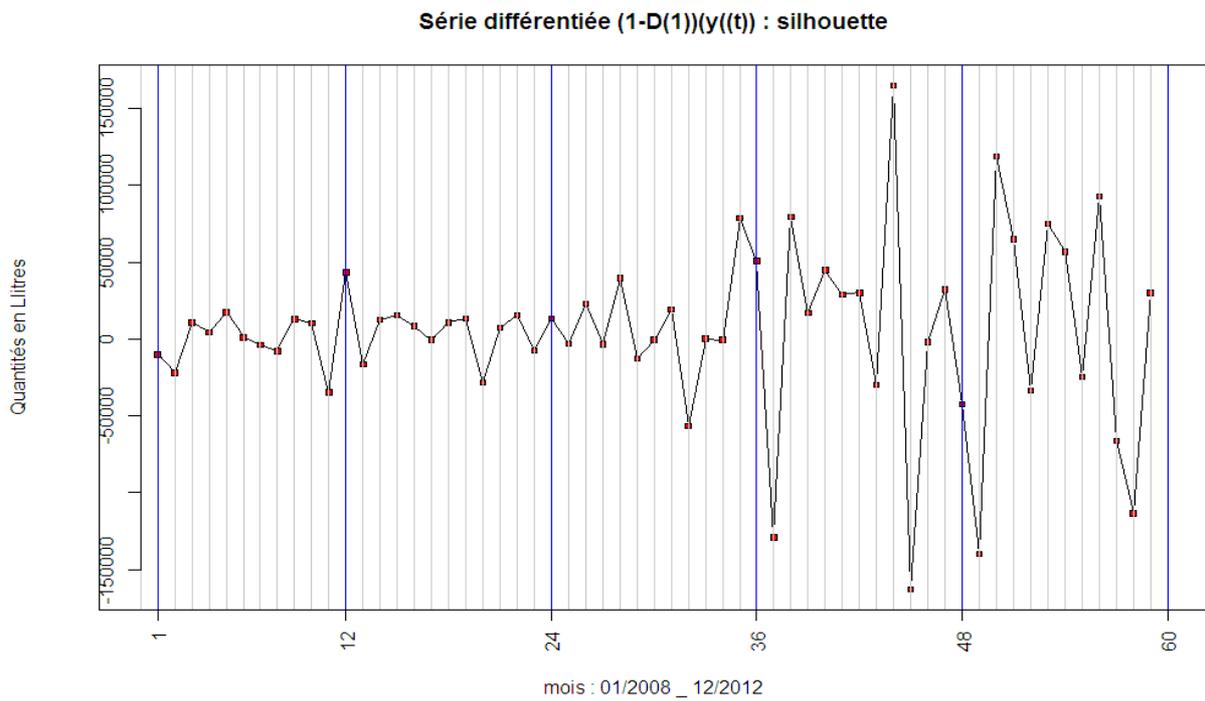
Source : réalisé par nos soins

Figure 3.33 : Corrélogramme de la série originale  $y_t$  : silhouette



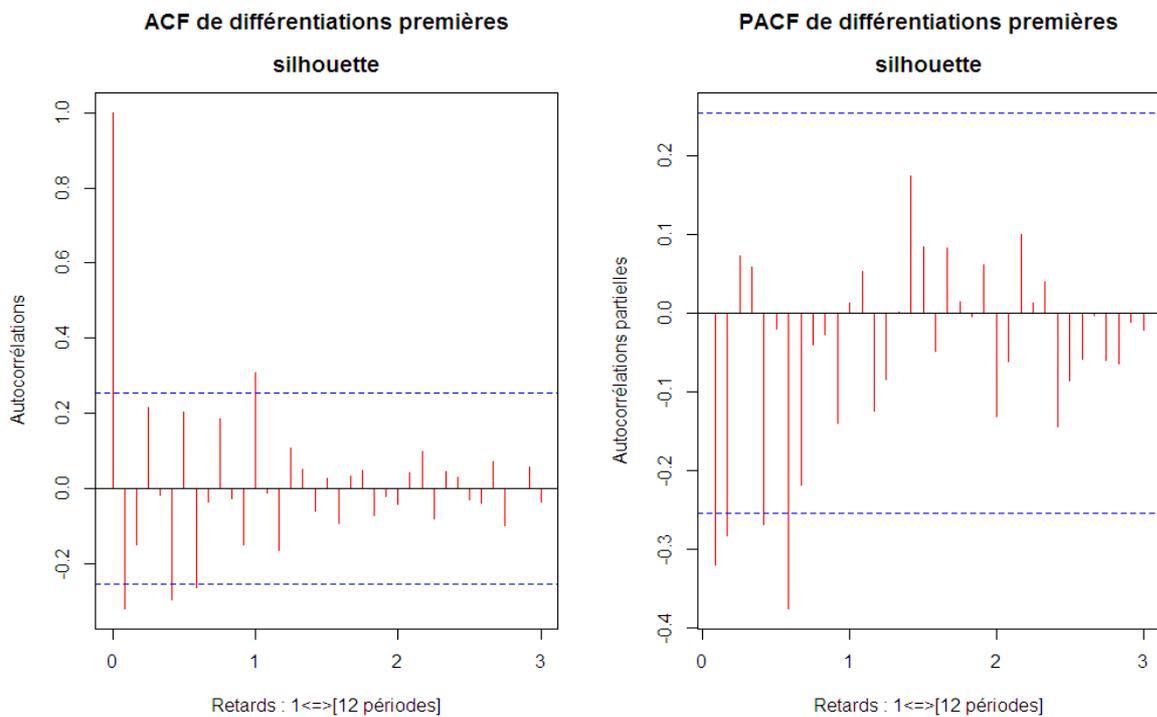
Source : réalisé par nos soins

Figure 3.34 : graphe des premières différentiations  $(1-D)y_t$  : silhouette



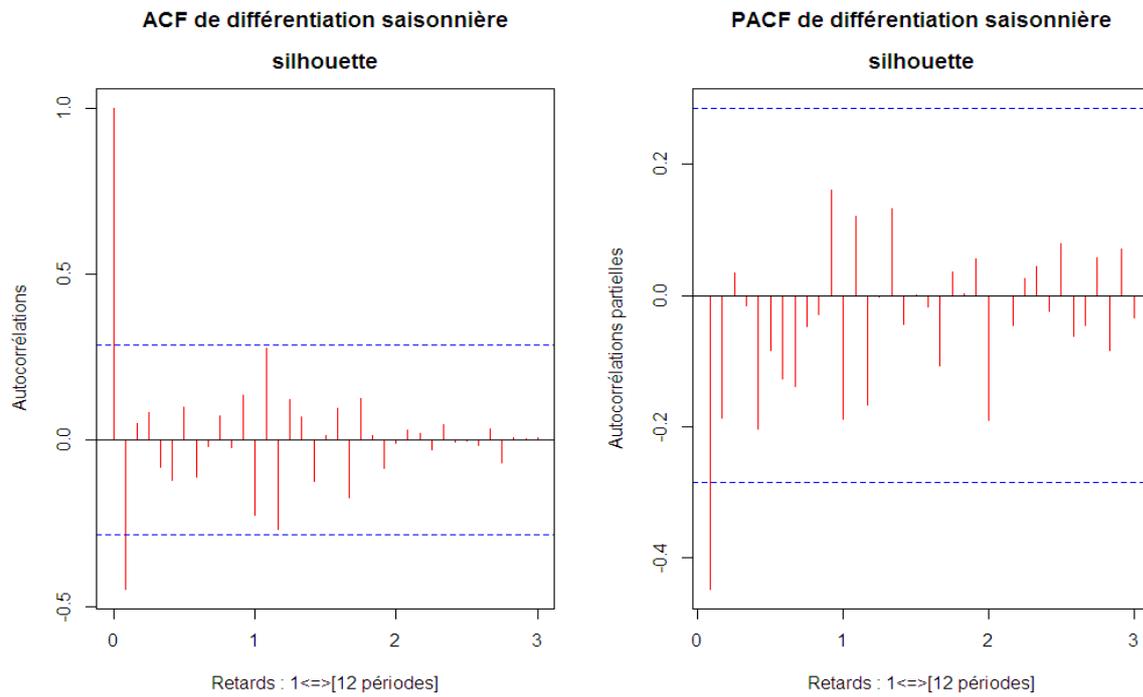
Source : réalisé par nos soins

Figure 3.35: ACF et PACF des premières différentiations  $(1-D)y_t$  : silhouette



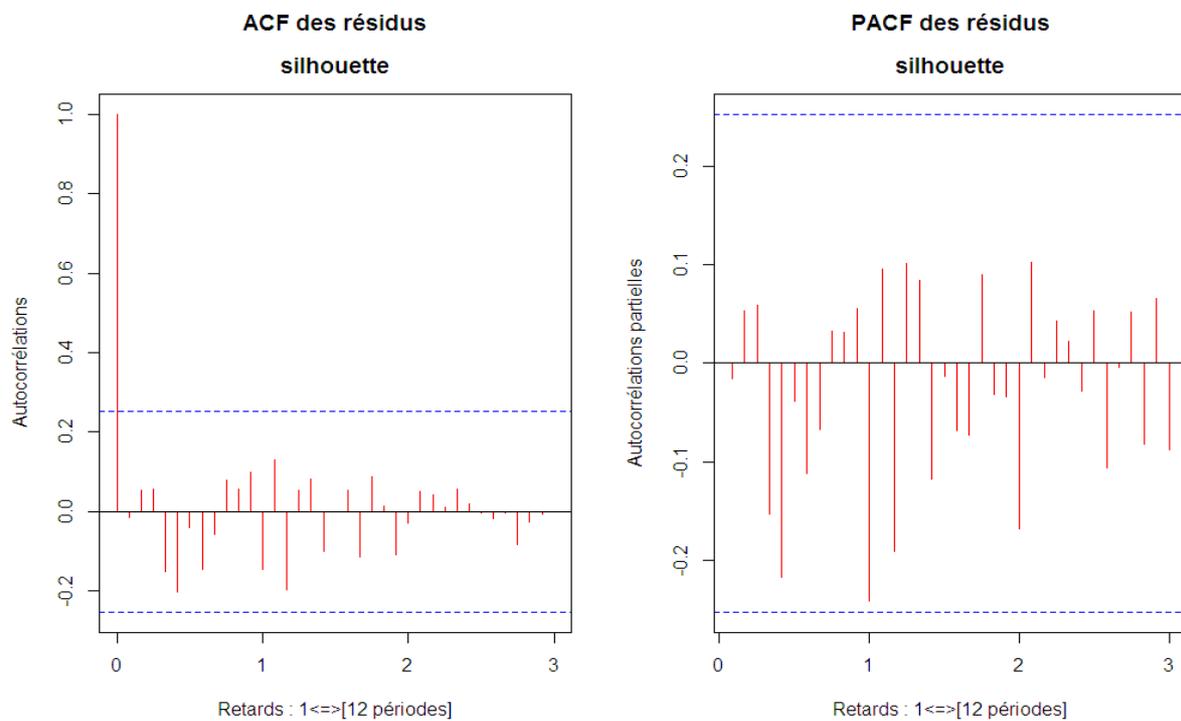
Source : réalisé par nos soins

Figure 3.36 : ACF et PACF des différentiations saisonnières  $(1-D)(1-D^{12})y_t$  : silhouette



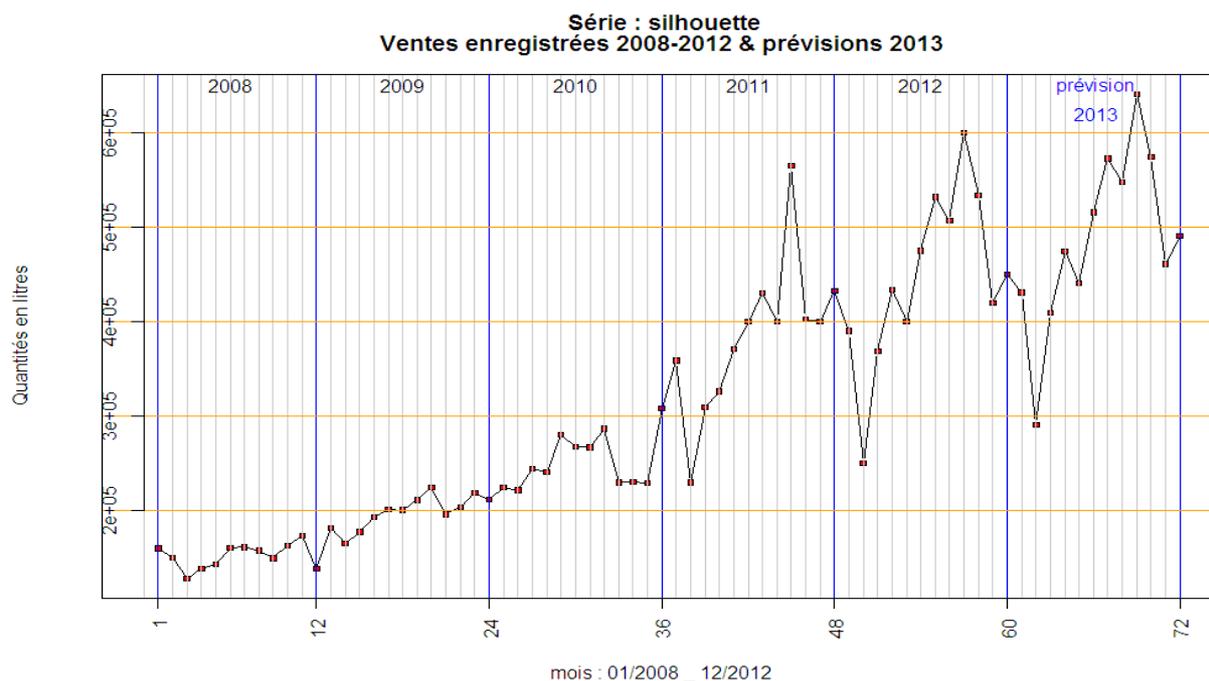
Source : réalisé par nos soins

Figure 3.37 : ACF et PACF des résidus : silhouette



Source : réalisé par nos soins

Figure 3.38 : les prévisions des ventes pour 2013 : silhouette



Source : réalisé par nos soins

Sur le tableau suivant, nous récapitulons pour chaque produit les différentes prévisions calculées (en litres), pour les mois de Janvier à décembre de l'année 2013.

Tableau 3.3 : Prévisions des ventes mensuelles Janvier-Décembre 2013.

Période	Viva	Choco 1L	Demi-écrémé	Silhouette
Janvier 2013	1 790 256	461 349	6 146 110	430 745
Février 2013	1 340 630	351 516	6 585 099	290 745
Mars 2013	1 670 803	516 448	7 336 409	409 505
Avril 2013	1 969 955	371 454	6 914 353	474 329
Mai 2013	1 591 263	563 955	7 682 611	440 745
Juin 2013	1 398 373	624 846	8 780 114	515 745
Juillet 2013	2 046 493	698 304	10 975 214	572 609
Août 2013	2 352 570	493 447	9 877 698	547 877
Septembre 2013	1 955 654	675 643	8 231 427	640 745
Octobre 2013	2 020 130	888 393	7 494 425	574 265
Novembre 2013	1 451 656	628 078	7 682 611	460 745
Décembre 2013	1 953 154	249 739	7 682 611	490 745

Source : réalisé par nos soins

**Conclusion**

Suite aux développements des logiciels, les prévisions sont devenues de plus en plus accessibles et faciles à établir car il existe plusieurs méthodes permettant de les calculés. Dans ce chapitre, nous avons collectés, présentés et analysés les données, nous avons procédés à la modélisation statistique des données relatives aux produits « Demi-écrémé, Silhouette, Viva et Choco 1L » pour calculer les prévisions afin d'établir un contrôle budgétaire. Alors, nous pouvons dire que la méthode de prévision des ventes qui convienne à l'élaboration de budget des ventes de l'entreprise "TCHIN-Lait" est celle de Box et Jenkins.

## *Chapitre 4*

### *Gestion budgétaire au sein de*

### *TCHIN-Lait/Candia*

#### **Introduction**

L'art de la budgétisation consiste à parvenir à un équilibre entre l'ambition et le réalisme. On recourt à la combinaison d'inputs la plus efficace possible pour obtenir un maximum d'outputs et des marges aussi importantes que possible. Pendant l'exécution du budget, la direction de l'entreprise devra exercer un contrôle permanent et si nécessaire, procéder aux corrections requises.

Notre travail se portera sur l'application de la gestion budgétaire au sein de l'entreprise TCHIN-Lait/Candia. L'application de la méthode de Box et Jenkins nous permet de prévoir les ventes d'une année, ainsi que les informations qui concernent les budgets et les réalisations afin d'établir des écarts et de les interpréter par la suite.

#### 4.1. La budgétisation des ventes

L'entreprise aujourd'hui vend sur des marchés de plus en plus concurrentiels. La demande évolue rapidement tant en fonction des innovations technologiques que des changements des goûts des consommateurs. Ce caractère évolutif et très turbulent des marchés confortent le rôle premier du budget des ventes dans le processus budgétaire.

La budgétisation des ventes permis aux différents responsables de la fonction commerciale de chiffrer les objectifs des ventes à court terme. En prenant en considération les prévisions des quantités des ventes définit précédemment et les prix unitaires prévisionnels déterminés par l'entreprise. Ce qui permet de dresser les tableaux suivants qui représente le budget prévisionnel des ventes pour les mois de Janvier, Février et Mars 2013, des quatre produits : Demi-écrémé, Silhouette, Viva, Choco 1L.

On suppose que les prix prévisionnels (2011) sont fixés en raison de confidentialité des informations au niveau de TCHIN-Lait/Candia.

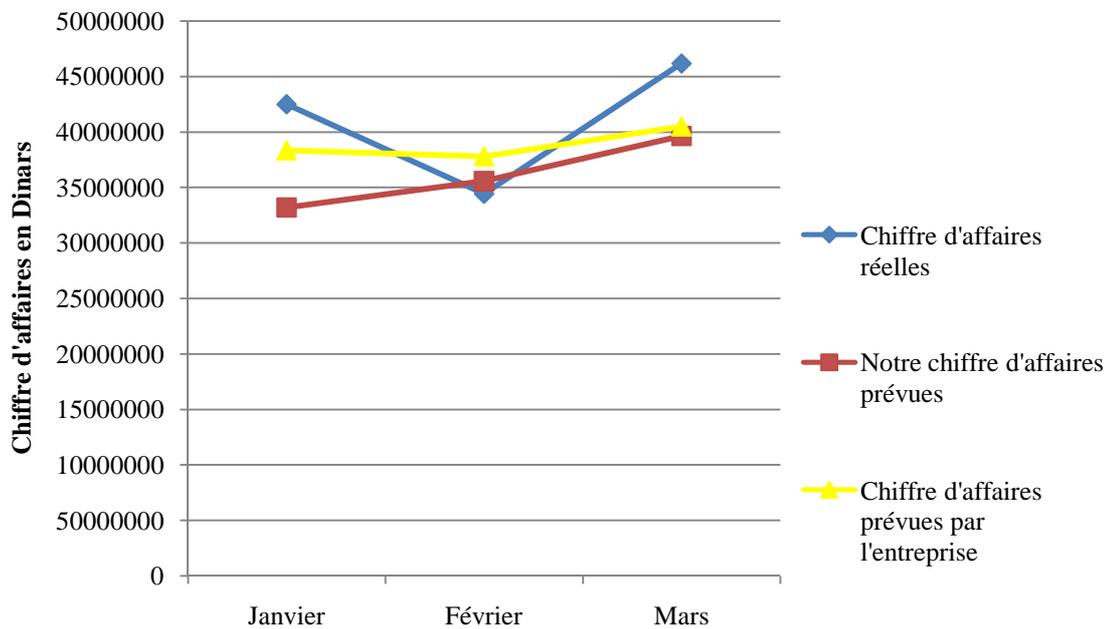
##### ➤ Lait Demi-écrémé

**Tableau 4.1:** le budget des ventes en Demi-écrémé des mois « Janvier, Février et Mars 2013 »

Produit	Demi-écrémé					
	Notre chiffre d'affaires prévues			Chiffre d'affaires prévues par TCHIN-Lait		
	Mois	Quantités	Prix	Chiffre d'Affaires	Quantités	Prix
Janvier	6 146 110	54,02	332 012 862,2	7 100 000	54,02	383542000
Février	6 585 099	54,02	355 727 047,98	7 000 000	54,02	378140000
Mars	7 336 409	54,02	396 312 814,18	7 500 000	54,02	405150000

**Source :** réalisé par nos soins.

**Figure 4.1 :** Comparaison entre chiffre d'affaires réelles, notre chiffre d'affaires prévus et chiffre d'affaires prévus par TCHIN-Lait 2013 : Lait Demi-écrémé.



Source : réalisé par nos soins.

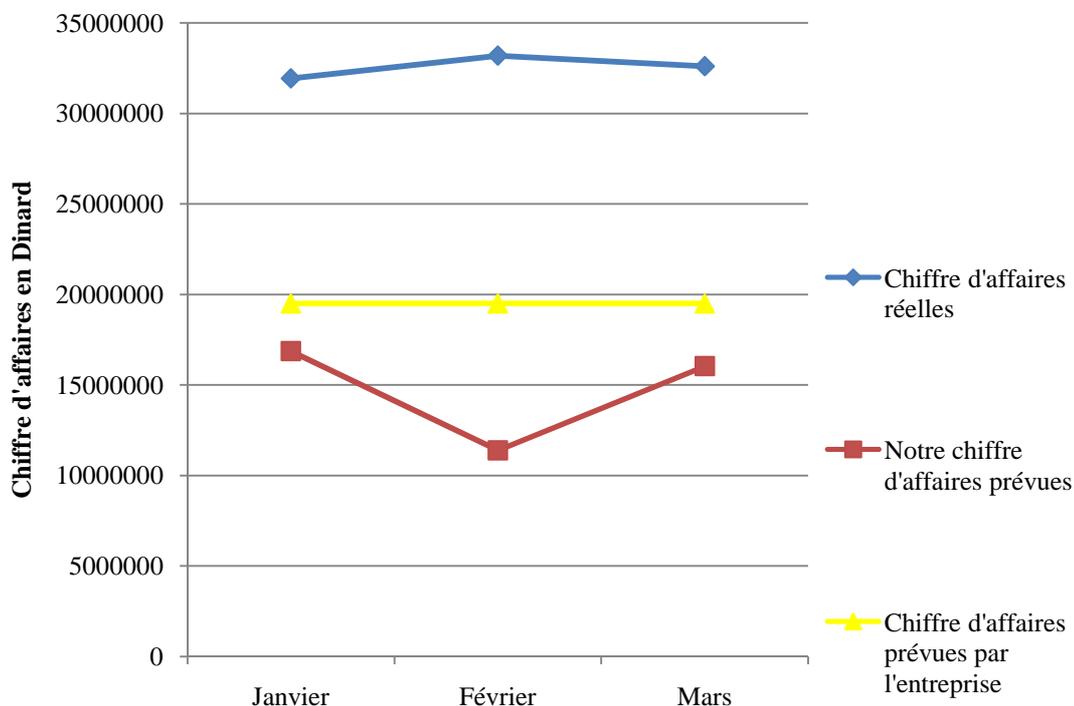
➤ **Lait Silhouette**

**Tableau 4.2 :** le budget des ventes en Silhouette des mois de Janvier, Février et Mars 2013.

Produit	Silhouette					
	Notre chiffre d'affaires prévues			Chiffre d'affaires prévues par TCHIN-Lait		
	Mois	Quantités	Prix	Chiffre d'Affaires	Quantités	Prix
Janvier	430 745	39,14	16 859 359,3	5000000	39,14	195700000
Février	290 745	39,14	11 379 759,3	5000000	39,14	195700000
Mars	409 505	39,14	16 028 025,7	5000000	39,14	195700000

Source : réalisé par nos soins.

**Figure 4.2 :** Comparaison entre chiffre d'affaires réelles, notre chiffre d'affaires prévus et chiffre d'affaires prévus par TCHIN-Lait 2013 : Lait Silhouette



Source : réalisé par nos soins.

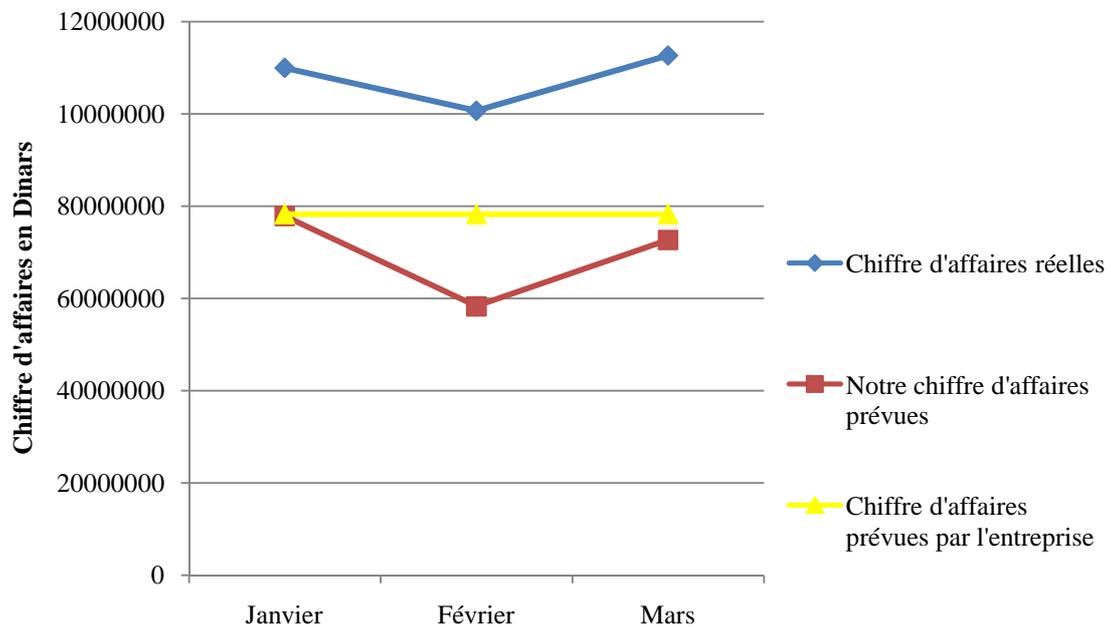
➤ **Lait Viva**

**Tableau 4.3 :** le budget des ventes en Viva des mois de Janvier, Février et Mars 2013

Produit	Viva					
	Notre chiffre d'affaires prévues			Chiffre d'affaires prévues par TCHIN-Lait		
	Mois	Quantités	Prix	Chiffre d'Affaires	Quantités	Prix
Janvier	1 790 256	43,48	77840330,9	1800000	43,48	78264000
Février	1 340 630	43,48	58290592,4	1800000	43,48	78264000
Mars	1 670 803	43,48	72646514,4	1800000	43,48	78264000

Source : réalisé par nos soins.

**Figure 4.3 :** Comparaison entre chiffre d'affaires réelles, notre chiffre d'affaires prévus et chiffre d'affaires prévus par TCHIN-Lait 2013 : Lait Viva



Source : réalisé par nos soins.

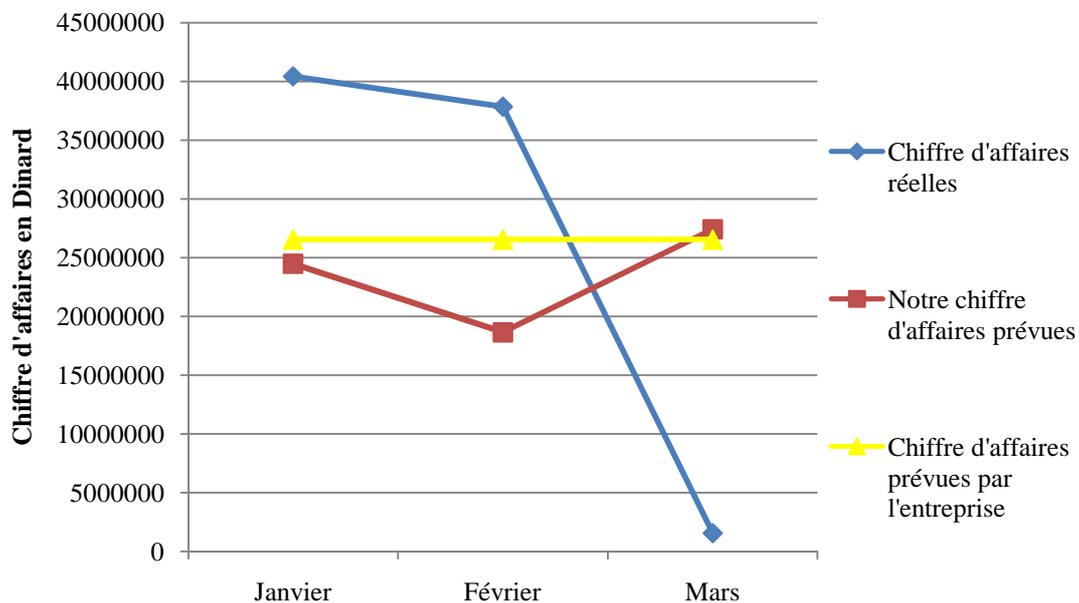
➤ **Lait Choco 1L**

**Tableau 4.4 :** le budget des ventes en Choco 1L des mois de Janvier, Février et Mars 2013

Produit	Choco 1L					
	Notre chiffre d'affaires prévues			Chiffre d'affaires prévues par TCHIN-Lait		
	Mois	Quantités	Prix	Chiffre d'Affaires	Quantités	Prix
Janvier	461 349	53,06	24 479 177,9	500000	53,06	26530000
Février	351 516	53,06	18 651 438,9	500000	53,06	26530000
Mars	516 448	53,06	27 402 730,8	500000	53,06	26530000

Source : réalisé par nos soins.

**Figure 4.4 :** Comparaison entre chiffre d'affaires réelles, notre chiffre d'affaires prévus et chiffre d'affaires prévus par TCHIN-Lait 2013 : Lait Choco 1L



**Source :** réalisé par nos soins.

### Interprétation

D'après cette étude, nous constatons que les produits Demi-écrémé, Silhouette, Viva et Choco 1L ont réalisé un chiffre d'affaires important, en plus l'observation des différents graphiques nous montre que les chiffres d'affaires réalisés sont cependant plus importants que les prévus. Cette différence peut être expliquée par la nature de ces produits et leurs qualités de conservation, inversement au lait en sachets, même c'est des produits de large consommation.

### 4.2. Contrôle budgétaire des ventes

L'entreprise TCHIN-Lait exécute un contrôle budgétaire périodique, afin de comparer le budget prévisionnel et le budget réel, en interprétant les écarts, dans le but est de prendre les décisions nécessaires pour atteindre les objectifs fixés par l'entreprise. Nous allons calculer les écarts sur chiffre d'affaires. Par la comparaison entre prévision des ventes et les réalisations des mois de Janvier, Février et Mars 2013.

#### 4.2.1. L'écart sur le chiffre d'affaires E/CA

L'écart sur chiffre d'affaires est un instrument de contrôle de la performance commerciale. Il présente l'intérêt d'être rapidement disponible, il se décompose en écart sur prix et en écart sur quantité.

D'une manière générale, l'écart global sur chiffre d'affaires se calcule comme suit :

$$E/CA = CA \text{ réel} - CA \text{ budgété.}$$

Cet écart global se décompose en deux sous écarts :

- ✓ Écart sur quantité = (Quantité réelle – Quantité standard) x Prix standard

$$E/Q = (Q_r - Q_s) \times P_s$$

- ✓ Écart sur prix = (Prix réel – Prix standard) x Quantité réelle

$$E/P = (P_r - P_s) \times Q_r$$

Les ventes réelles des mois de Janvier, Février et Mars 2013 sont données dans le tableau ci-dessous et rapprochées du montant des prévisions.

#### ➤ Lait Demi-écrémé

**Tableau 4.5 :** Calcul des Ecart global sur chiffre d'affaires du Lait Demi-écrémé pour Janvier, Février et Mars 2013

	Budget 2013			Réalisation 2013			Ecart global Unité
	Quantités/ Unités	Prix/ Unités	CA/ Unités	Quantités/ Unités	Prix/ Unités	CA/ Unités	
Janvier	6 146 110	54,02	332 012 862,2	6 924 952	61,36	424 915 054,7	92 902 192,5
Février	6 585 099	54,02	355 727 047,9	5 610 960	61,36	344 288 505,6	- 11 438 542,3
Mars	7 336 409	54,02	396 312 814,1	7 523 674	61,36	461 652 636,6	65 339 822,5
Total			1084052724,2			1230856196,9	146 803 472,7

**Source :** réalisé par nos soins.

Sur le produit Demi-écrémé, nous constatons que l'écart global sur chiffre d'affaires (qui est d'une valeur de -11438542,3 DA) du mois de Février est défavorable car le chiffre d'affaires réel est inférieur au chiffre d'affaires budgété et favorable pour les mois de Janvier et Mars puisque le chiffre d'affaires réel est supérieur à celui prévu. Cet écart résulte :

### Janvier 2013

- $E/Q = (6\,924\,952 - 6\,146\,110) \times 54,02$   
 $= 42\,073\,044,8 \text{ DA}$
- $E/P = (61,36 - 54,02) \times 6\,924\,952$   
 $= 50\,829\,147,7 \text{ DA}$

Cet écart positif est favorable au moment où le prix réel est supérieur à celui prévu.

### Février 2013

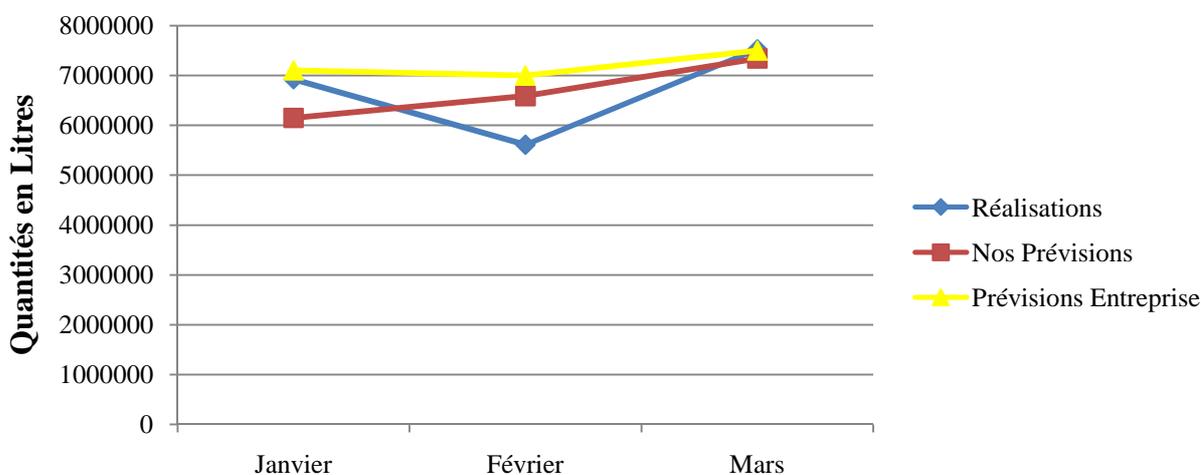
- $E/Q = (5\,610\,960 - 6\,585\,099) \times 54,02$   
 $= -52\,622\,988,8 \text{ DA}$
- $E/P = (61,36 - 54,02) \times 5\,610\,960$   
 $= 41\,184\,446,4 \text{ DA}$

### Mars 2013

- $E/Q = (7\,523\,674 - 7\,336\,409) \times 54,02$   
 $= 10\,116\,055,3 \text{ DA}$
- $E/P = (61,36 - 54,02) \times 7\,523\,674$   
 $= 55\,223\,767,2 \text{ DA}$

Donc, l'écart favorable sur chiffre d'affaires global est dû, d'une part, à l'écart favorable sur quantité des mois de Janvier et Mars qui représente respectivement (42 073 044.8 DA et 10 116 055.3 DA). D'autre part, à l'écart favorable sur prix du mois de Janvier et Mars qui représente respectivement (50 829 147.7 DA et 55 223 767.2 DA) avec un écart négatif pour le mois de Février, donc défavorable car la quantité réelle vendue est de (- 52 622 988.8 DA) qui est inférieure à celle prévue.

**Figure 4.5 :** Comparaison entre ventes réelles, nos prévisions et prévisions de TCHIN-Lait 2013 : Lait Demi-écrémé



**Source :** réalisé par nos soins.

Selon la figure 4.5 on constate que nos prévisions des quantités vendues de Demi-écrémé du mois de Janvier, Février et Mars 2013 sont différentes de celles de l'entreprise TCHIN-Lait/Candia, par contre les prévisions de l'entreprise son plus proche du réel pour les deux mois Janvier et Mars. Nos prévisions sont plus proche du réalisée pour le mois de février. Une approximation des quantités réelles peut être réaliser si ya connaissance parfaite du système d'information de l'entreprise, telle que sa stabilité, la rupture de stock de la matière première, historique des ventes,...Ainsi, on ne peut pas donner une interprétation complète puisque nous avons que les réalisations des trois premiers mois.

#### ➤ Lait Silhouette

**Tableau 4.6 :** Calcul des Ecart global sur chiffre d'affaires du Lait Silhouette Pour Janvier, Février et Mars 2013.

	Budget 2013			Réalisation 2013			Ecart global Unités
	Quantités/Unités	Prix/Unités	CA/Unités	Quantités/Unités	Prix/Unités	CA/Unités	
Janvier	430 745	39,14	16 859 359,3	491 760	64,92	31 925 059,2	15 065 699,9
Février	290 745	39,14	11 379 759,3	511 188	64,92	33 186 324,9	21 806 565,6
Mars	409 505	39,14	16 028 025,7	502 092	64,92	32 595 812,6	16 567 786,9
Total			44 267 144,3			97 707 196,7	534 40 051,8

**Source :** réalisé par nos soins.

L'écart global sur chiffre d'affaires de produit Silhouette est positif, il est de 53440051,8 DA.

Donc il est favorable car le chiffre d'affaires réel est supérieur à celui prévu.

Pour mieux comprendre cet écart, nous le décomposons en deux sous écarts comme suit :

#### Janvier 2013

- $E/Q = (491\,760 - 430\,745) \times 39,14$   
 $= 2\,388\,127,1$  DA
- $E/P = (64,92 - 39,14) \times 491\,760$   
 $= 12\,677\,572,8$  DA

#### Février 2013

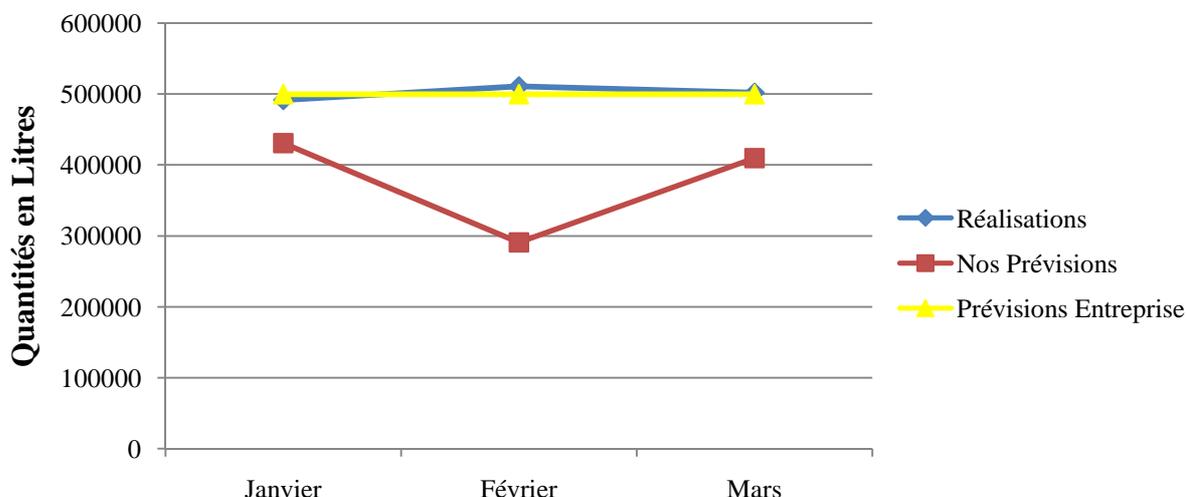
- $E/Q = (511\,188 - 290\,745) \times 39,14$   
 $= 8\,628\,139,02$  DA
- $E/P = (64,92 - 39,14) \times 511\,188$   
 $= 13\,178\,426,64$  DA

#### Mars 2013

- $E/Q = (502\,092 - 409\,505) \times 39,14$   
 $= 3\,623\,855,18$  DA
- $E/P = (64,92 - 39,14) \times 502\,092$   
 $= 12\,943\,931,76$  DA

L'écart favorable sur chiffre d'affaires global est dû, d'une part, à l'écart favorable sur quantité de valeur de (2 388 127.1 DA, 8 628 139.02 DA et 3 623 855.18 DA) pour les mois de janvier, février et mars respectivement et d'autre part, à l'écart favorable sur prix des trois mois respectivement qui sont de (12 677 572.8 DA, 13 178 426.64 DA et 12 943 931.76 DA).

**Figure 4.6 :** Comparaison entre ventes réelles, nos prévisions et prévisions de TCHIN-Lait 2013 : Lait Silhouette



**Source :** réalisé par nos soins.

On observe sur la figure 4.6 du lait Silhouette que nos prévisions sont différentes des prévisions faites par l'entreprise TCHIN-Lait/Candia. Cela peut être expliqué par la prise en considération seulement des quantités des ventes des cinq années dernières pour le calcul de volume des ventes prévues pour l'année 2013. Par contre l'entreprise a prévue des quantités proches de la réalité. Donc pour avoir des prévisions plus fiable il faut inclure d'autre variable qui peuvent d'être explicatives telle que les prix des produits.

#### ➤ Lait Viva

**Tableau 4.7 :** Calcul des Ecart global sur chiffre d'affaires du Lait Viva pour Janvier, Février et Mars 2013

	Budget 2013			Réalisation 2013			Ecart global Unités
	Quantités/ Unités	Prix/ Unités	CA/Unités	Quantités/ Unités	Prix/ Unités	CA/Unités	
Janvier	1 790 256	43,48	77840330,9	1 693 833	64,93	109 980 576,7	32 140 245,8
Février	1 340 630	43,48	58290592,4	1 550 868	64,93	100 697 859,2	42 407 266,8
Mars	1 670 803	43,48	72646514,4	1 734 960	64,93	112 650 952,8	40 004 438,4
Total			208 777 437,7			323 329 388,7	114 551 951

**Source :** réalisé par nos soins.

Sur le produit Viva, nous constatons que l'écart global sur chiffre d'affaires (d'une valeur de 114551951 DA), est favorable car le chiffre d'affaires réel est supérieur au chiffre d'affaires prévu. En décomposant l'écart global sur chiffre d'affaires, on aura :

**Janvier 2013**

- $E/Q = (1\,693\,833 - 1\,790\,256) \times 43,48$   
 $= -4\,192\,472,04 \text{ DA}$
- $E/P = (64,93 - 43,48) \times 1\,693\,833$   
 $= 36\,332\,717,85 \text{ DA}$

**Février 2013**

- $E/Q = (1\,550\,868 - 1\,340\,630) \times 43,48$   
 $= 9\,141\,148,24 \text{ DA}$
- $E/P = (64,93 - 43,48) \times 1\,550\,868$   
 $= 33\,266\,118,6 \text{ DA}$

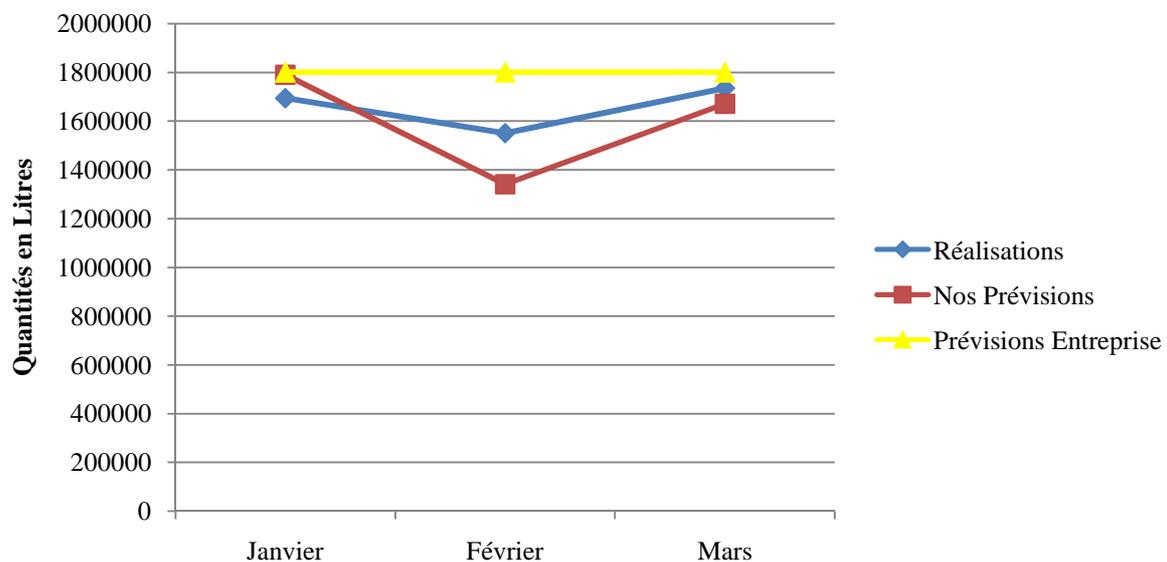
**Mars 2013**

- $E/Q = (1\,734\,960 - 1\,670\,803) \times 43,48$   
 $= 2\,789\,546,36 \text{ DA}$
- $E/P = (64,93 - 43,48) \times 1\,734\,960$   
 $= 37\,236\,342 \text{ DA}$

L'écart favorable sur chiffre d'affaires global est dû, à l'écart favorable sur quantité, des mois de Février et Mars respectivement (9 141 148.24 DA et 2 789 546.36 DA) et à l'écart favorable sur leurs prix respectivement (33 266 118.6 DA et 37 236 342 DA).

Comme nous remarquons un écart négatif pour le mois de janvier, donc défavorable car la quantité réelle vendue est inférieure à celle prévue (- 4 192 472.04 DA). Donc, l'écart favorable sur chiffre d'affaires est dû à l'écart favorable sur prix qui est de (36 332 717,85 DA).

**Figure 4.7 :** Comparaison entre ventes réelles, nos prévisions et prévisions de TCHIN-Lait 2013 : Lait Viva



**Source :** réalisé par nos soins.

D’après la représentation graphique sur la figure 4.7 du lait Viva, nous avons constaté que nos prévisions de ventes sont différentes de celles de l’entreprise pour les mois de Janvier, Février et Mars 2013. En effet on a pu réaliser des prévisions plus proches de celles de l’entreprise TCHIN-Lait/Candia après les avoir comparés aux réalisations.

➤ **Lait Choco 1L**

**Tableau 4.8 :** Calcul des Ecart global sur chiffre d’affaires du Lait Choco 1L pour Janvier, Février et Mars 2013

	Budget 2013			Réalisation 2013			Ecart global Unités
	Quantités/ Unités	Prix/ Unités	CA/Unités	Quantités/ Unités	Prix/ Unités	CA/Unités	
Janvier	461 349	53,06	24 479 177,9	621 360	65.05	40 419 468	15 940 290,1
Février	351 516	53,06	18 651 438,9	581 760	65.05	37 843 488	19 192 049,1
Mars	516 448	53,06	27 402 730,8	23 724	65.05	1 543 246,2	-25 859 484,6
Total			40 533 347,6			79 806 202,2	9 272 854,6

**Source :** réalisé par nos soins.

Sur le produit Viva, nous constatons que l'écart global sur chiffre d'affaires (d'une valeur de 114551951DA), est favorable car le chiffre d'affaires réel est supérieur au chiffre d'affaires prévu. En décomposant l'écart global sur chiffre d'affaires, on aura :

**Janvier 2013**

- $E/Q = (621\,360 - 461\,349) \times 53,06$   
 $= 8\,490\,183,66 \text{ DA}$
- $E/P = (65,05 - 53,06) \times 621\,360$   
 $= 7\,450\,106,4 \text{ DA}$

**Février 2013**

- $E/Q = (581\,760 - 351\,516) \times 53,06$   
 $= 12\,216\,746,64 \text{ DA}$
- $E/P = (65,05 - 53,06) \times 581\,760$   
 $= 6\,975\,302,4 \text{ DA}$

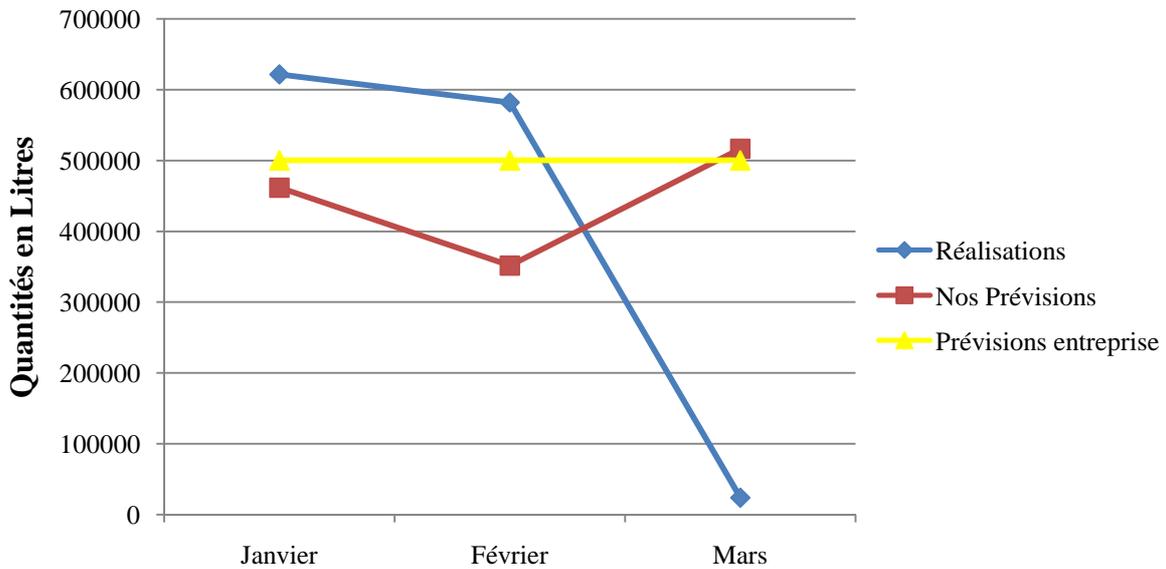
**Mars 2013**

- $E/Q = (23\,724 - 516\,448) \times 53,06$   
 $= -26\,143\,935,44 \text{ DA}$
- $E/P = (65,05 - 53,06) \times 23\,724$   
 $= 284\,450,76 \text{ DA}$

L'écart favorable sur chiffre d'affaires global est dû, d'une part, à l'écart favorable sur quantité (8 490 183.66 DA et 12 216 746,64 DA) et d'autre part, à l'écart favorable sur prix (7 450 106.4 DA et 6 975 302.4 DA), des mois de janvier et février respectivement.

Et un écart négatif, donc défavorable pour le mois de mars car la quantité réelle vendue est inférieure à celle prévue (-26 143 935,44 DA). Donc, l'écart favorable sur chiffre d'affaires est dû à l'écart favorable sur prix d'une valeur de (284 450,76 DA).

**Figure 4.8 :** Comparaison entre les ventes réelles, nos prévisions et prévision de TCHIN-Lait 2013 : Lait Choco 1L



**Source :** réalisé par nos soins.

Selon la figure 4.8 on constate que les prévisions sur les quantités vendues du lait Choco 1 L pour les mois de Janvier, Février et Mars 2013, sont différentes de celles de l'entreprise.

En outre, l'entreprise a réalisé des prévisions proches de la réalité en raison de la disponibilité des informations sur ce produit.

### Conclusion

La planification budgétaire ne pouvait s'envisager comme une simple technique comptable ou financière mais que son succès a été conditionné par une conception du contrôle budgétaire apte à faire décliner la stratégie par les responsables de tous les niveaux.

L'expertise nécessaire dans un tel domaine, exige la connaissance des systèmes d'information notamment comptables, mais plus, encore une large capacité d'ingénierie des modèles de guidage de l'entreprise TCHIN-Lait/Candia vers la performance et la maîtrise des apports techniques. Alors, nous pouvons dire que la méthode de prévision des ventes qui convient à l'élaboration de budget des ventes de l'entreprise TCHIN-Lait/Candia est celle de Box et Jenkins au moment où elle a permis de minimiser le nombre des écarts défavorables, et d'améliorer le processus prévisionnel de l'entreprise.

## **Conclusion générale**

Au cours de cette étude, nous avons tenté d'apporter des éléments de réponse, que nous jugeons essentiels, à la question « Quelle est la méthodologie adéquate pour une gestion budgétaire rentable au sein de l'entreprise Candia ? et quelles sont les étapes suivies par l'entreprise Candia pour établir une gestion prévisionnelle efficace ? ». Pour bien répondre à cette question nous avons essayé de révéler les fonctions de la gestion budgétaire au sein de l'entreprise Candia en estimant les prévisions par la méthode de Box et Jenkins, ainsi que le contrôle budgétaire qui a pour mission, la mesure du degré de réalisation des budgets et le dégagement des écarts obtenus de la différence entre réalisations et prévisions.

La pratique budgétaire passe impérativement par une transformation de la vision qui sous-tend les mécanismes de base de l'outil budgétaire, car il faut intégrer une représentation critique de la rationalité, et de faire passer le budget des statuts d'instrument à celui de dispositif de gestion. En plus, une nouvelle approche de la gestion budgétaire exige la compréhension de l'environnement et des organisations, comme un monde complexe faisant intervenir une pluralité de causes.

L'outil privilégié de ce processus est la gestion budgétaire qui est considérée comme une fonction partielle du contrôle de gestion. Sa mise en place s'est développée progressivement au sein des entreprises algériennes.

La gestion budgétaire comprend trois étapes qui consistent en la prévision, la budgétisation et le contrôle budgétaire. Elle conduit à la mise en place d'un réseau de budgets couvrant toutes les activités de l'entreprise. Ces programmes d'actions chiffrées sont appelés à servir d'outils de pilotage s'il leur est adjoint un système de contrôle budgétaire cohérent et régulier dont le cœur est constitué par la mise en évidence d'écarts qui doivent permettre la réflexion sur les causes de ces divergences et initier des actions correctrices. Ainsi nous avons proposé un état de l'art sur la gestion budgétaire, en outre nous avons donné un aperçu sur les travaux de références de la méthode de Box et Jenkins.

Dans notre étude, nous avons essayé de proposer une autre méthode de prévision des ventes par la modélisation des séries chronologiques des produits Viva, Choco, Demi-écrémé et Silhouette avec 60 observations liées aux ventes mensuelles de ces produits durant 5 ans. Cette modélisation est faite en utilisant le logiciel R et, en fonction des données dont nous disposons avec la méthode de Box & Jenkins. Cette étude prévisionnelle est faite

dans le but d'estimer les ventes mensuelles de ces séries de produits, et de préparer un budget des ventes pour l'année 2013.

Après avoir présenté ces prévisions, nous avons procédé au calcul et analyse des écarts sur chiffre d'affaires. Ces derniers sont les écarts significatifs que l'entreprise TCHIN-LAIT utilise comme instrument de contrôle de la performance de l'entreprise. Cette analyse nous a permis de s'assurer de la pertinence des prévisions établies au moment où nous avons pu réduire les écarts défavorables de l'entreprise. Et d'après notre stage pratique effectué au niveau de l'entreprise TCHIN-Lait nous avons constaté que le service contrôle de gestion est bien situé dans l'organigramme, ce qui lui permet de remplir sa mission dans la transversalité de l'information. Ainsi que le contrôle de gestion s'est vue attribuer de plus en plus de responsabilités en participant de plus en plus à la prise de décision.

Les limites de ce travail sont nombreuses. Notre thème intitulé «le gestion budgétaire à base d'une modélisation statistique des ventes » n'a pas pu être traité qu'en partie. Un sujet si vaste demande un temps de travail cohérent, aussi, sollicite l'accès aux différentes informations qui concernent l'entreprise étudiée pour toucher tous les points joints à notre thème de recherche. Nous avons réalisé une étude en se limitant à certains produits car il y a des insuffisances constatées dans le système d'information au niveau de l'entreprise TCHIN-Lait.

Enfin, concernant les questions proposées ont n'a pas pu atteindre des résultats irrévocables, nous avons essayé de proposer des solutions pour les insuffisances du système prévisionnel de l'entreprise "TCHIN-LAIT. Cette étude peut susciter des prolongements possibles en utilisant plus d'observations, et en modélisant tous les autres produits de cette entreprise. Pour cette raison, nous pouvons considérer la recherche dans ce domaine est ouverte.

Pour améliorer le système du contrôle budgétaire de l'entreprise TchIn-Lait/Candia nous proposons une modélisation VAR en utilisant le « prix des produits, la demande et les capacités de production.

## Table des matières

Liste des abréviations.....	I
Introduction Générale.....	1
<b>Chapitre 1 : Généralités sur la gestion budgétaire.....</b>	<b>3</b>
1.1 Origines historiques .....	4
1.2 Concepts et notions .....	4
1.2.1 Définition de la gestion budgétaire .....	4
1.2.2 Objectifs de la gestion budgétaire.....	5
1.2.3 Les caractéristiques de la gestion budgétaire.....	6
1.2.4 Avantages de la gestion budgétaire.....	7
1.2.5 Les conditions de réussite du système budgétaire.....	8
1.2.6 Les limites de la gestion budgétaire.....	8
1.3 Les techniques d'élaboration des budgets.....	9
1.3.1 Budgets.....	9
1.3.2 La procédure d'élaboration des budgets.....	10
1.3.3 Typologies des budgets.....	12
1.3.4 Les finalité des budgets.....	14
1.4 Le contrôle budgétaire.....	15
1.4.1 Définition.....	15
1.4.2 Objectifs du contrôle de gestion .....	16
1.4.3 Les caractéristiques du contrôle budgétaire.....	16

1.4.4	Les conditions d'efficacité du contrôle budgétaire.....	17
1.4.5	Les avantages du contrôle budgétaire.....	18
1.4.6	Modalités du contrôle budgétaire « analyse des écarts ».....	19
1.4.7	Les limites du contrôle budgétaire.....	21
1.5	Etat de l'art sur la gestion et le contrôle budgétaire.....	21
1.5.1	La compréhension traditionnelle des budgets.....	21
1.5.2	Les dimensions du processus budgétaire.....	23
a.	Budget et finalisation.....	24
b.	Budget et pilotage.....	26
c.	Budget et post-évaluation.....	27
d.	Les répartitions transversales.....	28
1.5.3.	Le budget : rôle et critiques.....	29
<b>Chapitre 2 : Rappels théoriques sur les séries chronologiques.....</b>		<b>31</b>
2.1	Stationnarité.....	32
2.1.1	Définitions.....	32
2.1.2	Remarque.....	32
2.2.	Fonction d'autocovariance, fonction d'autocorrélation et corrélogramme.....	32
2.2.1	Définition de la fonction d'autocovariance.....	32
2.2.2	Définition de la fonction d'autocorrélation.....	33
2.2.3	Définition du corrélogramme.....	33
2.2.4	Propriétés.....	33
2.2.5	Définition de la fonction d'autocorrélation partielle.....	34

2.2.6	Définition du corrélogramme partielle.....	34
2.3	Les processus autorégressifs d'ordre P : AR (P).....	35
2.3.1	Le processus AR (1) .....	35
2.3.2	Stationnarité et inversibilité du processus AR (1).....	35
2.3.3	Propriété d'inversibilité.....	36
2.3.4	Identification d'un processus AR(1).....	37
2.3.5	Stationnarité et inversibilité du processus AR (P).....	37
2.3.6	Identification d'un processus AR (P).....	37
2.3.7	Estimation des paramètres du processus AR (P).....	38
2.4	Les processus de moyennes mobiles : MA (q).....	38
2.4.1	Le processus MA (1).....	39
2.4.2	Condition d'inversibilité d'un processus MA (1).....	39
2.4.3	Condition d'inversibilité d'un processus MA (q).....	39
2.4.4	La fonction d'autocorrélation d'un processus MA (q).....	40
2.4.5	La fonction d'autocorrélation partielle d'un processus MA (q).....	40
2.5	Les processus autorégressifs et de moyennes mobiles : ARMA (p, q).....	40
2.6	Tests d'adéquation (ou de validation) du modèle.....	42
2.7	Spécification automatique des modèles ARMA.....	43
2.7.1	Remarque.....	43
2.8	Les processus ARIMA.....	44
2.9	Les processus SARIMA.....	44

2.10 Méthode de Box et Jenkins.....	46
2.11 Prévision.....	46
2.12 Etat de l'art sur la méthode de Box et Jenkins.....	48
2.12.1 la méthodologie de Box-Jenkins pas a pas.....	48
a. Détermination des ordres des processus ARMA.....	48
b. Estimation des paramètres.....	50
c. Validation du modèle.....	50
d. Prévision.....	51
2.12.2. Le test de racines unitaires.....	52
<b>Chapitre 3 : Modélisation statistique.....</b>	<b>57</b>
3.1. Historique de l'entreprise.....	58
3.1.1. Contrat de franchise Tchou-lait/Candia.....	58
3.1.2. La gamme de production Tchou-lait.....	59
3.1.3 Le processus de production.....	60
3.1.4. Evolution du chiffre d'affaire.....	62
3.1.5. Réseau de distribution.....	63
3.2. Modélisation statistique.....	64
3.2.1 Le logiciel utilisé.....	64
3.2.2. Modélisation de la série des ventes Viva.....	64
3.2.3. Modélisation de la série des ventes Choco.....	70
3.2.4. Modélisation de la série des ventes demi-écrémé.....	77
3.2.5. Modélisation de la série des ventes silhouette.....	85

<b>Chapitre 4 : la gestion budgétaire au sein de TCHIN-Lait/Candia.....</b>	<b>91</b>
4.1. La budgétisation des ventes.....	92
4.2. Contrôle budgétaire des ventes.....	96
4.2.1. L'écart sur le chiffre d'affaires E/CA.....	97
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>106</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>108</b>
<b>Liste des tableaux et figures.....</b>	<b>116</b>
<b>Annexe.....</b>	<b>120</b>

## Listes des figures et tableaux

### Les tableaux

<b>Tableau 2.1</b> : résumé des propriétés des fonctions d'autocorrélations simples et partielles.....	41
<b>Tableau 3.1</b> :évolutions du chiffre d'affaires de l'entreprise TCHIN-Lait/Candia : 2001-2011 .....	62
<b>Tableau 3.2</b> : les réseaux de distribution de TCHIN-Lait/Candia.....	63
<b>Tableau 3.3</b> : Prévisions des ventes mensuelles Janvier-Décembre 2013.....	90
<b>Tableau 4.1</b> : le budget des ventes en Demi-écrémé des mois de Janvier, Février et Mars 201.....	92
<b>Tableau 4.2</b> : le budget des ventes en Demi-écrémé des mois de Janvier, Février et Mars 2013.....	93
<b>Tableau 4.3</b> : le budget des ventes en Silhouette des mois de Janvier, Février et Mars 2013.....	94
<b>Tableau 4.4</b> : le budget des ventes en Viva des mois de Janvier, Février et Mars 2013.....	95
<b>Tableau 4.5</b> : Calcul des Ecart global sur chiffre d'affaires du Lait Demi-écrémé pour Janvier, Février et Mars 2013.....	97
<b>Tableau 4.6</b> : Calcul des Ecart global sur chiffre d'affaires du Lait Silhouette Pour Janvier, Février et Mars 2013.....	99
<b>Tableau 4.7</b> : Calcul des Ecart global sur chiffre d'affaires du Lait Viva pour Janvier, Février et Mars 2013.....	101
<b>Tableau 4.8</b> : Calcul des Ecart global sur chiffre d'affaires du Lait Choco 1L pour Janvier, Février et Mars 2013.....	103

## Les Figures

<b>Figure 1.1</b> : schéma d'articulation entre le plan d'action, programmes et budgets.....	11
<b>Figure 3.1</b> : Organigramme des étapes suivies durant la production.....	61
<b>Figure 3.2</b> : graphe d'évolution du chiffre d'affaires de l'entreprise TCHIN-Lait/Candia : 2001-2011.....	62
<b>Figure 3.3</b> : Graphe de la série originale $y_t$ : Viva.....	66
<b>Figure 3.4</b> : Corrélogramme de la série originale $y_t$ : Viva.....	67
<b>Figure 3.5</b> : graphe des premières différentiations (1-D) $y_t$ : Viva.....	67
<b>Figure 3.6</b> : ACF et PACF des premières différentiations (1-D) $y_t$ : Viva.....	68
<b>Figure 3.7</b> : ACF et PACF de différentiation saisonnière (1-D)(1-D <sup>12</sup> ) $y_t$ : Viva.....	68
<b>Figure 3.8</b> : ACF et PACF des résidus : Viva.....	69
<b>Figure 3.9</b> : Prévisions des ventes pour 2013 : Viva.....	69
<b>Figure 3.10</b> : Graphe de la série originale $y_t$ : Choco1L .....	72
<b>Figure 3.11</b> : Corrélogramme de la série originale $y_t$ : Choco1L .....	72
<b>Figure 3.12</b> :évolutions de la variance : Choco1L .....	73
<b>Figure 3.13</b> :graphe de la série transformée avec logarithme $\log y_t$ : Choco1L .....	73
<b>Figure 3.14</b> : ACF et PACF de la série différentiation $\log y_t$ : Choco1L .....	74
<b>Figure 3.15</b> :graphe des premières différentiations (1-D) $\log y_t$ : Choco1L .....	74
<b>Figure 3.16</b> : ACF et PACF des premières différentiations (1-D) $\log y_t$ : Choco1L .....	75
<b>Figure 3.17</b> : graphe des différentiations saisonnières (1-D)(1-D <sup>12</sup> ) $\log y_t$ : Choco1L .....	75
<b>Figure 3.18</b> : ACF et PACF des différentiations saisonnières (1-D)(1-D <sup>12</sup> ) $\log y_t$ :Choco 1L.....	76
<b>Figure 3.19</b> : ACF et PACF des résidus : Choco1L .....	76

<b>Figure 3.20:</b> Prévisions des ventes pour 2013 : Choco1L .....	77
<b>Figure 3.21:</b> graphe de la série originale $y_t$ : demi-écrémé.....	79
<b>Figure 3.22 :</b> Corrélogramme de la série originale $y_t$ : demi-écrémé.....	80
<b>Figure 3.23 :</b> évolution de la variance : demi-écrémé.....	80
<b>Figure 3.24 :</b> graphe de la série transformée avec logarithme $\log y_t$ : demi-écrémé.....	81
<b>Figure 3.25:</b> ACF et PACF de la série transformée avec logarithme $\log y_t$ : demi-écrémé.....	81
<b>Figure 3.26:</b> graphe des premières différentiations $(1-D) \log y_t$ : demi-écrémé.....	82
<b>Figure 3.27:</b> ACF et PACF des premières différentiations $(1-D) \log y_t$ : demi-écrémé.....	82
<b>Figure 3.28:</b> graphe de différentiation saisonnière $(1-D)(1-D^{12}) \log y_t$ : Demi-écrémé.....	83
<b>Figure 3.29:</b> ACF et PACF de différentiation saisonnière $(1-D)(1-D^{12}) \log y_t$ Demi-écrémé.....	83
<b>Figure 3.30 :</b> ACF et PACF des résidus : Demi-écrémé.....	84
<b>Figure 3.31:</b> prévisions des ventes pour 2013 : Demi-écrémé.....	84
<b>Figure 3.32:</b> graphe de la série originale $y_t$ : silhouette.....	86
<b>Figure 3.33 :</b> Corrélogramme de la série originale $y_t$ : silhouette.....	86
<b>Figure 3.34:</b> graphe des premières différentiations $(1-D)y_t$ : silhouette.....	87
<b>Figure 3.35 :</b> ACF et PACF des premières différentiations $(1-D)y_t$ : silhouette.....	87
<b>Figure 3.36:</b> ACF et PACF des différentiations saisonnières $(1-D)(1-D^{12}) y_t$ : silhouette.....	88
<b>Figure 3.37 :</b> ACF et PACF des résidus : silhouette.....	88
<b>Figure 3.38:</b> les prévisions des ventes pour 2013 : silhouette.....	89
<b>Figure 4.1 :</b> Comparaison entre chiffre d'affaires réelles, notre chiffre d'affaires prévus et chiffre d'affaires prévus par TCHIN-Lait 2013 : Lait Demi-écrémé.....	93
<b>Figure 4.2 :</b> Comparaison entre chiffre d'affaires réelles, notre chiffre d'affaires prévus et chiffre d'affaires prévus par TCHIN-Lait 2013 : Lait Silhouette.....	94

<b>Figure 4.3 :</b> Comparaison entre chiffre d'affaires réelles, notre chiffre d'affaires prévus et chiffre d'affaires prévus par TCHIN-Lait 2013 : Lait Viva.....	95
<b>Figure 4.4 :</b> Comparaison entre chiffre d'affaires réelles, notre chiffre d'affaires prévus et chiffre d'affaires prévus par TCHIN-Lait 2013 : Lait Choco 1L.....	96
<b>Figure 4.5 :</b> Comparaison entre ventes réelles, nos prévisions et prévisions de TCHIN-Lait 2013 : Lait Demi-écrémé.....	99
<b>Figure 4.6 :</b> Comparaison entre ventes réelles, nos prévisions et prévisions de TCHIN-Lait 2013 : Lait Silhouette.....	101
<b>Figure 4.7 :</b> Comparaison entre ventes réelles, nos prévisions et prévisions de TCHIN-Lait 2013 : Lait Viva.....	103
<b>Figure 4.8 :</b> Comparaison entre les ventes réelles, nos prévisions et prévision de TCHIN-Lait 2013 : Lait Choco 1L.....	105

**Tableau 5.1 : Ventes réelles du lait demi-écrémé de 2008-2012**

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
<b>2008</b>	2 591 280	2 439 984	2 690 272	2 747 892	2 732 400	2 934 630	3 196 044	5 037 450	4 570 176	3 382 890	3 073 170	3 187 290
<b>2009</b>	3 340 860	2 936 280	3 400 000	3 091 704	3 145 440	3 474 096	4 229 280	6 131 592	5 240 677	4 200 000	3 669 557	3 868 319
<b>2010</b>	4 000 000	3 454 632	4 138 632	3 723 120	4 151 616	4 251 600	5 101 049	7 421 837	6 010 368	6 009 268	5 659 742	6 699 045
<b>2011</b>	4 920 372	4 209 120	5 500 000	5 193 432	5 397 084	5 461 848	8 000 000	7 800 000	7 050 091	6 298 848	5 900 000	6 800 000
<b>2012</b>	5 600 000	6 000 000	6 684 552	6 300 000	7 000 000	8 000 000	10 000 000	9 000 000	7 500 000	6 828 480	7 000 000	7 000 000

Source : réalisé par l'entreprise Tchou-Lait/Candia

**Tableau 5.2 : Ventes réelles du lait silhouette de 2008-2012**

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
<b>2008</b>	160 000	150 000	128 077	138 723	142 920	160 296	161 280	157 500	149 610	162 630	173 070	138 210
<b>2009</b>	181 662	165 049	177 360	192 960	201 276	200 640	211 320	224 520	196 200	203 400	218 880	211 440
<b>2010</b>	224 520	221 400	244 440	240 960	280 482	267 720	267 120	286 440	229 800	230 000	229 320	307 943
<b>2011</b>	358 656	229 680	309 240	326 160	370 997	400 000	430 000	400 000	565 032	402 108	400 000	432 372
<b>2012</b>	390 000	250 000	368 760	433 584	400 000	475 000	531 864	507 132	600 000	533 520	420 000	450 000

Source : réalisé par l'entreprise Tchou-Lait/Candia

**Tableau 5.3 : Ventes réelles du lait viva de 2008-2012**

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
<b>2008</b>	214 620	155 532	199 527	194 240	197 280	205 920	224 280	230 928	255 240	236 520	259 200	205 200
<b>2009</b>	300 000	200 000	327 240	252 240	312 804	331 200	248 743	269 640	539 280	413 280	277 104	478 440
<b>2010</b>	453 960	300 000	568 080	444 240	533 535	501 120	561 600	593 600	500 000	442 679	531 132	703 992
<b>2011</b>	645 840	530 280	609 431	618 528	692 640	706 115	1 164 308	1 937 520	1 614 994	1 264 320	1 027 440	1 544 436
<b>2012</b>	1 487 556	1 052 844	1 445 064	1 728 276	1 324 884	1 142 712	1 800 000	2 100 000	1 700 000	1 767 600	1 200 000	1 700 000

Source : réalisé par l'entreprise Tchou-Lait/Candia

**Tableau 5.4 : Ventes réelles du lait choco1L de 2008-2012**

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
<b>2008</b>	60 700	101 700	90 000	94 124	85 680	98 760	98 334	126 480	129 936	147 450	150 000	170 778
<b>2009</b>	163 836	145 356	133 920	147 960	150 516	147 276	188 520	241 320	229 644	235 608	217 200	163 800
<b>2010</b>	200 000	250 000	370 440	262 920	217 800	275 880	299 760	353 286	250 000	278 000	314 028	136 704
<b>2011</b>	318 240	234 980	380 000	290 000	401 796	482 472	424 056	375 000	300 000	535 680	400 000	187 164
<b>2012</b>	350 000	275 000	400 000	310 000	450 000	500 000	550 000	398 000	540 720	712 776	500 000	200 000

Source : réalisé par l'entreprise Tchou-Lait/Candia

```
vect<-c(
2591280,2439984,2690272,2747892,2732400,2934630,3196044,5037450,4570176,3382890,
3073170,3187290,3340860,2936280,3400000,3091704,3145440,3474096,4229280,6131592,
5240677,4200000,3669557,3868319,4000000,3454632,4138632,3723120,4151616,4251600,
5101049,7421837,6010368,6009268,5659742,6699045,4920372,4209120,5500000,5193432,
5397084,5461848,8000000,7800000,7050091,6298848,5900000,6800000,5600000,6000000,
6684552,6300000,7000000,8000000,10000000,9000000,7500000,6828480,7000000,700000)
serie<- ts(vect,start=c(2008,1),freq=12)
```

### La représentation graphique de la série originale

```
plot(vect,main=c("Série originale : demi-écrémé "), xlab =" mois: 01/2008_12/2012",
xlim= c(0,60), ylab="Quantités en litres", type="o",pch=22,bty="l",bg=10,cex=0.7,
cex.axis=0.8, col.axis="red4", axes=FALSE); rug(c(0:60),tck=1,col="grey80");
abline(v=c(1,12,24,36,48,60),lty=1,col="blue");abline(h=1000*c(1000,2000,3000,4000,5000,
6000,7000, 8000), lty=1,col="orange")
axis(1,c(1,12,24,36,48,60),font=1,las=2);axis(2,pos=0);box();
par(mfrow=c(1,2));
acf(serie,lag=36,col="red",main=c("ACF série originale"," ","demi-écrémé"),xlab="Retards :
1<=>[12 périodes]",ylab="Autocorrélations",axes=FALSE);axis(1,0:36,0:36);axis(2);box()
pacf(serie, lag=36,col="red", main=c("PACF série originale"," ","demi-écrémé"), xlab= "
Retards: 1 <=>[12 périodes]", ylab="Autocorrélations partielles", axes=FALSE);
axis (1,0:36,0:36); axis(2);box()
serie2<-log(serie)
par(mfrow=c(1,2));
acf(serie2,lag=36,col="red",main=c("ACF de différentiation log"," ","demi-écrémé"), xlab="
Retards:1<=>[12périodes]",ylab="Autocorrélations",axes=FALSE);axis(1,0:36,0:36);axis(2);
box()
pacf(serie2,lag=36,col="red",main=c("PACF de différentiation log"," ","demi-écrémé"),
xlab=" Retards : 1<=>[12 périodes]",ylab="Autocorrélations partielles", axes=FALSE);
axis(1,0:36,0:36);axis(2);box()
serie2<-diff(serie2)
par(mfrow=c(1,2));
```

```
acf(serie2,lag=36,col="red",main=c("ACF de différentiations premières"," ","demi-écrémé"),
xlab="Retards : 1<=>[12 périodes]", ylab="Autocorrélations", axes=FALSE); axis
(1,0:36,0:36); axis(2);box()
```

```
pacf(serie2, lag=36, col="red", main=c("PACF de différentiations premières"," ","demi-
écrémé"), xlab="Retards : 1<=>[12 périodes]",ylab="Autocorrélations partielles",
axes=FALSE); axis (1,0:36,0:36);axis(2);box()
```

```
serie2<-diff(serie2,lag=12)
```

```
par(mfrow=c(1,2));
```

```
acf(serie2,lag=36,col="red",main=c("ACF de différentiation saisonnière"," ","demi-
écrémé"), xlab="Retards : 1<=>[12 périodes]", ylab="Autocorrélations",
axes=FALSE);axis(1,0:36,0:36); axis(2);box()
```

```
pacf(serie2,lag=36,col="red",main=c("PACF de différentiation saisonnière"," ","demi-
écrémé"),xlab="Retards : 1<=>[12 périodes]",ylab="Autocorrélations partielles",
axes=FALSE); axis(1,0:36,0:36);axis(2);box()
```

### **A partir de là nous faisons notre modélisation**

```
serie<- ts(vect,start=c(2008,1),freq=12)
```

```
serie2<-log(serie)
```

```
SARIMA <- arima(serie2,order=c(0,1,1),seasonal=list(order=c(0,1,0),period=12))
```

```
SARIMA
```

### **Nous passons ensuite à la validation du modèle en faisant un test sur les résidus**

```
a<-residuals(SARIMA)
```

```
Box.test(a, lag = 22, type ="Ljung")
```

### **Maintenant, on passe au calcul des prévisions**

```
p <- predict(SARIMA, n.ahead=12)
```

```
p
```

## La représentation graphique des prévisions avec la série originale

```
vectprev<-c(
2591280,2439984,2690272,2747892,2732400,2934630,3196044,5037450,4570176,3382890,
3073170,3187290,3340860,2936280,3400000,3091704,3145440,3474096,4229280,6131592,
5240677,4200000,3669557,3868319,4000000,3454632,4138632,3723120,4151616,4251600,
5101049,7421837,6010368,6009268,5659742,6699045,4920372,4209120,5500000,5193432,
5397084,5461848,8000000,7800000,7050091,6298848,5900000,6800000,5600000,6000000,
6684552,6300000,7000000,8000000,10000000,9000000,7500000,6828480,7000000,7000000
,6146110.496,6585099.479,7336409,6914353.318,7682611,8780114.443,10975214,9877698,
8231427.431,7494425.234,7682611,7682611)

plot(vectprev, main=c(" Série : demi-écrémé","Ventes enregistrées 2008-2012 & prévisions
2013"),xlab="mois : 01/2008 _ 12/2012",xlim=c(0,72),ylab="Quantités en
litres",type="o",pch=22,bty="l",bg=10,cex=0.7,cex.axis=0.8,col.axis="red4",axes=FALSE);
rug(c(0:60),tck=1,col="grey80");
rug(c(60:72),tck=1,col="grey80");
abline(v=c(1,12,24,36,48,60),lty=1,col="blue");abline(h=10000*c(2000,4000,6000,8000,100
00,20000),lty=1,col="orange")
axis(1,c("1","12","24","36","48","60","72"),font=1,las=2);axis(2,pos=0);box();
text(6,11000000,'2008',col='black')
text(18,11000000,'2009',col='black')

text(30,11000000,'2010',col='black')

text(42,11000000,'2011',col='black')

text(54,11000000,'2012',col='black')

text(66,11000000,' prévision',col='blue')

text(66,10500000,' 2013',col='blue')
```

### Définition de marche aléatoire

Le processus stochastique  $\{y_t\}$  est appelé marche aléatoire si :

$$y_t = y_{t-1} + u_t, \text{ pour } t > 0 \text{ et } y_0 = 0$$

Où  $u_t$  est indépendamment et identiquement distribuée avec une moyenne nulle et une variance  $\sigma^2 < \infty$  pour tout  $t$ . La marche aléatoire est non-stationnaire et, par conséquent, non-ergodique.

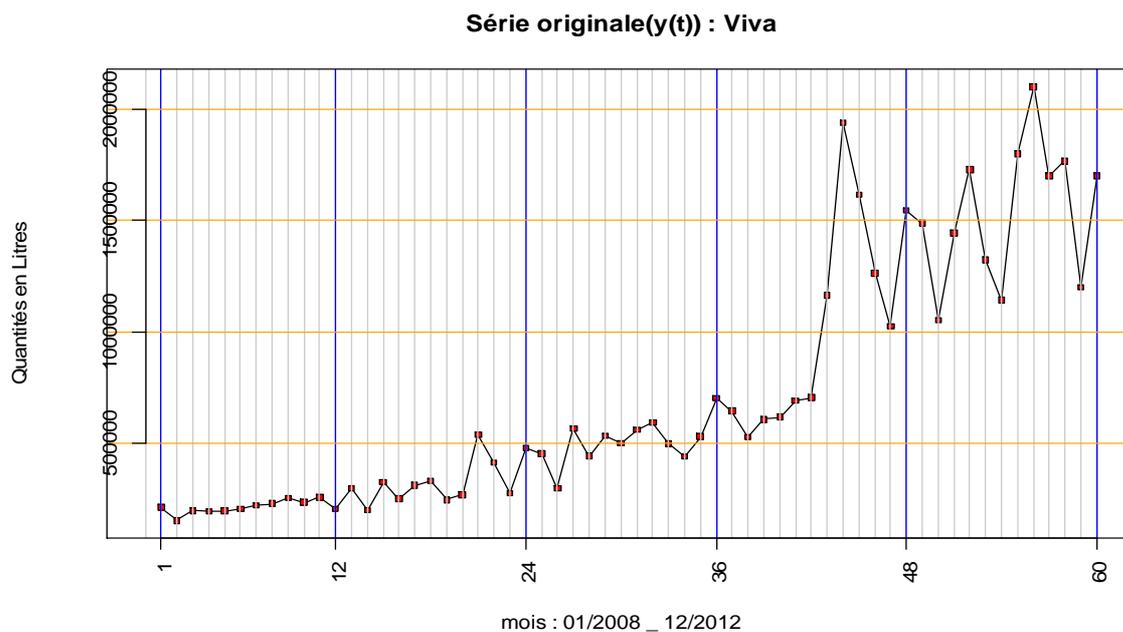
### Définition des moindres carrés (Least squares)

On appelle estimateurs des moindres carrés tout estimateur qui est obtenu en minimisant un critère quadratique des résidus : l'exemple le plus simple, appelé moindres carrés ordinaires (ordinary least squares) vise à minimiser le critère :

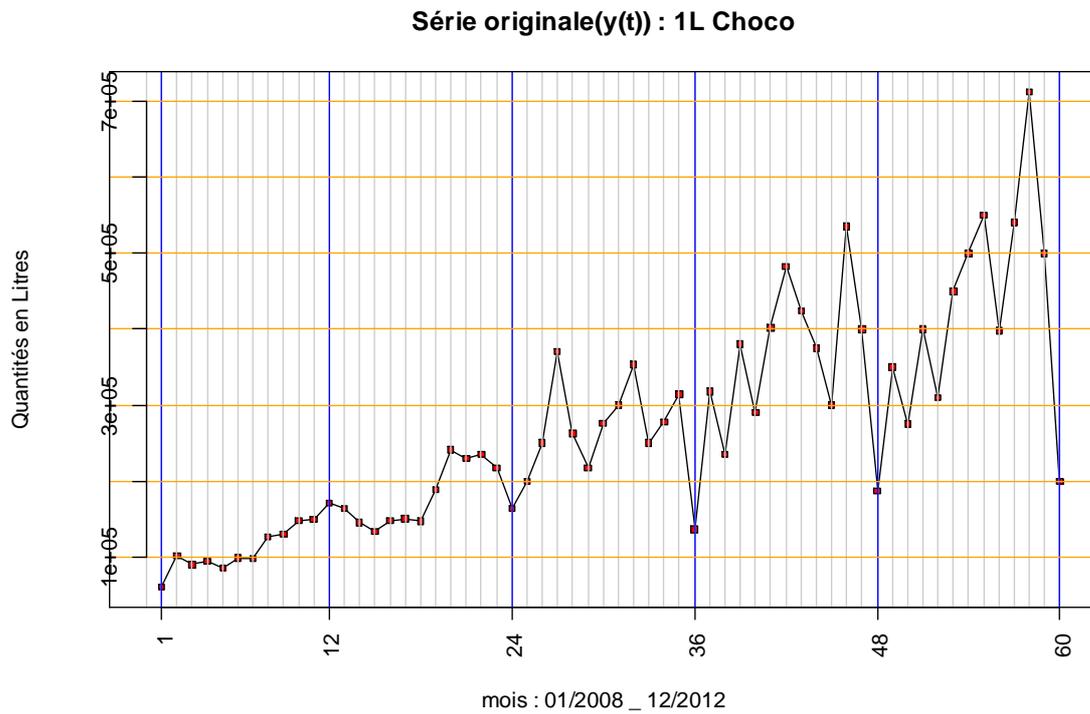
$$\sum_{i=1}^n (y_i - x_i' \beta)^2 = (Y - X\beta)'(Y - X\beta)$$

vis-à-vis de  $\beta$ . (On aurait pu choisir de minimiser la valeur absolue de  $\sum_{i=1}^n (y_i - x_i' \beta)$  mais cet estimateur est moins utilisé car il n'est pas dérivable).

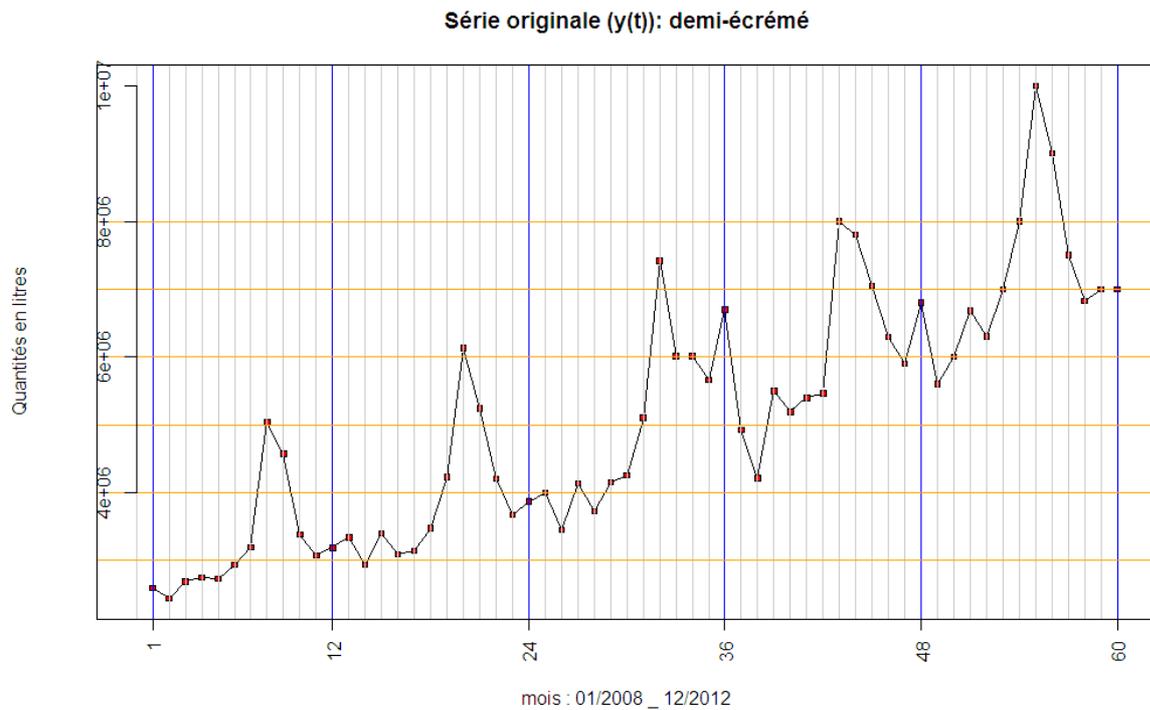
**Figure 5.1 :** Graphe de la série originale  $y_t$  : Viva



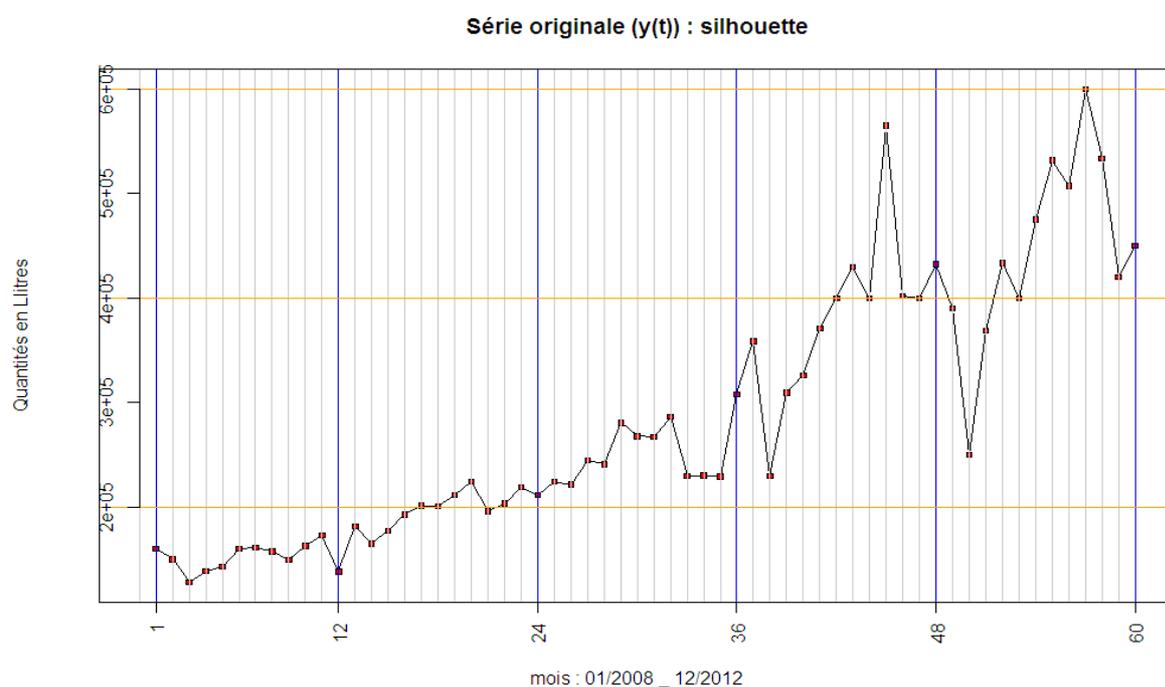
**Source :** réalisé par nos soins.

Figure 5.2 : Graphe de la série originale  $y_t$  : 1L Choco

**Source** : réalisé par nos soins.

Figure 5.3 : graphe de la série originale  $y_t$  : demi-écrémé

**Source** : réalisé par nos soins.

**Figure 5.4 :** graphe de la série originale  $y_t$  : silhouette

**Source :** réalisé par nos soins.

**Tableau5.5 :** Quantités vendues au mois de : Janvier, février et mars 2013.

produit	janvier	Février	mars
Lait UHT Demi-écrème	6 924 952	5610960	7523674
Silhouette	491 760	511188	502092
Lait uht viva	1 693 833	1550868	1734960
Choco 1l	621 360	581760	23724

**Source :** réalisé par l'entreprise Tchou-Lait/Candia

**Tableau 5.6 :** Quantités des ventes prévues par TCHIN-Lait/Candia pour l'année 2013

Mois \ Produit	Janvier	Février	Mars
Demi-écrémé	7 100 000	7 000 000	7 500 000
Silhouette	500 000	500 000	500 000
Viva	1 800 000	1 800 000	1 800 000
Choco 1L	500 000	500 000	500 000

**Source :** réalisé par l'entreprise TchIn-Lait/Candia

**Tableau 5.7 :** Prévisions des ventes mensuelles Janvier-Décembre 2013.

Période	Viva	Choco 1L	Demi-écrémé	Silhouette
Janvier 2013	1 790 256	461 349	6 146 110	430 745
Février 2013	1 340 630	351 516	6 585 099	290 745
Mars 2013	1 670 803	516 448	7 336 409	409 505
Avril 2013	1 969 955	371 454	6 914 353	474 329
Mai 2013	1 591 263	563 955	7 682 611	440 745
Juin 2013	1 398 373	624 846	8 780 114	515 745
Juillet 2013	2 046 493	698 304	10 975 214	572 609
Août 2013	2 352 570	493 447	9 877 698	547 877
Septembre 2013	1 955 654	675 643	8 231 427	640 745
Octobre 2013	2 020 130	888 393	7 494 425	574 265
Novembre 2013	1 451 656	628 078	7 682 611	460 745
Décembre 2013	1 953 154	249 739	7 682 611	490 745

**Source :** réalisé par nos soins.

## **Résumé**

Le travail présenté dans ce mémoire s'inscrit dans le cadre d'application des techniques de prévisions au domaine de la gestion budgétaire au niveau de la SARL TCHIN-Lait/Candia.

Notre problème consiste à réaliser les prévisions des ventes afin de détecter les écarts sur chiffre d'affaires pour l'année 2013.

Notre étude traite les notions classiques liées aux techniques d'établissement des budgets de ventes, approvisionnements et contrôle budgétaire, et nous avons proposé un état de l'art sur la gestion budgétaire. En outre, nous avons donné un aperçu sur les travaux de références de la méthode de Box et Jenkins.

Après collecte et traitement des données nous avons procédé à la modélisation statistique des données relatives aux quatre produits. A partir des modèles retenus nous avons calculé les prévisions pour une période de douze mois en utilisant le logiciel R. Après, nous avons déterminé les résultats du contrôle budgétaire.

**Mots clés :** gestion budgétaire, contrôle budgétaire, prévisions, Box-Jenkins et logiciel R

## **Abstract**

The present work is part of application of forecasting techniques to the field of budget management at the TCHIN-Lait/Candia company.

Our problem is to achieve sales forecasts to detect differences in turnover for the year 2013. Our study deals with the traditional concepts related to technical institutions of sales budgets, procurement and budgetary control, and we proposed a state of the art on budgetary management. In addition, we have given an overview of the references of the Box and Jenkins.

After collection and processing of data we revealed the statistical modeling of data for the four products. Based on selected models we calculated the predictions for a period of twelve months using the software R. finally, we determined the results of budgetary control.

**Keywords:** budget management, budget control, forecasting, Box-Jenkins method and the software R.