

**PREVISION DES VENTES ET  
EFFICACITE DES CHAINES LOGISTIQUES  
- ESSAI DE MODELISATION -**

Mostefa **BELMOKADDEM** \*  
Omar **BENATEK** \*\*

**RESUME**

Le but de ce travail est un essai d'analyse du rôle effectif de certaines méthodes de prévision des ventes dans la gestion d'une fonction très importante de l'entreprise, représentée par la gestion des chaînes logistiques. Il s'agit aussi de clarifier le mode d'utilisation des données de prévision, dans la modélisation mathématique des chaînes logistiques, qui se distinguent par la multiplicité des objectifs. L'application de ces méthodes se fera dans une entreprise algérienne (la laiterie de RIO) spécialisée dans la production du yaourt. On étudiera les caractéristiques de la production et on estimera les ventes hebdomadaires en utilisant la méthode de Box et Jenkins. La modélisation des chaînes logistiques se fera grâce à la méthode du «compromise programming». Ces méthodes et les résultats obtenus seront proposés aux responsables de la laiterie Rio pour les aider dans la gestion stratégique de l'entreprise et plus précisément la chaîne logistique des produits.

**LES MOTS CLES :**

Prévision, ventes, chaînes logistiques, modélisation mathématique, méthodes multicritères.

**JEL CLASSIFICATION : M31, M52**

---

\* Professeur de l'Enseignement Supérieur, Faculté des Sciences Economiques, Université Abou Bakr Belkaid -Tlemcen- belmo\_mus@yahoo.fr

\*\* Maître Assistant, Faculté des Sciences Economiques, Université Abou Bakr Belkaid - Tlemcen -. omarbenatek@yahoo.fr

## INTRODUCTION

Au cours de ces dernières années, les managers des entreprises algériennes sont confrontés à de nombreux problèmes complexes dus à une réduction de la durée de vie des produits, au changement souvent fréquent du volume des ventes résultant des variations saisonnières ainsi qu'aux difficultés d'extension de la part du marché de l'entreprise à cause de la concurrence. Ceci amène ces entreprises à consacrer des fonds importants pour l'acquisition des matières pour faire face à leurs besoins et assurer la continuité de leur activité productive. Comme ces matières représentent une partie importante du capital et afin d'optimiser leur utilisation, il s'avère nécessaire de recourir à des méthodes et techniques mathématiques et statistiques susceptibles d'aider à la gestion d'une fonction très importante dans les activités de l'entreprise à savoir la fonction des chaînes logistiques.

Cette dernière repose sur la prévision des ventes et l'intégration de ses éléments en cherchant à réduire les délais d'approvisionnement, le niveau du stock en début de saison et en diminuant les risques. Le tout est fait pour répondre à la demande et servir les clients.

Par ailleurs et afin de procéder à la planification de la production, au stockage ou à l'approvisionnement, il est utile de connaître même approximativement le niveau des ventes demandé par les clients.

L'atteinte de ces objectifs nécessite le recours à un arsenal technique comme les méthodes de prévision des ventes, les techniques de recherche opérationnelle etc... L'application se fera dans une entreprise algérienne.

Les études pratiques en particulier ne sont pas très nombreuses. On peut citer dans ce sens les travaux suivants :

- «Management de la supply chain et planification avancée» mémoire de Magister en sciences économiques présenté par Blaha Lahcène, Université de Tlemcen 2006.

Ce mémoire a traité d'un point de vue théorique les différentes méthodes de planification de la gestion des chaînes logistiques à court, moyen et long terme.

- «Modélisation technico-économique d'une chaîne logistique dans une entreprise réseau». Thèse de Doctorat en génie industriel présentée par Abdelkader Hammami. Université Laval Canada 2003.

C'est un essai d'analyse du problème de conception et de pilotage d'une chaîne logistique dans un réseau d'entreprises. L'auteur analyse en particulier le cas d'un réseau coopératif dans lequel il n'y a pas de privilège, tous les partenaires étant traités de la même manière. Il propose pour ce faire une démarche d'aide à la prise de décision, basée sur les concepts d'optimisation multicritères.

- «Aide à la planification dans les chaînes logistiques en présence de demande flexible». Thèse de Doctorat en systèmes industriels présentée par François Galasso. INP Toulouse 2007.

L'analyse est menée dans un contexte général de la planification à moyen terme de chaînes logistiques. L'auteur propose une approche dont le but consiste en l'amélioration de la coordination interentreprises. Cette dernière donne au décideur de la visibilité sur sa capacité à répondre à une demande entachée d'incertitude et lui permet de comparer les différentes décisions qu'il peut prendre au cours du temps. Pour cela, une modélisation de la planification des chaînes logistiques est proposée et a pour vocation :

- d'intégrer des contraintes temporelles liées à l'anticipation nécessaire à l'application concrète d'une décision;
- de prendre en compte une demande incertaine.

D'autres recherches traitent des prévisions des ventes :

- «Planification agrégée de la capacité de production à l'aide de la programmation mathématique». Mémoire de Magister en sciences économiques présenté par Mékidiche Mohammed, Université de Tlemcen 2005.

Ce mémoire s'intéresse à l'utilisation des données de prévision des ventes des produits de l'entreprise Bental-Maghnia, dans la planification agrégée de la capacité de production et utilise la méthode de Box-Jenkins pour procéder aux calculs prévisionnels.

- «Méthodes et modèles de prévision dans le domaine industriel avec la mise en place d'un système de prévision: étude de cas du complexe de transformation du maïs Maghnia». Mémoire de Magister en sciences économiques présenté par Sahed Abdelkader. Université de Tlemcen 2005.

L'auteur utilise deux méthodes de prévision des ventes des produits du complexe. Il s'agit de la méthode du lissage exponentiel et de la méthode de Box-Jenkins. L'auteur, après avoir testé les résultats des

prévisions, propose la méthode de Box-Jenkins comme étant la plus adéquate et conçoit un système de prévision, pour le complexe objet de l'étude, en se préoccupant de sa bonne intégration pour qu'il soit opérationnel et utile.

### **1 - DEFINITION DE LA PREVISION DES VENTES**

La prévision des ventes est une tentative d'estimation du niveau des ventes futures, par l'utilisation des informations disponibles passées et présentes relatives au phénomène objet de l'étude. C'est une tentative faite par l'entreprise pour connaître l'avenir sur la base du passé et du présent. Ce n'est donc pas un calcul précis prédisant l'avenir mais plutôt une estimation basée sur des fondements techniques et scientifiques. En conséquence, la prévision n'est pas une sorte de spéculation non liée à un système organisé ou à des indicateurs objectifs qui déterminent l'image de l'avenir (1997, طلعت).

La prévision est donc une série de calculs et d'estimations futures qui combine l'art, la science et l'apport individuel nécessaires à l'étude et à la détermination des hypothèses, sur la base desquelles est faite la prévision. Ceci est important quand on sait que les prévisions sont l'un des principaux indicateurs de comportement de l'entreprise, lorsqu'il s'agit de planifier le futur et qu'elles sont liées à la gestion des chaînes logistiques.

### **2 - DEFINITION DE LA GESTION DES CHAINES LOGISTIQUES**

La gestion des chaînes logistiques est définie comme étant le processus responsable de la gestion et du développement du système logistique total de l'organisation avec ses composantes internes et externes. Au niveau opérationnel, elle inclut et dépasse même les activités d'achat et d'approvisionnement, en y ajoutant de nombreux aspects de la concentration stratégique (2005, مرسى, ثابت).

En 1991, le conseil de la gestion logistique et de la distribution a défini la gestion des chaînes logistiques comme étant le processus de planification, d'exécution et de contrôle des flux et du stockage des biens et services ainsi que les informations liées à ces flux et à ce stockage partant du point d'origine pour arriver au point de consommation, ceci afin de répondre aux exigences des consommateurs (1999, ماضي, اسماعيل).

L'existence de plusieurs définitions a amené nombre d'auteurs à trouver une définition unique censée refléter le contenu de la gestion

de la chaîne logistique. Les composantes de cette définition sont pour l'essentiel les suivantes (Stadtler; Kilger, 2000, 2002): le groupe ciblé, les objectifs, les moyens appropriés pour réaliser ces objectifs etc...

### **3 - ROLE DE LA PREVISION DES VENTES DANS LA GESTION DES CHAINES LOGISTIQUES**

La prévision des ventes joue un rôle important dans la gestion de la chaîne logistique qui est responsable de la gestion stratégique des flux de matières et de produits, à l'intérieur de l'entreprise et en dehors d'elle, en plus de leur stockage.

Un autre processus partiel, constituant celui des chaînes logistiques, consiste à mettre en place les plans nécessaires à la réalisation de l'intégration entre les différentes activités.

D'un point de vue administratif, les activités de coordination sont divisées en un ensemble d'activités qui sont (إبراهيم، مصطفى، 2004) :

- la prévision des ventes,
- l'opération des commandes,
- la planification et l'ordonnement des opérations,
- la planification des besoins matériels.

En conséquence, la prévision des ventes est la base essentielle et indispensable à la gestion des chaînes logistiques.

Cette importance exige que la prévision soit faite sur des bases scientifiques et demande à ce que la précision soit respectée lors de la préparation de ces estimations, le but étant de tenir compte de la réalité ce qui facilitera une prise de décision efficace.

### **4 - METHODES DE PREVISION DES VENTES ET MODELISATION DES CHAINES LOGISTIQUES**

Il existe plusieurs méthodes de prévision des ventes qui varient selon leur facilité d'application et la précision de leurs résultats.

On peut trouver des méthodes qualitatives simples et faciles nécessitant peu de compétences et d'expériences. Elles sont basées surtout sur la perception intuitive et l'induction imagée du futur à partir des données statistiques. Quelques-unes de ces méthodes partent de l'hypothèse selon laquelle le futur est une extension du passé et du présent, et que les circonstances et les facteurs qui ont influé sur les ventes restent opérants. D'autres méthodes sont basées sur l'étude du marché en recourant au procédé d'échantillonnage: en traitant un

ensemble de consommateurs puis en analysant les données recueillies afin de déterminer la demande prévisionnelle en se basant sur l'expérience du terrain. Les insuffisances de ces méthodes résident dans le fait qu'elles sont basées sur l'intuition et la conjecture, ce qui peut conduire à des prévisions erronées, en fonction du degré d'optimisme et de pessimisme des personnes chargées de cette opération.

On peut trouver aussi des méthodes quantitatives, utilisant la modélisation statistique et économique, pour connaître le comportement de certaines variables dans le passé et la prévision de leur comportement dans le futur. Parmi ces modèles on peut citer : les méthodes du lissage exponentiel et de Box et Jenkins, les modèles de corrélation et de régression, les méthodes multicritères (le goal programming, le compromise programming, la programmation à l'aide des fonctions de satisfaction, la méthode du critère global, la méthode de contrainte  $\epsilon$ ) etc...

Dans cette étude, on utilisera les deux méthodes suivantes : la méthode de Box-Jenkins (prévisions des ventes) et la méthode du compromise programming (modélisation des chaînes logistiques).

#### **4.1 - La méthode de Box- Jenkins**

Box et Jenkins (1976) ont proposé une technique de prévisions pour une série univariée, fondée sur la notion de processus ARIMA.

On recourt à cette méthode pour obtenir un modèle expliquant les fluctuations d'une série, uniquement en fonction de son passé et réaliser ensuite des extrapolations des valeurs de la variable. (Eric Dor 2004).

On distingue trois étapes dans l'application de cette méthode :

- la première consiste à identifier le modèle ARIMA (p,d,q) qui pourrait engendrer la série. Elle consiste d'abord à transformer la série afin de la rendre stationnaire et ensuite identifier le modèle ARMA (p,d) de la série transformée avec l'aide d'un corrélogramme et du corrélogramme partiel;

- la deuxième consiste à estimer le modèle ARIMA en utilisant une méthode non linéaire (moindres carrés non-linéaires ou maximum de vraisemblance);

- la troisième consiste à vérifier si le modèle estimé reproduit le modèle qui a engendré les données. Pour cela, les résidus obtenus à

partir du modèle estimé sont utilisés pour vérifier s'ils se comportent comme des erreurs bruit blanc (test de Boxe-Pierce).

Tout processus stationnaire peut être approché par des modèles AR(p), MA(q) ou ARMA (p,q); (Bourbonnais R; Usunier J.C. 2001).

**1) AR (p) : les modèles autorégressifs d'ordre p**

La partie autorégressive d'un processus (AR) est constituée par une combinaison linéaire finie des valeurs passées du processus. Le processus AR(p) est donc défini à partir de la formule générale suivante:  $x_t = a_1 x_{t-1} + a_2 x_{t-2} + \dots + a_p x_{t-p} + \varepsilon_t$

Avec  $\varepsilon_t$  un processus de bruit blanc gaussien.

**2) MA (q) : les modèles basés sur les moyennes mobiles**

La partie moyenne mobile est constituée d'une combinaison linéaire finie en t des valeurs passées d'un bruit blanc. Le processus MA(q) est défini à partir de la formule suivante:

$$MA(q) : x_t = \varepsilon_t - b_1 \varepsilon_{t-1} - b_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - b_q \varepsilon_{t-q}$$

Avec  $\varepsilon_t$  un processus de bruit blanc gaussien.

**3) Les modèles de type ARMA**

Ces modèles sont basés sur la combinaison des deux types de modèles précédents (AR et MA) et sont représentatifs d'un processus généré par une combinaison des valeurs passées et des erreurs passées. Ils sont donc définis par la formule générale suivante:

$$ARMA(p, q) : x_t = a_1 x_{t-1} + a_2 x_{t-2} + \dots + a_p x_{t-p} +$$

$$\varepsilon_t - b_1 \varepsilon_{t-1} - b_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - b_q \varepsilon_{t-q}$$

Avec  $\varepsilon_t$  un processus de bruit blanc gaussien.

Les modèles AR, MA et ARMA ne sont représentatifs que de chroniques :

- stationnaires en moyenne
- corrigées des variations saisonnières.

Les modèles de type ARIMA et SARIMA prennent en considération la stationnarité des séries qui sont à la base des estimations,

cette stationnarité générant soit la tendance (ARIMA) soit un problème lié à la saisonnalité (SARIMA).

Plusieurs tests permettent de faire le choix du modèle le plus adéquat : Akaike (1969), Schwarz (1978), Hannan-Quinn (1979) etc...

Le choix se fera sur la base de la plus petite valeur de l'un de ces tests.

#### 4.2 - Le compromise programming

Ce modèle a pour but de résoudre les problèmes économiques à objectifs conflictuels dont les solutions optimales ne sont pas connues. La forme analytique de ce modèle est la suivante (Ignizio 1982) :

$$g_i = \begin{cases} g_i^* = \text{Max} & f_i(x), x \in F \\ g_i^* = \text{Min} & f_i(x), x \in F \end{cases}$$

$$C_l(x) \leq 0, \quad l = 1, 2, \dots, L$$

Dans ce modèle, deux objectifs  $f_1(x)$  et  $f_2(x)$  sont à maximiser (le premier) et à minimiser (le second) sous les contraintes  $C_l(x)$ .

La résolution de ce modèle passe par deux étapes importantes :

- chercher la valeur maximale ou minimale de chaque objectif à part, sous contraintes, par le recours à la programmation linéaire.
- résoudre le modèle par le recours au goal programming pondéré où l'on donne un poids ( $w_i$ ) à chaque objectif de la façon suivante:

$$\text{Min} \quad Z = \sum_{i=1}^m w_i (\delta_i^+ + \delta_i^-)$$

subject à

$$\begin{cases} f_i(x_j) + \delta_i^- - \delta_i^+ = g_i^* \\ f_i(x_j) + \delta_i^- - \delta_i^+ = g_i^* \\ C_l(x) \leq 0, \quad l = 1, 2, \dots, L \\ x_i \leq 0 \quad \text{avec} \quad i = \{1, 2, 3, \dots, n\} \end{cases}$$



$\delta_i^+$  et  $\delta_i^-$  les déviations positives et négatives relatives à l'écart entre le niveau d'atteinte de l'objectif et le niveau d'aspiration (du décideur).

## **5 - ETUDE DE CAS DE LA LAITERIE RIO (MODELISATION MATHEMATIQUE DES CHAINES LOGISTIQUES DES PRODUITS)**

Pour procéder à un essai d'application des méthodes citées précédemment, on va étudier le cas pratique d'une entreprise algérienne -la laiterie Rio- dont les produits (les yaourts) sont considérés comme sensibles car leur durée de vie est très courte. Cette remarque fait que les prévisions des ventes se font à très court terme, ce qui permettra à la laiterie Rio de faire face à la demande des clients en y garantissant la qualité requise.

### **5.1 - Présentation de la laiterie**

La laiterie de Rio est une société à responsabilité limitée depuis juin 2004 avec un capital estimé à 500000DA. Elle a été créée en 1999 et revêt un caractère familial. Cette entreprise est versée dans la production de yaourts et emploie 26 travailleurs (11 hommes et 15 femmes). Elle a son siège dans la ville de Tlemcen.

### **5.2 - La situation actuelle de la laiterie Rio**

Elle a vécu une situation particulière au cours des dernières années, son chiffre d'affaires ayant baissé de façon drastique en 2007 par rapport à 2004 et 2005. En 2004, celui-ci était estimé à environ 90 millions de DA, en 2005 il était de l'ordre de 100 millions de DA alors qu'en 2007 il a diminué pour n'atteindre que 32 millions de DA. Plusieurs raisons expliquent cette situation:

- l'entrée de plusieurs nouveaux concurrents dans la production du même type de produit et à bas prix;
- un certain nombre de problèmes et de difficultés sont survenus dans la production; ceci a entraîné une détérioration de la qualité de l'un des produits fabriqués et a eu pour conséquences l'arrêt de sa production. Pour cette raison, l'entreprise a préféré se spécialiser dans la production des trois types de yaourt suivants:
- yaourt brassé aux fruits emballé dans des pots TONIC d'un poids de 450 g;
- yaourt aromatisé emballé dans des pots TONIC d'un poids de 450 g;

- yaourt aromatisé emballé dans des pots de plastique simple d'un poids de 450 g.

### 5.3 - Caractéristiques des produits de la laiterie

L'étude des caractéristiques des trois produits fabriqués par la laiterie Rio est une opération très importante, pour la prévision des ventes ainsi que pour le processus de modélisation des chaînes logistiques. En effet, il devient difficile de déterminer la méthode adéquate de prévision si on ne connaît pas la nature du produit et la période de prévision. En plus, le processus de modélisation ne peut se réaliser sans connaître les différents objectifs à atteindre et les conditions objectives ou contraintes imposées par les déterminants des produits tels que le temps nécessaire pour l'approvisionnement, la production et la distribution ainsi que la capacité dont dispose l'entreprise et qui limite le volume de production (machines, équipements, heures de travail déterminées par la main-d'œuvre disponible dans l'entreprise etc...).

Il convient de noter également qu'il existe des caractéristiques communes à ces trois sortes de produits telles que les étapes de la production, la plupart de leurs composants, la période de validité ainsi que des caractéristiques différentes telles que la qualité, le coût de revient et le profit résultant de la vente de chaque unité de ces produits.

Après une étude détaillée des coûts d'achat des matières premières, de leur stockage, des coûts de production et de distribution des produits finis, des différentes étapes de la production du yaourt ainsi que sa durée de validité, on a dressé le tableau suivant:

Tableau 1 : **Caractéristiques des produits de la laiterie Rio**

|                                  | Yaourt aromatisé<br>emballé dans des pots<br>de plastique simple | Yaourt aromatisé<br>emballé dans des<br>pots TONIC | Yaourt brassé aux<br>fruits emballé dans<br>des pots TONIC |
|----------------------------------|--|--|--|
| Durée de production de 2300 pots | 25 h et 45 m   | 26 h et 15 m                                       | 27 h et 15 m   |
| Prix de vente d'un pot en (DA)   | 36   | 40   | 52   |
| Coût de revient d'un pot (DA)    | 30.68  | 33.55  | 43.62  |
| Profit unitaire (DA)             | 5.32   | 6.45   | 8.38   |
| Qualité du produit               | acceptable   | bonne  | très bonne   |
| Durée de validité                | 30 jours   | 30 jours   | 30 jours   |

Source : Tableau élaboré par les deux chercheurs sur la base des documents comptables de l'entreprise.

Les coûts fixes ont été estimés à 8 220 DA.

#### **5.4 - Le problème posé dans la gestion de la chaîne logistique**

On sait que les objectifs de la gestion de la chaîne logistique se résument dans la satisfaction des besoins des clients en termes de quantité nécessaire, en temps utile, à l'endroit idéal et suivant une qualité certaine. Tout ceci doit se réaliser pour l'entreprise qui aura à minimiser ses coûts et à maximiser son profit.

A travers l'étude des caractéristiques des produits de la laiterie Rio, on a remarqué qu'il y avait des contraintes qui limitent la réalisation de ces objectifs. On peut citer, dans ce sens, la courte durée de validité des produits, qui ne dépasse pas 30 jours, ce qui nécessite des prévisions à très court terme (prévisions des ventes hebdomadaires) afin que le stockage des produits ne puisse pas dépasser une semaine; ceci pour permettre aux détaillants, s'approvisionnant auprès de la laiterie Rio, d'écouler leurs produits avant l'expiration du délai de validité du yaourt. Ces remarques nous amènent à étudier les ventes hebdomadaires des produits de cette laiterie, durant les années 2007 et 2008, afin de procéder à leur modélisation et faire des prévisions en utilisant le modèle de Box- Jenkins.

On prendra en considération la contrainte de la production quotidienne limitée de ces produits, le temps nécessaire à la production en plus des difficultés d'approvisionnement dues à différentes causes. Le processus de réalisation des objectifs de la gestion de la chaîne logistique nécessite l'utilisation d'une méthode multicritères appelée «compromise programming». Cette dernière cherche la valeur optimale de chaque objectif, à part, sous les contraintes citées précédemment, puis elle essaie d'intégrer ces solutions pour aboutir à une solution optimale qui réalise l'équilibre entre les objectifs de la chaîne logistique.

Quant aux objectifs à atteindre, ils se résument en ce qui suit : maximiser la qualité de l'ensemble des ventes, minimiser les coûts de la chaîne logistique, maximiser le profit de l'entreprise, satisfaire la demande prévisionnelle des clients.

#### **5.5 - La prévision des ventes de la première semaine de l'année 2009 des trois produits**

On a utilisé la méthode de Box et Jenkins pour la prévision des ventes hebdomadaires des produits de la laiterie Rio, car la période de validité des produits est courte et les ventes sont soumises à des variations aléatoires et aux valeurs antérieures.

Les résultats sont les suivants (utilisation du logiciel Eviews 5.1) :

-Yaourt brassé aux fruits emballé dans des pots TONIC

$$\Delta Y E F T_t = -0.86 \varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t$$

$YEFT_t$  : les ventes du yaourt brassé aux fruits au temps t.

$$\Delta Y E F T_t = Y E F T_t - Y E F T_{t-1}$$

$\varepsilon_t$ : le bruit blanc au temps t

- Yaourt aromatisé emballé dans des pots TONIC:

$$Y E A T_t = 1.007 Y E A T_{t-1} - 0.99 \varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t$$

$YEAT_t$ : les ventes du yaourt aromatisé dans des pots TONIC au temps t.

- Yaourt aromatisé emballé dans des pots de plastique simple:

$$\Delta Y E A S_t = -0.71 \varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t$$

$YEAS_t$ : les ventes du yaourt aromatisé emballé dans des pots de plastique simple au temps t.

$$\Delta Y E A S_t = Y E A S_t - Y E A S_{t-1}$$

On remarque que les séries chronologiques des ventes hebdomadaires des trois produits sont stationnaires de premier degré, sachant que la série des ventes de yaourt brassé aux fruits est affectée par l'erreur aléatoire de la période précédente, qui s'est peut-être produite lors d'une période et agit sur les valeurs suivantes. Quant à la série des ventes de yaourt aromatisé emballé dans des pots TONIC, elle est affectée par sa valeur précédente et par l'erreur aléatoire de la période précédente, tandis que la série des ventes du yaourt aromatisé emballé dans des pots de plastique simple est touchée, elle, par l'erreur aléatoire de la période précédente.

Après l'analyse des ventes hebdomadaires des trois produits pour les années 2007 et 2008 (voir l'annexe 1) et l'obtention des modèles de prévision pour chaque produit, on a calculé les ventes prévisibles de la première semaine de janvier 2009 come suit:

**Tableau 2 : Les ventes prévisibles de la première semaine de l'année 2009**

| Produits                         | Yaourt aromatisé emballé dans des pots de plastique simple | Yaourt aromatisé emballé dans des pots TONIC | Yaourt brassé aux fruits emballé dans des pots TONIC |
|----------------------------------|--|--|--|
| Ventes hebdomadaires prévisibles | 17459  | 4164   | 11177  |

Source: tableau élaboré par les deux chercheurs sur la base des modèles précédents

### 5.6 - La modélisation mathématique de la chaîne logistique

Le problème, que rencontre la gestion de la chaîne logistique des produits de la laiterie, est représenté par la façon dont est déterminée la quantité produite hebdomadairement et à quel moment il faut produire pour réaliser les objectifs. La planification de la production se fait par semaine car la durée de vie des produits est courte. Le stockage de la production ne doit pas dépasser la semaine pour permettre aux détaillants d'écouler leur marchandise.

Les objectifs sont les suivants :

- 1 - maximisation du profit total;
- 2 - optimisation de la qualité des ventes;
- 3 - minimisation du coût total de la chaîne logistique.

La qualité a été évaluée comme suit :

- *très bonne* : 16/20,
- *bonne* : 14/20,
- *acceptable* : 12/20.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Min } Z_1 = 43.62 x_1 + 33.55 x_2 + 30.68 x_3 + 8220 \\ \text{Max } Z_2 = 8.38 x_1 + 6.45 x_2 + 5.32 x_3 - 8220 \\ \text{Max } Z_3 = 16 x_1 + 14 x_2 + 12 x_3 \end{array} \right.$$

$x_1$  : la quantité produite de yaourt brassé aux fruits emballé dans les pots TONIC.

$x_2$  : la quantité produite de yaourt aromatisé emballé dans les pots TONIC.

$x_3$  : la quantité produite de yaourt aromatisé emballé dans les pots de plastique simple.

Mais il existe plusieurs contraintes qui limitent la réalisation du niveau optimal de ces objectifs et qui sont représentées par :

- le volume de production qui ne doit pas dépasser le volume des ventes prévisibles pour la première semaine du mois de Janvier 2009;
- la contrainte de la capacité de production et les caractéristiques des produits;

- le volume de production du yaourt brassé aux fruits doit dépasser 5000 pots, celui du yaourt aromatisé emballé dans des pots TONIC 2000 pots tandis que le volume de production du yaourt aromatisé emballé dans des pots de plastique simple doit, lui, dépasser 9000 pots; ceci parce que la demande hebdomadaire des trois produits, durant les dernières semaines de l'année 2008, n'est pas descendue au-dessous de ces quantités;
- la contrainte des heures de travail hebdomadaires disponibles: le volume horaire hebdomadaire disponible de la production a été estimé à environ 2160 minutes (pour le jeudi, samedi, dimanche et lundi), le calcul du temps consacré à la production d'une unité des trois produits donnant les résultats suivants:

$x_1$ : 0.124 mn;  $x_2$ : 0.098 mn;  $x_3$ : 0.085 mn.

$$\begin{cases} 5000 \leq x_1 \leq 11177 \\ 2000 \leq x_2 \leq 4164 \\ 9000 \leq x_3 \leq 17459 \\ x_1 + x_2 + x_3 \leq 27600 \\ 0.124x_1 + 0.098x_2 + 0.085x_3 \leq 2160 \\ x_i \geq 0 \quad \text{avec } i = \{1, 2, 3\} \end{cases}$$

#### 5.7- Résolution du modèle; l'aide de la méthode de compromise programming

Pour résoudre le modèle mathématique, on a utilisé la méthode de compromise programming en suivant les étapes ci-après :

- rechercher la solution optimale de chaque objectif, à part, sous les contraintes citées plus haut;
- donner des poids aux trois objectifs précédents selon l'importance de chacun d'eux et les classer selon les préférences des décideurs de la laiterie (voir 5-6);
- rechercher la solution optimale qui réalise les trois objectifs de façon approximative.

La forme mathématique finale du modèle revêt la forme suivante:

$$\text{Min } Z = 0.20 \delta_1^+ + 0.50 \delta_2^- + 0.30 \delta_3^-$$

sous les contraintes:

$$\left\{ \begin{array}{l} 43.62x_1 + 33.55x_2 + 30.68x_3 + 8220 + \delta_1^- - \delta_1^+ = 569540 \\ 8.38x_1 + 6.45x_2 + 5.32x_3 - 8220 + \delta_2^- - \delta_2^+ = 133586.22 \\ 16x_1 + 14x_2 + 12x_3 + \delta_3^- - \delta_3^+ = 298088 \\ 5000 \leq x_1 \leq 11177 \\ 2000 \leq x_2 \leq 4164 \\ 9000 \leq x_3 \leq 17459 \\ x_1 + x_2 + x_3 \leq 27600 \\ 0.124x_1 + 0.098x_2 + 0.085x_3 \leq 2160 \\ x_i \leq 0 \text{ avec } i = \{1, 2, 3\} \end{array} \right.$$

$\delta_1^-$  et  $\delta_1^+$  : les déviations négatives et positives des coûts réalisés par rapport à leur niveau minimum.

$\delta_2^-$  et  $\delta_2^+$  : les déviations négatives et positives du profit réalisé par rapport à son niveau maximum.

$\delta_3^-$  et  $\delta_3^+$  : les déviations négatives et positives de la qualité réalisée par rapport à son niveau maximum.

En utilisant le logiciel Lindo61, on aboutit à la solution optimale suivante:

$$\left\{ \begin{array}{l} Z_1 \text{ min} = 771213.78 \\ Z_2 \text{ max} = 133214.22 \\ Z_3 \text{ max} = 293640 \\ x_1 = 7959 \\ x_2 = 4164 \\ x_3 = 9000 \end{array} \right.$$

Les résultats obtenus peuvent être interprétés comme suit: la laiterie Rio doit produire 7959 pots de yaourt brassé aux fruits, 4164 pots de yaourt aromatisé emballés dans les pots TONIC ainsi que 9000 pots de yaourt aromatisé emballés dans les pots de plastique simple. Cette production nécessite un montant de 771213,78DA, représentant les coûts de gestion de la chaîne logistique. Elle réalise un profit optimal estimé à 133214,22 DA et une meilleure qualité des ventes. Toutefois, on remarque, à travers ces résultats, que la laiterie Rio ne répond pas à toute la demande et de ce fait, il incombe à cette

entreprise d'élargir sa capacité de production en augmentant le nombre de travailleurs et de machines utilisés dans le processus de production.

## CONCLUSION

Dans cette recherche, on a tenté de montrer comment procéder à l'utilisation des méthodes de prévision des ventes et à la modélisation en tant qu'outil stratégique de gestion des chaînes logistiques.

Ces méthodes sont considérées comme des outils d'aide à la prise de décision, notamment dans les prévisions des ventes où la demande des clients reste l'objectif essentiel des chaînes logistiques...

Le cas analysé ayant fait ressortir des variations aléatoires, le recours à la méthode de Box-Jenkins s'est avéré nécessaire, tandis que la multiplicité des objectifs a demandé l'utilisation du modèle du compromise programming. Ceci nous a permis de dégager la quantité à produire par la laiterie afin de réaliser les objectifs de la gestion des chaînes logistiques.

Le compromise programming, malgré son utilité dans le cas étudié, pose le problème des différentes unités de mesure des objectifs. La méthodologie de Box-Jenkins est plus complexe, dans sa mise en œuvre, que les techniques de lissage exponentiel pour un gain en qualité certain (Eric Dor 2004). Cette méthode est surtout utilisée pour les travaux d'ordre microéconomique et permet le traitement de séries chronologiques stables et non assujetties à la conjoncture. C'est le cas de certains produits de large consommation, tels les produits de la laiterie Rio.

Ces méthodes restent des outils d'aide à la décision et doivent être complétées par le recours à l'expérience et le savoir-faire.



## Références bibliographiques

- ثابت عبد الرحمن إدريس 2006. كفاءة وجودة الخدمات اللوجيستية. مفاهيم أساسية وطرق القياس والتقييم- الدار الجامعية الإسكندرية.
- جلال إبراهيم ونهال فريد مصطفى، 2004. إدارة اللوجيستيات. الدار الجامعية الإسكندرية.
- جمال حامد 2003. أساليب التنبؤ. مجلة جسر التنمية العدد الرابع عشر فبراير السنة الثانية.
- صلاح الدين الهيتي 2004. الأساليب الإحصائية في العلوم الإدارية - تطبيقات باستخدام SPSS-. الطبعة الأولى للناشر دار وائل للطباعة والنشر -عمان- الأردن.
- طلعت أسعد عبد الحميد، 1997. مدير المبيعات الفعال. مكتبة عين الشمس القاهرة.
- عبد الغفار حنفي ورسمية زكى قرياقص 2004. الإتجاهات الحديثة في إدارة الإمداد والمخزون. الدار الجامعية الإبراهيمية الإسكندرية.
- عبد القادر محمد عبد القادر عطية 2007. الحديث في الاقتصاد القياسي بين النظرية والتطبيق. الدار الجامعية الإبراهيمية الإسكندرية.
- علي هادي جبرين، 2006. إدارة العمليات. دار الثقافة للنشر والتوزيع عمان -الأردن-.
- محمد توفيق ماضي واسماعيل السيد، 1999. إدارة المواد والإمداد. الدار الجامعية الإبراهيمية الإسكندرية.
- محمد عبيدات، هاني الضمور و شفيق حداد 2003. إدارة المبيعات والبيع الشخصي. الطبعة الثالثة دار وائل للنشر والتوزيع عمان الأردن .
- مولود حشمان 1999. نماذج وتقنيات التنبؤ القصير المدى. ديوان المطبوعات الجامعية الجزائر.
- نهال فريد مصطفى وجلال إبراهيم العبد 2005/2004. إدارة اللوجيستيات. الدار الجامعية الإبراهيمية.

**Alexandre K. Samii**, 2004. *Stratégie logistique-Supply Chain Management*. 3ème édition Dunod Paris.

**Bourbonnais R. & Terraza M.**, 1998. *Analyse des séries temporelles en économie*. Presses universitaires de France.

**Bourbonnais R. & Usunier J.C.**, 2004. *Prévision des ventes -Théorie et pratique-*. Collection Gestion, 3<sup>ème</sup> édition Economica. Paris.

**Charnes A. & Cooper W.W.**, 1961. *Management Models and Industrial Applications of Linear Programming*. Wiley, New York.

**Charles C., Stephen P. & Reitez E.**, 2001. *La Supply Chain -Optimiser la chaîne logistique et le réseau interentreprises-*. Editions. Paris.

**Didier V.**, 2005. *La modélisation mathématique des réseaux logistiques: procédés divergents et positionnement par anticipation -Application à l'industrie du bois d'œuvre-*. Projet de thèse Université Laval Quebec. Canada.

- Dor E.** 2004. *Econométrie* Collection synthex Pearson Education France.
- Fabbe-Costes N.**, 2000-2002. *Le pilotage des supply chains: un défi pour les systèmes d'information et de communication logistique. Gestion, vol. 19, n°1.*
- Galasso F.**; 2007. *Aide à la planification dans les chaînes logistiques en présence de demande flexible.* Thèse de Doctorat. Institut national polytechnique de Toulouse.
- Ignizio J.P.**, 1982. "A review of goal programming: a tool for multiple-objective systems"; *Englewood Cliffs. N.J: Prentice-Hall.*
- Lee S.M., Green G.I., & Kim C.** 1981: "A Multiple Criteria Model for the Location-Allocation Problem Computers and Operations Research".
- Martel J.M. & Aouni B.**, 1990 : "Incorporating the Decision-Makers Preferences in the Goal-Programming Model". *Journal of the Operational Research Society, 41(12):1121-1132.*
- Pimor Y.**, 2005. *Logistique-Production, Distribution, Soutien* -. 4<sup>ème</sup> édition DUNOD.
- Roy B.**, 1985. *Méthodologie multicritères d'aide à la décision.* Paris.
- Stadtler H. & Kilger C.**, 2000, 2002. "Supply Chain Management and Advanced Planning -Concepts, Models, Software and Case Studies"- . *Second Edition Springer -Verlag Berlin... Heidelberg*
- Usunier J.C.** 1982. *Pratique de la prévision à court terme.* Editions Dunod.
- Vincke Ph.**, 1989. «L'aide multicritères à la décision», *Editions de l'université Bruxelles.*

## ANNEXES

Tableau 1: Les ventes hebdomadaires des trois produits années 2007 et 2008 en pots

| Semaines | Produit1 | Produit2 | Produit3 | Semaines | Produit1 | Produit2 | Produit3 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 2007- 1  | 4360     | 1080     | 1800     | 28       | 7050     | 1140     | 1560     |
| 2        | 5206     | 6383     | 2744     | 29       | 6266     | 2259     | 6363     |
| 3        | 8972     | 705      | 2478     | 30       | 3857     | 1147     | 9459     |
| 4        | 3738     | 1208     | 561      | 31       | 6953     | 3823     | 9216     |
| 5        | 5250     | 819      | 1891     | 32       | 5600     | 2160     | 8680     |
| 6        | 10339    | 2175     | 2368     | 33       | 3260     | 980      | 7060     |
| 7        | 2732     | 4404     | 996      | 34       | 4200     | 2355     | 9074     |
| 8        | 6950     | 2101     | 1560     | 35       | 4295     | 3192     | 13182    |
| 9        | 3613     | 2720     | 2340     | 36       | 6980     | 2343     | 15099    |
| 10       | 2626     | 1871     | 3364     | 37       | 2498     | 912      | 8817     |
| 11       | 7755     | 4591     | 2100     | 38       | 3600     | 3166     | 4934     |
| 12       | 5581     | 3327     | 560      | 39       | 7429     | 1804     | 10056    |
| 13       | 4567     | 1135     | 1200     | 40       | 11280    | 2286     | 9157     |
| 14       | 3225     | 2067     | 965      | 41       | 6105     | 1555     | 8456     |
| 15       | 7386     | 1358     | 760      | 42       | 5090     | 2340     | 3402     |
| 16       | 4173     | 3501     | 1572     | 43       | 6840     | 4670     | 11759    |
| 17       | 6042     | 1575     | 1092     | 44       | 4482     | 5080     | 9860     |
| 18       | 6705     | 1357     | 806      | 45       | 180      | 4200     | 664      |
| 19       | 5314     | 3392     | 1266     | 46       | 5890     | 3700     | 11817    |
| 20       | 3960     | 58       | 56       | 47       | 16777    | 6711     | 11783    |
| 21       | 6029     | 1892     | 4413     | 48       | 6715     | 2237     | 7550     |
| 22       | 7061     | 1045     | 2204     | 49       | 3515     | 2283     | 8421     |
| 23       | 956      | 2340     | 851      | 50       | 7532     | 3965     | 5141     |
| 24       | 5310     | 1100     | 2828     | 51       | 5627     | 1370     | 9530     |
| 25       | 3853     | 3200     | 3238     | 52       | 8093     | 3666     | 9942     |
| 26       | 5645     | 3605     | 1114     | 53       | 7447     | 4276     | 5266     |
| 27       | 5521     | 1368     | 4178     |          |          |          |          |
| 2008- 1  | 9516     | 3094     | 6314     | 28       | 15627    | 4724     | 12659    |
| 2        | 7773     | 1955     | 8243     | 29       | 13958    | 5646     | 8724     |
| 3        | 8982     | 4756     | 4675     | 30       | 17249    | 2529     | 9625     |
| 4        | 11858    | 5627     | 19512    | 31       | 19153    | 3785     | 7524     |
| 5        | 7316     | 1983     | 14114    | 32       | 12458    | 1721     | 14628    |
| 6        | 3249     | 3258     | 15482    | 33       | 16834    | 2983     | 13727    |
| 7        | 7197     | 4014     | 13668    | 34       | 13389    | 3629     | 8924     |
| 8        | 5869     | 2014     | 11846    | 35       | 17921    | 5956     | 9823     |
| 9        | 9755     | 3253     | 9738     | 36       | 12459    | 4621     | 10425    |
| 10       | 8383     | 6723     | 10467    | 37       | 15784    | 2025     | 13846    |
| 11       | 7245     | 4624     | 14966    | 38       | 19348    | 3429     | 14259    |
| 12       | 4721     | 1245     | 12623    | 39       | 11725    | 5621     | 11125    |
| 13       | 5324     | 3925     | 9459     | 40       | 15390    | 4893     | 7479     |
| 14       | 8582     | 4759     | 15128    | 41       | 14267    | 2685     | 9127     |
| 15       | 7798     | 2623     | 18959    | 42       | 17758    | 5724     | 11745    |
| 16       | 9425     | 5629     | 16724    | 43       | 13921    | 1987     | 13839    |
| 17       | 5248     | 6112     | 12159    | 44       | 14568    | 3753     | 8629     |
| 18       | 6923     | 3524     | 11425    | 45       | 17921    | 4925     | 9947     |
| 19       | 3876     | 2125     | 15759    | 46       | 16788    | 2490     | 12627    |
| 20       | 8749     | 3459     | 17826    | 47       | 18534    | 5846     | 8974     |

Tableau 1: (Suite)

| Semaines | Produit1 | Produit2 | Produit3 | Semaines | Produit1 | Produit2 | Produit3 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 21       | 7527     | 5621     | 16346    | 48       | 19021    | 3821     | 13928    |
| 22       | 4286     | 4428     | 14629    | 49       | 21559    | 1945     | 7623     |
| 23       | 9956     | 5627     | 17927    | 50       | 15802    | 2559     | 12584    |
| 24       | 7628     | 3724     | 15728    | 51       | 17045    | 5621     | 8347     |
| 25       | 8973     | 1229     | 19349    | 52       | 18428    | 6947     | 9729     |
| 26       | 3726     | 2920     | 14728    | 53       | 16529    | 4759     | 14743    |
| 27       | 5972     | 1321     | 13939    |          |          |          |          |

Source: Tableau élaboré par les deux chercheurs sur la base des documents comptables de l'entreprise.