

Sur la gestion de la production et l'optimisation de la distribution à l'entreprise Tchén-Lait Candia

Merah R., Nasri S., Aoudia Z. et Aïssani D.

lamos_bejaia@hotmail.com, zo.aoudia@gmail.com

Résumé L'augmentation de la consommation (demande) du lait et boissons a obligé l'entreprise Candia à mettre en place une nouvelle unité de production à Sétif, afin de renforcer sa capacité de production. Son objectif est de maximiser la production pour satisfaire la demande des clients avec la minimisation du coût de distribution (transport).

Dans ce travail, nous avons proposé un modèle linéaire dont la fonction objectif est de minimiser le coût de transport sous les contraintes de production. Pour la résolution du problème, nous avons utilisé le solveur CPLEX qui peut résoudre des programmes linéaires, en combinant le Simplex et le Branch and Bound.

Une solution optimale a été dégagée, production maximale et distribution à coût minimal avec une comparaison entre la situation actuelle (3 unités) avec l'ancienne situation (2 unités).

Key words: Entreprise Candia, chaîne logistique, production, distribution, optimisation combinatoire, modélisation, programmation linéaire, CPLEX.

Introduction

Dans le contexte économique concurrentiel actuel, chaque entreprise est soumise à une évolution permanente. Pour ce faire ces dernières sont obligées de faire, appel aux méthodes scientifiques, méthodes de recherche opérationnelle comme l'optimisation combinatoire et la modélisation multicritère.

Des 2004, l'entreprise Tchén-lait Candia avait initié une étude sur les besoins en composants des produits fabriqués. Une étude relative à l'optimisation des stocks et de la production a été réalisée en 2007. Enfin, une analyse de la gestion de production et l'optimisation de la distribution en 2015. A cette époque, l'entreprise venait de mettre en place une nouvelle unité de production à Alger. Il s'agissait de la distribution de huit produits différents à travers 39 wilayas du pays. Aujourd'hui l'entreprise vient de construire une troisième unité de production à Sétif. La gamme de produits est montée à 26, alors que les wilayas ont atteint 45.

L'objectif de l'entreprise est d'avoir une bonne gestion de production et l'optimisation de son réseau de distribution avec les trois unités de production (Bejaia, Alger, Sétif).

Cet article est organisé comme suit :

- Description du problème : nous représentons la chaîne logistique de l'entreprise.

- Modélisation et formulation du problème : nous représentons les paramètres du problème et une approche de résolution.
- Résolution du problème : nous représentons les résultats obtenus, et on termine par quelques perspectives éventuelles en développement du travail présenté dans cet article.

Position du problème

L'objectif majeur de l'entreprise est de minimiser le coût de distribution tout en maximisant la production. Alors, le problème posé est un problème de gestion de production et d'optimisation. Cela peut être présenté comme un programme linéaire dont l'objectif est de minimiser le coût de transport sous des contraintes (distribution, stock, production) à variables mixtes sur un horizon d'une année.

Description et Modélisation du problème

Afin de formuler le problème, on doit prendre en considération toutes les spécificités de l'entreprise Candia, à savoir la production des 3 unités, la capacité de stockage, la demande des clients et le mode de distribution (transport).

- Les unités de production (Béjaia, Alger, Setif) sont caractérisées par leur capacité de production.
- Les dépôts de stockage ont des capacités limitées pour chaque unité.
- Le mode de transport est unique semi-remorques avec une capacité de 33 palettes.

Il est noté que toutes les unités peuvent transporter leurs produits vers tous les clients ainsi que les autres unités.

Les décisions à prendre :

- L'affectation des produits aux sites (Bejaia, Alger, Sétif).
- Les quantités à produire dans chaque site.
- Les quantités de chaque gamme de produit à distribuer de chaque site aux clients.

Alors, ce problème peut être formulé comme un programme linéaire en nombre entier (PLNE), qui vise à minimiser les coûts de transport sous les contraintes de production, stock et distribution.

Formulation du problème

Les paramètres :

Paramètres contrôlables du système

• **Les variables de décision** Afin de déterminer les inconnues du problème, en représentant les différents éléments du problème sous forme de variable de décision et les objectifs à atteindre sous forme de fonction, nous avons les variables suivantes :

$\omega_{i,j}^k$: la quantité du produit de gamme i à transporter de l'unité j vers le client k .

$x_{i,j}$: la quantité du produit de gamme i à fabriquer par l'unité j .

On adoptera pour ceci la notation suivante :

$x_{1,j}$: c'est la quantité à produire en Laits Blancs par l'unité j .

$x_{2,j}$: c'est la quantité à produire en Laits chocolatés par l'unité j .

$x_{3,j}$: c'est la quantité à produire en Laits et jus par l'unité j .

$x_{4,j}$: c'est la quantité à produire en Boissons aux fruits par l'unité j .

Pour chaque produit i , on lui associe une variable binaire sur le lancement de la production.

$$y_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{si le produit de gamme } i \text{ est} \\ & \text{fabriqué par l'unité } j ; \\ 0, & \text{sinon.} \end{cases}$$

Paramètres	Signification
I	L'ensemble des gammes de produits à fabriquer $i = \overline{1.4}$
L	L'ensemble des lignes de production $l = \overline{1.10}$
J	L'ensemble des unités de fabriquer $i = \overline{1.3}$
$j = 1$	Désigne l'unité de Béjaia
$j = 2$	Désigne l'unité d'Alger
$j = 3$	Désigne l'unité de Sétif
K	L'ensemble des clients $k = \overline{1.45}$
n	Le nombre des produits
m	Le nombre des clients
a_i^k	La quantité de produit i demandé par le clients k
b_j^l	La capacité de production de l'unité j de la ligne l
c_j^k	Le coût de transport des produits de l'unité j vers le client k
s_j	La capacité de stockage à l'unité j
S_j^s	Le stock initial à l'unité j
d_i	La durée de fabrication de produit i
$\alpha_{i,j}$	Le stock initial du produit i l'unité j
T_f	L'instant de livraison
Dp_i	Durée de production du produit i jusqu'à l'obtention d'un produit fini
DC_i	Délai de libération d'un produit i (délai de livraison)
Dl	Délai de lancement de la production

TABLE 2.1: Les paramètres du problème

Paramètres non-contrôlables du système

Ce sont les constantes du modèle. Elle correspondent d'une part, aux caractéristiques physiques du système. D'autre part, à ses exigences internes (coûts) et externes (type de la demande). Les

paramètres non contrôlables de notre modèle seront donc :

Les capacités de production et de stockage

Comme on l'a vu au niveau de l'analyse du système : les unités de production déterminent dix lignes de production

$b_{i,j}$: la capacité de production de produit de gamme i de l'unité j .

s_j : la capacité de stockage à l'unité j .

Les demandes prévues pour chaque produit

a_1^k : la demande prévue du Lait longue conservation demandé par le client k .

a_2^k : la demande prévue du Laits chocolatés demandé par le client k .

a_3^k : la demande prévue du Laits et jus demandé par le client k .

a_4^k : la demande prévue du Boissons aux fruits demandé par le client k .

Les prévisions de la demande de chaque produit pour chaque région (pour l'année 2017) sont présentées dans le paragraphe suivant.

Les coûts de transports

Relativement à l'étude, les coûts sont considérés comme des paramètres non-contrôlables. Ce sont les coûts de transport d'un semi-remorque à partir de chaque unité (Bejaia, Alger ou Sétif) vers les clients (wilaya) sachant qu'un semi-remorque a la capacité de contenir 33 palettes.

L'objectif

Ce sont les buts visés par l'entreprise, qui sont représentés par une ou plusieurs fonctions. C'est la minimisation de la somme des coûts de transport entre producteurs et clients.

$$\text{Min } z = \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^n c_j^k w_{i,j}^k$$

Détermination des contraintes du problème : Les contraintes déterminent les conditions à respecter en prenant en considération les exigences et moyens dont on dispose. Elles délimitent l'espace des solutions réalisables.

1- Contraintes de production :

- a) Cette famille de contraintes assure que la quantité de produit finis i produite dans chaque unité de production j est inférieure ou égale à la capacité de production disponible de ces lignes l .

$$x_{i,j} \leq y_{i,j} * b_{i,j} \quad j = \overline{1,3} \quad i = \overline{1,4} \quad (2.1)$$

- b) Cette famille de contraintes assure que les quantités produites par les unités j supérieures ou égales à la demande des clients k .

$$\sum_{j=1}^3 x_{i,j} \geq \sum_{k=1}^m a_i^k \quad i = \overline{1,n} \quad (2.2)$$

2- Contraintes de stockage :

Cette famille de contraintes assure que la quantité stockée dans l'unité j ne dépasse pas la capacité de stockage moins le stock initial.

$$\sum_{i=1}^n x_{i,j} \leq s_j - S_j^s \quad j = \overline{1,3} \quad (2.3)$$

2- Contrainte de distribution

- a) Cette famille de contraintes assure que la somme des quantités de produit i transportées de l'unité j vers tous les clients est inférieure ou égale à la quantité de produit i à fabriquer à l'unité j .

$$\sum_{k=1}^m \omega_{i,j}^k \leq x_{i,j} \quad i = \overline{1,n} \quad j = \overline{1,3} \quad (2.4)$$

- b) La famille de contraintes suivantes assure que toutes les quantités demandées par le client k arrivent.

$$\sum_{j=1}^3 \omega_{i,j}^k \geq a_i^k \quad j = \overline{1,3} \quad k = \overline{1,m} \quad (2.5)$$

3- Contraintes de non-négativité

$$\begin{aligned} x_{i,j} &\geq 0; \\ \omega_{i,j}^k &\geq 0; \\ y_{i,j} &\in \{0, 1\} \end{aligned}$$

Forme générale du problème

Pour rester cohérent dans notre raisonnement, nous avons supposé les hypothèses suivantes :

- Nous connaissons la capacité de production et de stockage pour chaque unité de fabrication.
- Le transport s'effectue quotidiennement en utilisant un mode de transport : semi-remorque, et on connaît son coût.
- La demande du produit des clients est connue.

La forme générale du problème s'écrit :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Min } z = \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^n c_j^k w_{i,j}^k \\ \text{sc} \\ \sum_{j=1}^3 y_{i,j} \geq 1; \\ x_{i,j} \leq y_{i,j} * b_{i,j} \quad i = \overline{1, n} \quad j = \overline{1, 3}; \\ \sum_{j=1}^3 x_{i,j} \geq \sum_{k=1}^m a_i^k \quad i = \overline{1, n}; \\ \sum_{i=1}^n x_{i,j} \leq s_j - S_j^s \quad j = \overline{1, 3}; \\ \sum_{k=1}^m \omega_{i,j}^k \leq x_{i,j} \quad i = \overline{1, n} \quad j = \overline{1, 3}; \\ \sum_{j=1}^3 \omega_{i,j}^k \geq a_i^k \quad i = \overline{1, n} \quad j = \overline{1, 3}; \\ x_{i,j} \geq 0; \quad \text{entier} \\ \omega_{i,j}^k \geq 0; \quad \text{entier} \\ y_{i,j} \in \{0, 1\}. \end{array} \right.$$

Résolution et interprétation des résultats :

Pour résoudre le problème posé, nous avons recours au solveur CPLEX qui permet de résoudre des problèmes de programmation linéaire grâce à sa capacité en nombre de variables et contraintes. Dans ce travail, nous cherchons à optimiser le coût de transport sous des contraintes de production et de stockage.

Modélisation du problème

Notre objectif est de déterminer les quantités optimales à produire dans chaque site pour chaque gamme de produit $x_{i,j}$. Ainsi que la quantité du produit i à transporter de chaque site vers les clients (wilaya).

Soient $x_{i,j}$, $i=\overline{1,4}$, $j=\overline{1,3}$: la quantité de produit de gamme i .
tel que :

$x_{1,1}$:la quantité à produire en LAIT BLANC par l'unité de Bejaia.

$x_{2,1}$:la quantité à produire en CANDY CHOCO par l'unité de Bejaia.

$x_{3,1}$:la quantité à produire en TWIST par l'unité de Bejaia.

$x_{4,1}$:la quantité à produire en BOISSONS par l'unité de Bejaia.

$x_{1,2}$:la quantité à produire en LAIT BLANC par l'unité de Alger.

$x_{2,2}$:la quantité à produire en CANDY CHOCO par l'unité de Alger.

$x_{3,2}$:la quantité à produire en TWIST par l'unité de Alger.

$x_{4,2}$:la quantité à produire en boissons par l'unité de Alger.

$x_{1,3}$:la quantité à produire en LAIT BLANC par l'unité de Sétif.

$x_{2,3}$:la quantité à produire en CANDY CHOCO par l'unité de Sétif.

$x_{3,3}$:la quantité à produire en TWIST par l'unité de Sétif.

$x_{4,3}$:la quantité à produire en BOISSONS par l'unité de Sétif.

Soient $w_{i,j,k}$: $i=\overline{1,4}, j=\overline{1,3}, k=\overline{1,45}$: la quantité des produits de gamme i à transporter de l'unité j vers le client k .

	Lait Blanc	Candy Choco	Twist	Boisson
BEJAIA	1141640	201430	994508	1874420
ALGER	2905710	201430	201430	201430
SETIF	5616000	0	0	0

FIGURE 2.1: Les quantités à produire par chaque unité (en litre)

	ALGER	BLIDA	BOUMERDES	TIPAZA	AKBOU	BBA	BEJAIA	BOUIRA
Lait blanc	0	137234	0	0	0	0	0	0
CANDY CHOCO	1274859	263156	402704	166032	104550	78145	234152	110056
TWISTE	0	19630	39961	21344	24415	22388	61103	32067
Boisson	165391	77111	157289	65349	32728	29819	76899	39419
	JIJEL	MILA	MSILA	SETIF	TIZI OUZOU	AIN TIMOUCHENT	BECHAR	MASCARA
Lait blanc	0	0	0	0	0	0	0	0
CANDY CHOCO	115542	90907	82619	244383	351769	19419	2468	35313
TWISTE	28228	21616	40003	63859	66635	0	0	0
Boisson	33897	34734	40589	84419	97205	14845	3848	23110
	MOSTAGANEM	ORAN	SIDI BELABBAS	TLEMCEM	ANNABA	CONSTANTINE	EL TAREF	GUELMA
Lait blanc	0	279159	0	164719	164719	0	0	0
CANDY CHOCO	46700	306999	39410	95447	95447	207036	114700	81300
TWISTE	16558	75935	17878	0	0	26074	27608	17615
Boisson	31620	95825	28556	33411	33411	58050	36117	38570
	KHENCHLA	SKIKDA	SOUK AHRAS	TEBESSA	AIN DEFLA	CHLEF	DJELFA	MEDEA
Lait blanc	0	0	0	0	0	0	0	0
CANDY CHOCO	59262	153038	23042	63814	51866	74548	27628	94491
TWISTE	23342	26234	0	26138	9101	32133	7332	10804
Boisson	21175	52409	6070	35015	21326	39761	18562	37675
	RELIZANE	TIARET	BATNA	BISKRA	GHARDAIA	LAGHOUAT	OUARGLA	OUM EL BOUAGHI
Lait blanc	0	0	0	0	0	0	167045	0
CANDY CHOCO	19238	29485	205168	149542	24788	39744	65207	169405
TWISTE	10547	15430	56522	51888	7379	6559	31654	40241
Boisson	15854	18638	62171	66328	15427	16617	32758	50483
	EL OUED	ADRAR	TAMANRASS ET	TINDOUF	ILLIZI			
Lait blanc	228762	0	0	0	0			
CANDY CHOCO	60167	1931	2120	5816	452			
TWISTE	11326	1607	2026	1089	220			
Boisson	23781	1270	1262	5072	531			

FIGURE 2.2: Les quantités à transporter de l'unité de Béjaia vers les Clients (Wilaya)

	ALGER	BLIDA	BOUMERDES	TIPAZA	AKBOU	BBA	BEJAIA	BOUIRA
Lait blanc	0	0	166410	100205	0	0	127521	35026
CANDY CHOCO	201430	0	0	0	0	0	0	0
TWISTE	144785	0	0	0	0	0	0	0
Boisson	201430	0	0	0	0	0	0	0
	JIJEL	MILA	MSILA	SETIF	TIZI OUZOU	AIN TIMOUCHENT	BECHAR	MASCARA
Lait blanc	58197	42677	56360	127054	163128	60512	12661	104201
CANDY CHOCO	0	0	0	0	0	0	0	0
TWISTE	0	0	0	0	0	5115	3349	13596
Boisson	0	0	0	0	0	0	0	0
	MOSTAGANEM	ORAN	SIDI BELABBAS	TLEMCCEN	ANNABA	CONSTANTINE	EL TAREF	GUELMA
Lait blanc	916655	293754	66198	0	0	133677	47495	46164
CANDY CHOCO	0	0	0	0	0	0	0	0
TWISTE	0	0	0	12305	12305	0	0	0
Boisson	0	0	0	0	0	0	0	0
	KHENCHLA	SKIKDA	SOUK AHRAS	TEBESSA	AIN DEFLA	CHLEF	DJELFA	MEDEA
Lait blanc	67306	116655	23427	79734	36785	75334	58561	54792
CANDY CHOCO	0	0	0	0	0	0	0	0
TWISTE	0	0	5325	0	4646	0	0	0
Boisson	0	0	0	0	0	0	0	0
	RELIZANE	TIARET	BATNA	BISKRA	GHARDAIA	LAGHOUEAT	OUARGLA	OUM EL BOUAGHI
Lait blanc	50369	46575	144182	124408	57952	60141	0	83469
CANDY CHOCO	0	0	0	0	0	0	0	0
TWISTE	0	0	0	0	0	0	0	0
Boisson	0	0	0	0	0	0	0	0
	EL OUED	ADRAR	TAMANRASS ET	TINDOUF	ILLIZI			
Lait blanc	0	30531	27361	29029	6186			
CANDY CHOCO	0	0	0	0	0			
TWISTE	0	0	0	0	0			
Boisson	0	0	0	0	0			

FIGURE 2.3: Les quantités à transporter de l'unité d'Alger vers les Clients (Wilaya)

	ALGER	BLIDA	BOUMERDES	TIPAZA	AKBOU	BBA	BEJAIA	BOUIRA
Lait blanc	5485117	0	0	0	59528	52378	0	18974
CONDY CHOCO	0	0	0	0	0	0	0	0
TWISTE	0	0	0	0	0	0	0	0
Boisson	0	0	0	0	0	0	0	0
	JIJEL	MILA	MSILA	SETIF	TIZI OUZOU	AIN TIMOUCHENT	BECHAR	MASCARA
Lait blanc	0	0	0	0	0	0	0	0
CONDY CHOCO	0	0	0	0	0	0	0	0
TWISTE	0	0	0	0	0	0	0	0
Boisson	0	0	0	0	0	0	0	0
	MOSTAGANEM	ORAN	SIDI BELABBAS	TLEMCEN	ANNABA	CONSTANTINE	EL TAREF	GUELMA
Lait blanc	0	0	0	0	0	0	0	0
CONDY CHOCO	0	0	0	0	0	0	0	0
TWISTE	0	0	0	0	0	0	0	0
Boisson	0	0	0	0	0	0	0	0
	KHENCHLA	SKIKDA	SOUK AHRAS	TEBESSA	AIN DEFLA	CHLEF	DJELFA	MEDEA
Lait blanc	0	0	0	0	0	0	0	0
CONDY CHOCO	0	0	0	0	0	0	0	0
TWISTE	0	0	0	0	0	0	0	0
Boisson	0	0	0	0	0	0	0	0
	RELIZANE	TIARET	BATNA	BISKRA	GHARDAIA	LAGHOUAT	OUARGLA	OUM EL BOUAGHI
Lait blanc	0	0	0	0	0	0	0	0
CONDY CHOCO	0	0	0	0	0	0	0	0
TWISTE	0	0	0	0	0	0	0	0
Boisson	0	0	0	0	0	0	0	0
	EL OUED	ADRAR	TAMANRASS ET	TINDOUF	ILLIZI			
Lait blanc	0	0	0	0	0			
CANDY CHOCO	0	0	0	0	0			
TWISTE	0	0	0	0	0			
Boisson	0	0	0	0	0			

FIGURE 2.4: Les quantités à transporter de l'unité de Sétif vers les Clients (Wilaya)

Analyse et interprétation des résultats

Après avoir résolu sous CPLEX, ce dernier nous a fourni un plan optimal de production, tel que l'entreprise Tchén-Lait va répartir ces gammes comme suit :

Béjaia : Lait blanc, Candy Choco, Twist, Boissons.

Alger : Lait blanc, Candy Choco, Twist, Boissons.

Sétif : Lait Blanc.

Le CPLEX nous a fourni aussi un plan optimal de transport pour la distribution des produits laitiers des unités (Béjaia, Alger et Sétif) vers les 45 clients avec un coût minimum égal à 21349228.684 DA.

Les quantités des produits à expédier de chaque unité vers chaque client est présentée dans les tableaux : Table 5.2, Table 5.3 et Table 5.4.

Étude comparative

Comme la production du Lait Blanc est importante par rapport aux autres produits (70% de la capacité de production totale), nous avons comparé les résultats de la distribution de ce dernier entre les deux situations, situation actuelle (Bejaia, Alger et Setif) et situation de (Bejaia et Alger).

Nous avons trouvé que le coût minimal de la situation actuelle (4499482.9402 DA) est inférieur à celui des deux unités seulement (4972956.4792DA).

Par conséquent, les solutions trouvées donnent une meilleure gestion de la production et de la distribution puisqu'elle permettent de :

1. Satisfaire la demande des clients.
2. Minimiser le coût de transport.

Conclusion

Dans ce travail, nous avons proposé une résolution du problème à l'aide des méthodes de recherche opérationnelle, nous avons modélisé le problème comme un programme linéaire en nombres entiers PLNE. En utilisant le solveur CPLEX un plan de production-distribution optimale a été dégagé.

Références

1. Aïssani D., Cours e Modélisation, Département de Recherche Opérationnelle, Université de Béjaïa, 2016.