

Louvain School of Management

Gestion de la production de desserts glacés

Auteur·es : Julie Leeuws
Promoteur·rices : Daniel De Wolf
Année académique 2019-2020
Master 60 en Sciences de Gestion

Résumé

Ce mémoire traite d'une gestion de production et d'une minimisation de coûts de production d'une entreprise produisant des desserts. L'objectif est de déterminer le coût de production minimum en optimisant l'achat des matières premières, le plan de production, le plan de stockage, les engagements et les licenciements au début de chaque saison afin de satisfaire la demande tout en respectant les différentes contraintes. Ensuite, la réponse à deux questions d'analyse post-optimale est donnée où l'on demande le prix maximum que l'on est prêt à payer pour augmenter la capacité de stockage durant une saison d'une part et pour l'acquisition d'unités de matière première supplémentaires d'autre part.

Remerciements

Ce mémoire a été réalisé sur une année et a été soutenu par certaines personnes que je souhaite remercier.

Premièrement, je tiens à remercier le Professeur Daniel De Wolf qui a été à ma disposition tout au long de l'année en donnant son temps et son écoute. Et qui m'a guidé et conseillé quand j'en avais besoin afin d'avancer dans ce travail.

Je souhaite également remercier toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin dans l'accomplissement de ce mémoire.

Table des matières

Liste des figures	II
Liste des tableaux	III
1 Introduction	1
2 Données du problème	3
2.1 Indices	3
2.2 Données du problème	4
2.2.1 Données associées à la demande	4
2.2.2 Données associées aux matières premières	4
2.2.3 Données associées au stockage	5
2.2.4 Données associées à la fabrication	6
2.2.5 Données associées au personnel	7
3 Formulation du problème	9
3.1 Variables	9
3.2 Expression de l'objectif	10
3.3 Contraintes	11
3.3.1 Contraintes associés à la demande	11
3.3.2 Contraintes associées au stock	11
3.3.3 Contraintes associées à la production	12
3.3.4 Contraintes associées au personnel	12
3.3.5 Positivité des variables	12

<i>TABLE DES MATIÈRES</i>	I
4 Mise en oeuvre avec GAMS	13
4.1 Résultats	13
4.1.1 Coût total minimum obtenu	14
4.1.2 Résultats optimaux	14
4.2 Analyse Post-optimale	17
5 Conclusion	19
Bibliographie	21
Annexes	21
A Code GAMS	22
B Listing de résultats GAMS	27

Table des figures

4.1	Résultats optimaux pour l'achat des matières premières par saison .	17
4.2	Résultats optimaux pour le stockage par saison	18

Liste des tableaux

2.1	Indices	3
2.2	Demande des deux desserts par saison en unités	4
2.3	Offre disponible des matières premières par saison en kg.	4
2.4	Quantité d'ingrédients nécessaires par dessert en kg.	4
2.5	Prix de la matière première par saison en €/kg	5
2.6	Coût de stockage des éléments pendant une saison en €	5
2.7	Volume de stockage de chaque élément en litres	6
2.8	Stocks initiaux	6
2.9	Temps de confection et de conditionnement de chaque dessert	6
2.10	Coût Horaire par atelier en € par heure	7
2.11	Nombre de jours ouvrables par saison	7
2.12	Nombre initial d'ouvriers dans chaque atelier	7
2.13	Données concernant les coûts d'engagement et de licenciement en fonction de l'atelier en €	7
2.14	Nombre maximum d'ouvriers dans les ateliers	8
4.1	Tableau des coûts	14
4.2	Tableau des résultats : Offre et demande	15
4.3	Tableau des résultats : Stockage	15
4.4	Tableau des résultats : Main d'oeuvre	16

Chapitre 1

Introduction

Ce travail de fin d'études portera sur la modélisation et l'optimisation d'un problème de production.

Une entreprise est spécialisée dans la production de desserts glacés, elle produit deux desserts : le "Délices du Cacao" et le "Délices du Verger" fabriqués respectivement à base de chocolat et de fruits frais, les matières premières. La particularité de ces produits est qu'ils suivent une tendance saisonnière, le "Délice du Cacao" étant consommé principalement en été et le "Délices du Verger" étant consommé principalement en hiver. Il faut déterminer la quantité de fruits frais et de chocolat à se procurer en fonction de différents paramètres : la demande, la capacité de stockage, les capacités de production, les productions effectuées aux périodes antérieures. Le prix du chocolat ne varie pas le long de l'année et l'offre est virtuellement illimitée. Par contre, le prix des fruits frais varie en fonction de la saison, il est plus élevé en hiver lorsqu'il n'y a que peu d'offre. Il est le plus faible en été lorsque la production de fruits est forte. Il faudra tenir compte de cette subtilité car le moment où la demande de "Délices du Verger" est la plus élevée n'est pas le moment où l'offre de fruits frais est la plus élevée. Il faudra anticiper et faire des stocks au bon moment afin de réduire les coûts de stockage et d'achat.

Une fois achetés, les fruits frais se conservent dans un surgélateur de capacité limitée, le chocolat lui, est stocké dans un entrepôt. Les desserts finaux sont également stockés dans ce surgélateur et chaque élément stocké a un coût. Il faut noter qu'il y a un stock initial de desserts ainsi que de fruits frais présents dans le surgélateur en début d'année. Il y a également un stock initial de chocolat.

Chaque élément de matière première passe par deux ateliers différents avant d'être transformés en desserts. Premièrement, la matière première passe dans l'atelier de confection, ensuite dans un atelier de conditionnement. Le temps passé dans chaque atelier pour chaque produit est différent, typiquement, la confection est plus lente que le conditionnement. Chaque atelier demande une qualification du personnel différente et un coût horaire différent. L'atelier de fabrication demande une qualification plus élevée et à un coût horaire plus élevé que l'atelier de conditionnement.

Les ateliers de confection et de conditionnement doivent donc travailler en fonction de la demande prévue de chaque dessert. Si la capacité d'un atelier n'est pas suffisante pour subvenir à la demande, il faut produire cette quantité à l'avance et stocker les desserts produits dans le surgélateur. Il est possible d'engager des ouvriers si la capacité de production n'est pas suffisante, mais il y a un nombre maximum d'ouvriers à respecter dans chaque atelier. A l'opposé, il est possible de licencier des ouvriers si ils sont trop nombreux pour la production demandée, mais cela a un coût qui dépend du niveau de qualification que chaque ouvrier.

Le but est de déterminer le plan de production optimal sur une année pour cette entreprise. Il faut déterminer les achats de matières premières, le plan de production, le plan de stockage, les engagements et licenciements en début de chaque trimestre afin de satisfaire la demande tout en gardant le coût de production au minimum. Le coût de production est composé du coût d'achat des matières premières, du coût de stockage, du coût de la main d'oeuvre et du coût des engagements et des licenciements.

Chapitre 2

Données du problème

Dans cette section, les données initiales du problème sont expliquées. D'abord, des indices sont précisés et seront utiles lors de la détermination des variables. L'énoncé du mémoire est source de ces données (De Wolf, 2019a).

2.1 Indices

Les indices utilisés dans la formulation de l'objectif sont définis dans le tableau 2.1

Définition	Indice	1	2	3	4
Matière première	mp	Chocolat	Fruits frais		
Dessert	d	"Délices du Cacao"	"Délices du Vergers"		
Saisons	t	Printemps	Eté	Automne	Hiver
Atelier de confection	a	Confection	Conditionnement		

TABLE 2.1 – Indices

2.2 Données du problème

2.2.1 Données associées à la demande

Le tableau 2.2 donne la Demande ($DEM_{d,t}$) des deux desserts par saison en unités.

Demande	Printemps	Été	Automne	Hiver
"Délice du Cacao" (unités)	4500	7500	7000	6000
"Délice du Verger" (unités)	2500	1500	5000	7000

TABLE 2.2 – Demande des deux desserts par saison en unités

2.2.2 Données associées aux matières premières

Le tableau 2.3 donne l'Offre ($OFF_{mp,t}$) maximum des matières premières (en kg) disponibles par saison. L'offre de chocolat est virtuellement infinie.

Offre	Printemps	Été	Automne	Hiver
Chocolat (kg)	illimitée	illimitée	illimitée	illimitée
Fruits frais (kg)	1000	2000	500	60

TABLE 2.3 – Offre disponible des matières premières par saison en kg.

Le tableau 2.4 donne la Quantité d'ingrédients ($QI_{d,mp}$) utilisées pour chacun des deux desserts. Le dessert "Délices du Verger" n'utilise que des fruits frais et le dessert "Délices du Cacao" n'utilise que du chocolat.

Dessert	Cacao (kg)	Fruits (kg)
"Délice du Cacao"	0.05	0
"Délice du Verger"	0	0.1

TABLE 2.4 – Quantité d'ingrédients nécessaires par dessert en kg.

Le tableau 2.5 donne le Prix ($P_{mp,t}$) de chaque ingrédient en fonction de la saison. L'offre plus faible de fruits frais en hiver se traduit pas un prix plus élevé et vice-versa.

Prix	Printemps	Été	Automne	Hiver
Prix du chocolat (€/kg)	6.5	6.5	6.5	6.5
Prix des fruits frais (€/kg)	1.5	1	2	4

TABLE 2.5 – Prix de la matière première par saison en €/kg

2.2.3 Données associées au stockage

La capacité ($CAPA$) du surgélateur où l'on stocke les fruits frais et les deux types de desserts est de 2000 l.

Le tableau 2.6 donne respectivement le Coût de Stockage des Matières Premières ($CSMP_{mp}$) et le Coût de Stockage des Desserts (CSD_d) pendant une saison.

Prix	€
Du kg de chocolat	0.1
Du kg de fruits	0.35

(a) Matières premières

Prix	€
Du "Délice du Cacao"	0.25
Du "Délice du Verger"	0.25

(b) Desserts

TABLE 2.6 – Coût de stockage des éléments pendant une saison en €

Le tableau 2.7 donne respectivement le volume occupé dans le surgélateur par les Matières Premières (VMP_{mp}) et par les Desserts (VD_d). Il faut noter que le volume du chocolat est 0 car il n'est pas stocké dans le surgélateur.

Volume	Litres
Du chocolat	0
Du kg de fruits frais	2.5

(a) Matières premières

Volume	Litres
D'un "Délice du Cacao"	0.5
D'un "Délice du Verger"	0.6

(b) Desserts

TABLE 2.7 – Volume de stockage de chaque élément en litres

Le tableau 2.8 donne les Stocks Initiaux de Matière Première en kg ($SIMP_{mp}$) ainsi que les Stocks Initiaux de Desserts en unités (SID_d).

Stock initial	Kg
Du chocolat	120
Du fruits frais	50

(a) Matières premières

Stock initial	Unités
Du "Délice du Cacao"	250
Du "Délice du Verger"	350

(b) Desserts

TABLE 2.8 – Stocks initiaux

2.2.4 Données associées à la fabrication

Le tableau 2.9 donne les Temps de Fabrication ($TF_{d,a}$) pour chaque dessert dans chaque atelier en minutes par unité.

Temps en minutes pour	la confection (en min)	le conditionnement (en min)
Du "Délice du Cacao"	30	10
Du "Délice du Verger"	35	15

TABLE 2.9 – Temps de confection et de conditionnement de chaque dessert

Le tableau 2.10 donne les Coûts Horaires (CH_a) dans chaque atelier. Il faut noter que l'on considère 8 heures dans une journée.

Coût horaire	€/heure
Dans l'atelier de confection	12,50
Dans l'atelier de conditionnement	9,50

TABLE 2.10 – Coût Horaire par atelier en € par heure

2.2.5 Données associées au personnel

Le tableau 2.11 donne le nombre de Jours ouvrables par saison (J_t).

	Printemps	Eté	Automne	Hiver
Jours ouvrables	60	63	57	60

TABLE 2.11 – Nombre de jours ouvrables par saison

Le tableau 2.12 donne le nombre d'ouvriers initial dans chaque atelier ($PERSINIT_a$).

Atelier	confection	Conditionnement
Personnel initial	30	12

TABLE 2.12 – Nombre initial d'ouvriers dans chaque atelier

Le tableau 2.13 donne les Coûts relatifs à l'Engagement ($CENG_a$) ou le Licenciement ($CLIC_a$) d'ouvriers par atelier. Le prix dépend du niveau de compétences nécessaires de l'atelier.

Atelier	Confection	Conditionnement
Coût d'engagement (€)	1 000	500
Coût de licenciement (€)	2 500	1 500

TABLE 2.13 – Données concernant les coûts d'engagement et de licenciement en fonction de l'atelier en €

Le tableau 2.14 donne le nombre maximal d'ouvriers ($PERSMAX_a$) pouvant être présent dans chaque atelier à tout moment.

	Maximum d'ouvriers
Dans l'atelier de confection	52
Dans l'atelier de conditionnement	22

TABLE 2.14 – Nombre maximum d'ouvriers dans les ateliers

Chapitre 3

Formulation du problème

3.1 Variables

Voici le choix des variables afin de résoudre la problématique.

- $QMP_{mp,t}$ = la Quantité de Matière Première achetée par saison (kg/saison).
- $QD_{d,t}$ = la Quantité de Desserts produite par saison (unités/saison).
- $SMP_{mp,t}$ = Stock de Matière Première à la fin de la saison (kg).
- $SD_{d,t}$ = Stock de Dessert à la fin de la saison (unités).
- $NOUVR_{a,t}$ = Nombre d'Ouvriers présents dans chaque atelier par saison.
Nous faisons l'hypothèse que des ouvriers peuvent être engagés à temps partiel.
- $EOUVR_{a,t}$ = Nombre d'Embauches d'ouvriers dans chaque atelier par saison.
- $LOUVR_{a,t}$ = Nombre de Licenciements d'ouvriers dans chaque atelier par saison.
- $CAMP$ = Coût d'Achat des Matières Premières
- $CSTOCK$ = Coût de Stockage
- CMO = Coût de la Main d'Oeuvre
- CLE = Coûts de Licenciements et d'Engagements
- CT = Coût Total

3.2 Expression de l'objectif

L'objectif étant de minimiser le coût de production de cette entreprise. Le coût est divisé en 4 parties : le coût d'achat des matières premières, le coût de stockage, le coût de la main d'oeuvre et le coût des licenciements et des engagements. Ces coûts s'additionnent pour donner le coût total qui sera minimisé.

- Coût Achat Matières Premières. Il est calculé sur base de la quantité de matière première achetée et de son coût unitaire.

$$CAMP = \sum_{mp=1}^2 \sum_{t=1}^4 P_{mp,t} * QMP_{mp,t} \quad (3.1)$$

- Coût de Stockage. Il est calculé sur base de la quantité de matière première stockée et du prix de stockage par unité de matière première. La logique est identique pour les desserts.

$$CSTOCK = \sum_{mp=1}^2 \sum_{t=1}^4 CSMP_{mp} * SMP_{mp,t} + \sum_{d=1}^2 \sum_{t=1}^4 CSD_d * SD_{d,t} \quad (3.2)$$

- Coût de la main d'oeuvre. Il est calculé sur base du coût horaire et du nombre d'ouvriers présents. Ceci est multiplié par 8h/jour et par le nombre de jours afin d'avoir le coût par mois.

$$CMO = \sum_{a=1}^2 \sum_{d=1}^2 \sum_{t=1}^4 CH_a * NOUVR_{a,t} * 8 * J_t \quad (3.3)$$

- Coûts de licenciements et d'engagements. Il est calculé sur base du nombre d'engagements/licenciements et du prix unitaire d'engagement/de licenciements.

$$CLE = \sum_{a=1}^2 \sum_{t=1}^4 CENG_a * EOUVR_{a,t} + CLIC_a * LOUVR_{a,t} \quad (3.4)$$

L'objectif principal étant de minimiser le coût total et s'exprime comme suit :

$$minCT = CAMP + CSTOCK + CMO + CLE \quad (3.5)$$

3.3 Contraintes

La problème possède des contraintes qui sont exprimées ici.

3.3.1 Contraintes associ es à la demande

La quantité de matière première achetée ne peut pas dépasser l'offre.

$$QMP_{mp,t} \leq OFF_{mp,t} \quad \forall mp, t \quad (3.6)$$

3.3.2 Contraintes associées au stock

Initialisation des stocks de desserts et de matière première pendant l'hiver 0

$$SD_{d,0} = SID_d \quad \forall d \quad (3.7)$$

$$SMP_{mp,0} = SIMP_{mp} \quad \forall mp \quad (3.8)$$

Les stocks de matière première en fin de saison sont la somme du stock restant de la saison précédente et de la quantité de matière première achetée pendant la saison. A laquelle on retire la quantité de la matière première utilisée pour faire un dessert.

$$SMP_{mp,t} = SPM_{mp,t-1} + QMP_{mp,t} - \sum_{d=1}^2 QTE_{mp,d} * QD_{d,t} \quad \forall t, mp \quad (3.9)$$

Le stocks de desserts en fin de saison sont la somme de la quantité de dessert produite et le stock de dessert restant de la saison précédente. A laquelle on retire la demande de dessert, donc les desserts que l'on a vendus.

$$SD_{d,t} = QD_{d,t} + SD_{d,t-1} - DEM_{d,t} \quad \forall d, t \quad (3.10)$$

La capacité de stockage dans le surgélateur doit ˆetre plus élevée que le stockage effectif en fin de saison. Ce stockage effectif est calcul e avec le stock de dessert restant et le stock de matière première restant, les deux en fonction du volume

qu'ils occupent dans le surgélateur.

$$\sum_{d=1}^2 VD_d * SD_{d,t} + \sum_{mp=1}^2 VM P_{mp} * SMP_{mp,t} \leq CAPA \quad \forall t \quad (3.11)$$

3.3.3 Contraintes associées à la production

Il faut s'assurer que le nombre d'heures disponibles n'est pas dépassé. Le nombre d'heures utilisées pour fabriquer la quantité de desserts doit être inférieure au produit des jours disponibles en une saison, du nombre d'ouvriers présents dans les ateliers et du nombre d'heures disponibles dans une journée, qui est au nombre de 8. Le temps de fabrication est divisé par 60 afin de le convertir en heures.

$$\sum_{d=1}^2 \frac{TF_{d,a}}{60} * QD_{d,t} = J_t * 8 * NO_{a,t} \quad \forall a, t \quad (3.12)$$

3.3.4 Contraintes associées au personnel

Il y a une contrainte d'initialisation pour les ouvriers

$$NOUVR_{a,0} = PERSINIT_a \quad \forall a \quad (3.13)$$

Il y a une limite au nombre d'ouvriers pouvant être présents dans les ateliers

$$NOUVR_{a,t} \leq PERSMAX_a \quad \forall a, t \quad (3.14)$$

Le nombre d'ouvriers par atelier est déterminé par le nombre d'ouvriers de la saison précédente additionné de la différence entre les engagements et les licenciements.

$$NOUVR_{a,t} = NOUVR_{a,t-1} + EOUVR_{a,t} - LOUVR_{a,t} \quad \forall a, t \quad (3.15)$$

3.3.5 Positivité des variables

Toutes les variables mentionnées dans la section 3.1 sont supposées être positives ou nulles. On suppose également que le nombre d'ouvriers ne doit pas être entier car on accepte les emplois à temps partiel.

Chapitre 4

Mise en oeuvre avec GAMS

4.1 Résultats

Le problème présenté comme tel est un problème linéaire car toutes les variables sont à la puissance 1 et ne se multiplient jamais entre elles. L'optimisation linéaire consiste à trouver la solution qui minimise l'objectif tout en respectant les contraintes. Elle est fortement utilisée lors de gestion de production de produits. (Arsham, 2015)

Un optimiseur linéaire (LP) utilisant la méthode du simplexe (CPLEX) a donc été utilisé lors de la mise en oeuvre avec GAMS afin de trouver le coût minimum de cette production de desserts tenant compte des données et des contraintes citées plus tôt. L'algorithme du simplexe va

Le code GAMS a été réalisé avec l'aide de deux documents : Introduction au langage GAMS (De Wolf, 2019b) et la documentation GAMS en ligne (*GAMS Documentation Center : Version 31*, s. d.). Le code en GAMS peut être trouvé dans l'annexe A et le listing des résultats donné par GAMS se trouve dans l'annexe B.

4.1.1 Coût total minimum obtenu

Les coûts totaux sont exprimés dans le tableau 4.1 contenant le coût d'achat des matières premières (CAMP), le coût de stockage (CSTOCK), le coût de la main d'oeuvre (CMO) et le coût des licenciements et des engagements (CLE). Ces coûts s'additionnent pour donner le coût total (CT). Ces coûts sont minimums et optimaux.

Il est intéressant de mentionner que le coût de la main d'oeuvre est le plus important, elle représente 80.6 % du coût total.

Coût	€
CAMP	9 550.65
CSTOCK	1 296.21
CMO	345 158.33
CLE	72 094.11
CT	428 099.31

TABLE 4.1 – Tableau des coûts

4.1.2 Résultats optimaux

Le tableau 4.2 suivant exprime le plan optimal d'achat des matières premières (QMP) et le plan de production des desserts (QD) comparé à la demande de ceux ci. Le plan optimal de stockage des matières premières (SMP) et des desserts (SD) est décrit dans le tableau 4.3. Le nombre d'ouvriers (NOUVR), d'embauches (EOUVR) et de licenciements (LOUVR) par atelier par saison sont décrits dans le tableau 4.4.

On peut noter que la production de "Délices du Cacao" est anticipée pendant le printemps, mais elle correspond exactement à la demande pendant l'automne et l'hiver. Ce n'est pas le cas pour les "Délices du Verger". Etant donné que la demande est le plus forte en hiver, mais le prix des fruits frais est également plus haut, la production de ces desserts s'est faite plus tôt dans l'année lorsque le prix des fruits était bien plus bas et a ensuite été stockée.

Le chocolat n'est jamais stocké et ce en raison de sa disponibilité illimitée et de son prix constant au long de l'année, il n'y a aucun avantage en termes de coût d'acheter du chocolat en avance et de le stocker à 0.10€/kg. La durée de l'exercice étant de 1 an, tous les stocks sont donc écoulés en hiver et le surgélateur est vide. Le stockage dans le surgélateur est maximal pendant l'été car le prix des fruits frais est le plus bas et l'offre est la plus haute durant cette saison, menant donc à un stockage de fruits frais et de "Délices du Verger".

Il y également un grand nombre de licenciements dès le printemps, 70.6% des ouvriers en confection et 73.25% des ouvriers en conditionnement sont licenciés. Si l'on avait gardé le nombre d'ouvriers initiaux, la capacité de production serait trop élevée.

Variable	Printemps	Été	Automne	Hiver
Matière première achetée (kg)				
QMP (Chocolat)	166.58	300.91	350	300
QMP (Fruits frais)	183.80	771.20	500	60
Desserts produits (unités)				
QD (Délices du Cacao)	5 731.71	6 018.30	7 000	6 000
QD (Délices du Verger)	2 337.98	2 454.88	4 717.95	6 139.20

TABLE 4.2 – Tableau des résultats : Offre et demande

Variable	Printemps	Été	Automne	Hiver
Stockage				
SMP (Chocolat en kg)	0	0	0	0
SMP (Fruits frais en kg)	0	525.71	553.92	0
SD (Délices du Cacao en unités)	1 481.71	0	0	0
SD (Délices du Verger en unités)	187.98	1 142.86	860.81	0
Stockage total par saison (litres)	853.64	2 000	1 901.28	0

TABLE 4.3 – Tableau des résultats : Stockage

Variable	Printemps	Été	Automne	Hiver
Main d'oeuvre				
NOUVR (Confection)	8.81	8.81	13.71	13.81
NOUVR (Conditionnement)	3.21	3.21	5.14	5.28
EOUVR (Confection)	0	0	4.90	0
EOUVR (Conditionnement)	0	0	1.94	0.14
LOUVR (Confection)	21.19	0	0	0
LOUVR (Conditionnement)	8.79	0	0	0

TABLE 4.4 – Tableau des résultats : Main d'oeuvre

4.2 Analyse Post-optimale

L'analyse post-optimale consiste à répondre à deux questions :

1. **Jusqu'à quel prix seriez-vous prêts à payer des unités au delà des 500 kilos que peut vous fournir le fournisseur habituel en automne ?**

Selon le rapport donné par GAMS montré dans la figure 4.1, le prix que l'on est prêt à payer se trouve dans la colonne de valeur marginale qui représente le prix caché. Pour chaque kilo de fruits frais acheté en plus en automne, le coût total diminue de 19.83€. Il faut que le prix d'achat de cette unité soit inférieur ou égal à 19.83€ afin que cela reste rentable. Il faut noter cependant que cette valeur peut changer si le membre de droite de l'équation 3.6 augmente de trop, il y a donc un nombre maximal d'unités en plus que l'on peut acheter sans que ce prix caché ne change. La limite de cette augmentation n'est pas disponible avec GAMS.

---- EQU OFFRE Offre de matiere premiere non depassee

		LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
CHOCOLAT	.PRINTEMPS	-INF	166.5854	+INF	.
CHOCOLAT	.ETE	-INF	300.9146	+INF	.
CHOCOLAT	.AUTOMNE	-INF	350.0000	+INF	.
CHOCOLAT	.HIVER	-INF	300.0000	+INF	.
FRUITS_FRAIS	.PRINTEMPS	-INF	183.7979	1000.0000	.
FRUITS_FRAIS	.ETE	-INF	771.2021	2000.0000	.
FRUITS_FRAIS	.AUTOMNE	-INF	500.0000	500.0000	-19.8369
FRUITS_FRAIS	.HIVER	-INF	60.0000	60.0000	-18.1869

FIGURE 4.1 – Résultats optimaux pour l'achat des matières premières par saison

2. **Quel prix êtes vous prêts à payer en été pour louer de la capacité supplémentaire en surgélation auprès d'une société spécialisée dans le stockage de produits réfrigérés ?**

Selon le rapport donné par GAMS montré dans la figure 4.2, le prix que l'on est prêt à payer se trouve dans la colonne de valeur marginale qui représente le prix caché. Pour chaque litre de capacité supplémentaire, nous sommes

disposés à payer 8,19 € de plus. Il est à noter que l'été est la seule saison où l'on a atteint la capacité maximal de stockage. La même remarque que sur la question précédente est valable, cette valeur de 8,19€ peut changer si l'on augmente le membre de droite de l'équation 3.11. Il y a une quantité maximale de capacité de stockage que l'on peut louer en plus sans que cela ne change le prix caché.

```
---- EQU CAPASTOCK  Capacite de stockage
```

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
PRINTEMPS	-INF	853.6411	2000.0000	.
ETE	-INF	2000.0000	2000.0000	-8.1948
AUTOMNE	-INF	1901.2821	2000.0000	.
HIVER	-INF	.	2000.0000	.

FIGURE 4.2 – Résultats optimaux pour le stockage par saison

Chapitre 5

Conclusion

Ce mémoire avait comme but de calculer et d'optimiser le plan de production de la division "desserts glacés" d'une entreprise tout en minimisant les coûts totaux sur l'exercice d'un an. Ce coût était dépendant de plusieurs paramètres. D'abord la tendance saisonnière de la demande des deux desserts ainsi que l'offre variable des matières premières. Ensuite de la capacité de stockage et du prix. Finalement de la capacité de production dans les différents ateliers.

Le coût total minimum obtenu est de 428 099.31€ pour une année de production et peut se diviser en plusieurs domaines : Le coût d'achat des matières premières est de 9 550.65€, le coût de stockage est de 1 296.21€, le coût de la main d'oeuvre est de 345 158.33€ et le coût des licenciements et des embauches est de 72 094.11€. On peut remarquer que le coût de la main d'oeuvre est le plus important et représente 80.6% du coût total.

Vu la demande et l'offre fluctuante, la production a été anticipée principalement au printemps pour le "Délices du Cacao" pour subvenir aux besoins de l'été. Et elle a également été anticipée au niveau du "Délices du Verger" au printemps et en été afin de subvenir aux besoins de l'automne et de l'hiver. Ceci mène donc à un stockage principalement pendant le printemps pour le "Délice du Cacao" et au

printemps, été et automne pour le "Délice du Verger".

Le stockage étant maximal durant l'été, la question était de déterminer le prix maximal que l'on était prêt à payer pour de la capacité de stockage supplémentaire dans une entreprise spécialisée. Nous sommes prêts à payer 8.19€ de plus pour un litre de capacité de stockage supplémentaire.

L'offre de fruits frais étant utilisée au maximum durant l'automne et l'hiver, la question était de déterminer le prix que l'on était prêt à payer pour acheter des unités au delà des 500kg que l'on peut obtenir en automne. Nous sommes prêts à payer un maximum de 19.83€ pour que cela reste rentable.

Pour les deux questions d'analyse post-optimale, il faut noter que la valeur obtenue peut changer si la valeur du membre de droite des équations 3.11 et 3.6 augmente de trop. La valeur maximale exacte du membre de droite ne peut pas être déterminée avec le logiciel GAMS.

Références

- Arsham, H. (2015). *Deterministic modeling : Linear optimization with applications*. Consulté sur <http://home.ubalt.edu/ntsbarsh/opre640a/partviii.htm#rlp>
- De Wolf, D. (2019a). *Gestion de la production de desserts glacés. énoncé du mémoire proposé par daniel de wolf*.
- De Wolf, D. (2019b). *Introduction au langage gams*.
- Gams documentation center : Version 31*. (s. d.). Consulté sur <https://www.gams.com/latest/docs/>

Annexe A

Code GAMS

OPTION OPTCR = 0.0;

SETS

MP les matieres premieres /CHOCOLAT, FRUITS_FRAIS/
D les desserts /DELICES_DU_CACAO, DELICES_DU_VERGER/
T les saisons /HIVERO, PRINTEMPS, ETE, AUTOMNE, HIVER/
T1(T) les saisons /PRINTEMPS, ETE, AUTOMNE, HIVER/
A les ateliers de fabrication /CONFECTION, CONDITIONNEMENT/;

PARAMETERS

TABLE DEM(D,T) demande de dessert par saison (unites)

	PRINTEMPS	ETE	AUTOMNE	HIVER
DELICES_DU_CACAO	4500	7500	7000	6000
DELICES_DU_VERGER	2500	1500	5000	7000 ;

TABLE OFF(MP,T) Offre de matiere premiere par saison (kg)

	PRINTEMPS	ETE	AUTOMNE	HIVER
CHOCOLAT	INF	INF	INF	INF
FRUITS_FRAIS	1000	2000	500	60 ;

TABLE QI(D,MP) Quantite d ingredient necessaire par dessert (kg)

	CHOCOLAT	FRUITS_FRAIS
--	----------	--------------

DELICES_DU_CACAO	0.05	0	
DELICES_DU_VERGER	0	0.1	;

TABLE P(MP,T) Prix de la matiere premiere par saison (euros par kg)

	PRINTEMPS	ETE	AUTOMNE	HIVER
CHOCOLAT	6.5	6.5	6.5	6.5
FRUITS_FRAIS	1.5	1	2	4 ;

TABLE TF(D,A) Temps de fabrication par dessert pour chaque atelier (minutes par unite)

	CONFECTION	CONDITIONNEMENT
DELICES_DU_CACAO	30	10
DELICES_DU_VERGER	35	15 ;

PARAMETERS

CSMP(MP) Cout de stockage par kg de matiere premiere (euros par kg par saison)

/CHOCOLAT	0.1
FRUITS_FRAIS	0.35/

CSD(D) Cout de stockage par dessert (euros par unite par saison)

/DELICES_DU_CACAO	0.25
DELICES_DU_VERGER	0.25/

VMP(MP) Volume d une unite de matiere premiere (litres)

/CHOCOLAT	0
FRUITS_FRAIS	2.5/

VD(D) Volume d une unite de dessert (litres)

/DELICES_DU_CACAO	0.5
DELICES_DU_VERGER	0.6/

SIMP(MP) Stock initial de matiere premiere (kg)

/CHOCOLAT	120
FRUITS_FRAIS	50 /

SID(D) Stock initial de dessert (unites)

/DELICES_DU_CACAO	250
DELICES_DU_VERGER	350/

CH(A) Cout horaire par atelier (euros par heure)

/CONFECTION	12.5
CONDITIONNEMENT	9.5/

J(T) Jours ouvrables par saison (jours)
 /PRINTEMPS 60
 ETE 63
 AUTOMNE 57
 HIVER 60/
 PERSINIT(A) Nombre initial d ouvriers par atelier (personnes)
 /CONFECTION 30
 CONDITIONNEMENT 12/
 CENG(A) Cout d engagement par atelier (euros par personne)
 /CONFECTION 1000
 CONDITIONNEMENT 500 /
 CLIC(A) Cout de licenciement par atelier (euros par personne)
 /CONFECTION 2500
 CONDITIONNEMENT 1500/
 PERSMAX(A) Nombre maximum d ouvriers par atelier (personnes)
 /CONFECTION 52
 CONDITIONNEMENT 22/ ;

SCALAR CAPA Capacité du surgélateur (litres) /2000/ ;

VARIABLES

QMP(MP,T) Quantite de Matiere Premiere achetee par saison
 QD(D,T) Quantite de Desserts par saison
 SMP(MP,T) Stock de Matiere Premiere a la fin de la saison
 SD(D,T) Stock de Desserts a la fin de la saison
 NOUVR(A,T) Nombre d Ouvriers presents dans chaque atelier par saison
 EOUVR(A,T) Nombre d Embauches d ouvriers dans chaque atelier par saison
 LOUVR(A,T) Nombre de Licenciements d ouvriers dans chaque atelier par saison
 CAMP Cout d Achat des Matieres Premieres
 CSTOCK Cout de stockage
 CMO Cout de la Main d Oeuvre
 CLE Cout des Licenciements et des Engagements
 CT Cout Total ;

POSITIVE VARIABLE QMP, QD, SMP, SD, NOUVR, EOUVR, LOUVR, CAMP, CSTOCK, CMO, CLE;

EQUATIONS

COUTMP Cout d achat des matieres premieres
 COUTSTOCK Cout de stockage
 COUTMO Cout de la main d oeuvre
 COUTLE Cout de licenciement et d engagement
 COUT Cout total

 OFFRE(MP,T) Offre de matiere premiere non depassee
 INITSTOCKD(D) Initialisation des stocks de desserts
 INITSTOCKMP(MP) Initialisation des stocks de matiere premiere
 STOCKMP(MP,T) Stocks de matiere premiere
 STOCKD(D,T) Stocks de desserts
 OUVRINIT(A) Nombre d ouvriers initiaux
 OUVRMAX(A,T) Nombre maximum d ouvriers
 OUVRNBR(A,T) Nombre d ouvriers par atelier et par saison
 CAPASTOCK(T) Capacite de stockage
 HEURES(A,T) Heures disponibles non depassees ;

*Objectif

COUTMP .. CAMP =E= SUM(MP,SUM(T \$ T1(T),P(MP,T)*QMP(MP,T)));
 COUTSTOCK .. CSTOCK =E= SUM(MP,SUM(T \$ T1(T) ,SMP(MP,T)*CSMP(MP)))+SUM(D,SUM(T \$ T1(T),SD(D,T)*QD(D,T)));
 COUTMO .. CMO =E= SUM((A,T),CH(A)*NOUVR(A,T)*J(T)*8);
 COUTLE .. CLE =E= SUM(A,SUM(T \$ T1(T),CENG(A)*EOUVR(A,T)+CLIC(A)*LOUVR(A,T)));
 COUT .. CT =E= CAMP+CSTOCK+CMO+CLE;

*Contraintes

OFFRE(MP,T) \$(ORD(T) GT 1) .. QMP(MP,T) =L= OFF(MP,T);
 STOCKMP(MP,T) \$(ORD(T) GT 1) .. SMP(MP,T) =E= SMP(MP,T-1)+QMP(MP,T)-SUM((D),QI(D,MP)*QD(D,T));
 STOCKD(D,T) \$(ORD(T) GT 1) .. SD(D,T) =E= SD(D,T-1)+QD(D,T)-DEM(D,T);
 OUVRMAX(A,T) \$(ORD(T) GT 1) .. NOUVR(A,T) =L= PERSMAX(A);
 OUVRNBR(A,T) \$(ORD(T) GT 1) .. NOUVR(A,T) =E= NOUVR(A,T-1)+EOUVR(A,T)-LOUVR(A,T);
 CAPASTOCK(T) \$(ORD(T) GT 1) .. SUM((D),SD(D,T)*VD(D))+SUM((MP),SMP(MP,T)*VMP(MP))=L= CAP(T);

```
HEURES(A,T) $(ORD(T) GT 1) .. SUM((D),(TF(D,A)/60)*QD(D,T)) =E= J(T)*NOUVR(A,T)*8;
```

```
*Contraintes - Initialisations
```

```
INITSTOCKD(D) .. SD(D,"HIVERO") =E= SID(D);
```

```
INITSTOCKMP(MP) .. SMP(MP,"HIVERO") =E= SIMP(MP);
```

```
OUVRINIT(A) .. NOUVR(A,"HIVERO") =E= PERSINIT(A);
```

```
MODEL TFE /ALL/;
```

```
SOLVE TFE USING LP MINIMIZING CT;
```

Annexe B

Listing de résultats GAMS

(....)

IBM ILOG CPLEX 29.1.0 rbb4180b Released Nov 15, 2019 WEI x86 64bit/MS Window
Cplex 12.9.0.0

Space for names approximately 0.00 Mb

LP status(1): optimal

Cplex Time: 0.00sec (det. 0.16 ticks)

Optimal solution found.

Objective : 428099.306868

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- EQU COUTMP	.	.	.	1.0000
---- EQU COUTSTOCK	.	.	.	1.0000
---- EQU COUTMO	.	.	.	1.0000
---- EQU COUTLE	.	.	.	1.0000
---- EQU COUT	.	.	.	1.0000

COUTMP Cout d achat des matieres premieres
 COUTSTOCK Cout de stockage
 COUTMO Cout de la main d oeuvre
 COUTLE Coûts de licenciement et d engagement
 COUT Cout total

---- EQU OFFRE Offre de matiere premiere non depassee

		LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
CHOCOLAT	.PRINTEMPS	-INF	166.5854	+INF	.
CHOCOLAT	.ETE	-INF	300.9146	+INF	.
CHOCOLAT	.AUTOMNE	-INF	350.0000	+INF	.
CHOCOLAT	.HIVER	-INF	300.0000	+INF	.
FRUITS_FRAIS	.PRINTEMPS	-INF	183.7979	1000.0000	.
FRUITS_FRAIS	.ETE	-INF	771.2021	2000.0000	.
FRUITS_FRAIS	.AUTOMNE	-INF	500.0000	500.0000	-19.8369
FRUITS_FRAIS	.HIVER	-INF	60.0000	60.0000	-18.1869

---- EQU INITSTOCKD Initialisation des stocks de desserts

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
DELICES_DU_CACAO	250.0000	250.0000	250.0000	-5.9131
DELICES_DU_VERGER	350.0000	350.0000	350.0000	-7.0800

---- EQU INITSTOCKMP Initialisation des stocks de matiere premiere

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
CHOCOLAT	120.0000	120.0000	120.0000	-6.5000
FRUITS_FRAIS	50.0000	50.0000	50.0000	-1.5000

---- EQU STOCKMP Stocks de matiere premiere

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
CHOCOLAT .PRINTEMPS	.	.	.	-6.5000
CHOCOLAT .ETE	.	.	.	-6.5000
CHOCOLAT .AUTOMNE	.	.	.	-6.5000
CHOCOLAT .HIVER	.	.	.	-6.5000
FRUITS_FRAIS.PRINTEMPS	.	.	.	-1.5000
FRUITS_FRAIS.ETE	.	.	.	-1.0000
FRUITS_FRAIS.AUTOMNE	.	.	.	-21.8369
FRUITS_FRAIS.HIVER	.	.	.	-22.1869

---- EQU STOCKD Stocks de desserts

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
DELICES_DU_CACAO .PRINTEMPS	-4500.0000	-4500.0000	-4500.0000	-5.9131
DELICES_DU_CACAO .ETE	-7500.0000	-7500.0000	-7500.0000	-6.1631
DELICES_DU_CACAO .AUTOMNE	-7000.0000	-7000.0000	-7000.0000	-8.7125
DELICES_DU_CACAO .HIVER	-6000.0000	-6000.0000	-6000.0000	-8.8472
DELICES_DU_VERGER.PRINTEMPS	-2500.0000	-2500.0000	-2500.0000	-7.0800
DELICES_DU_VERGER.ETE	-1500.0000	-1500.0000	-1500.0000	-7.3300
DELICES_DU_VERGER.AUTOMNE	-5000.0000	-5000.0000	-5000.0000	-12.4969
DELICES_DU_VERGER.HIVER	-7000.0000	-7000.0000	-7000.0000	-12.7469

---- EQU OUVRINIT Nombre d ouvriers initiaux

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
CONFECTION	30.0000	30.0000	30.0000	2500.0000
CONDITIONNEMENT	12.0000	12.0000	12.0000	1500.0000

---- EQU OUVRMAX Nombre maximum d ouvriers

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
--	-------	-------	-------	----------

CONFECTION	.PRINTEMPS	-INF	8.8118	52.0000	.
CONFECTION	.ETE	-INF	8.8118	52.0000	.
CONFECTION	.AUTOMNE	-INF	13.7108	52.0000	.
CONFECTION	.HIVER	-INF	13.7108	52.0000	.
CONDITIONNEMENT	.PRINTEMPS	-INF	3.2079	22.0000	.
CONDITIONNEMENT	.ETE	-INF	3.2079	22.0000	.
CONDITIONNEMENT	.AUTOMNE	-INF	5.1451	22.0000	.
CONDITIONNEMENT	.HIVER	-INF	5.2808	22.0000	.

---- EQU OUVRNBR Nombre d ouvriers par atelier et par saison

		LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
CONFECTION	.PRINTEMPS	.	.	.	2500.0000
CONFECTION	.ETE	.	.	.	682.0488
CONFECTION	.AUTOMNE	.	.	.	-1000.0000
CONFECTION	.HIVER	.	.	.	-494.6139
CONDITIONNEMENT	.PRINTEMPS	.	.	.	1500.0000
CONDITIONNEMENT	.ETE	.	.	.	487.5122
CONDITIONNEMENT	.AUTOMNE	.	.	.	-500.0000
CONDITIONNEMENT	.HIVER	.	.	.	-500.0000

---- EQU CAPASTOCK Capacite de stockage

		LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
PRINTEMPS	-INF	853.6411	2000.0000	.	
ETE	-INF	2000.0000	2000.0000	-8.1948	
AUTOMNE	-INF	1901.2821	2000.0000	.	
HIVER	-INF	.	2000.0000	.	

---- EQU HEURES Heures disponibles non depassees

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
--	-------	-------	-------	----------

CONFECTION	.PRINTEMPS	.	.	.	-8.7126
CONFECTION	.ETE	.	.	.	-9.1626
CONFECTION	.AUTOMNE	.	.	.	-13.6083
CONFECTION	.HIVER	.	.	.	-13.5304
CONDITIONNEMENT	.PRINTEMPS	.	.	.	-7.3907
CONDITIONNEMENT	.ETE	.	.	.	-7.5407
CONDITIONNEMENT	.AUTOMNE	.	.	.	-9.5000
CONDITIONNEMENT	.HIVER	.	.	.	-10.5417

---- VAR QMP Quantite de Matiere Premiere achetee par saison

		LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
CHOCOLAT	.PRINTEMPS	.	166.5854	+INF	.
CHOCOLAT	.ETE	.	300.9146	+INF	.
CHOCOLAT	.AUTOMNE	.	350.0000	+INF	.
CHOCOLAT	.HIVER	.	300.0000	+INF	.
FRUITS_FRAIS	.PRINTEMPS	.	183.7979	+INF	.
FRUITS_FRAIS	.ETE	.	771.2021	+INF	.
FRUITS_FRAIS	.AUTOMNE	.	500.0000	+INF	.
FRUITS_FRAIS	.HIVER	.	60.0000	+INF	.

---- VAR QD Quantite de Desserts par saison

		LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
DELICES_DU_CACAO	.PRINTEMPS	.	5731.7073	+INF	.
DELICES_DU_CACAO	.ETE	.	6018.2927	+INF	.
DELICES_DU_CACAO	.AUTOMNE	.	7000.0000	+INF	.
DELICES_DU_CACAO	.HIVER	.	6000.0000	+INF	.
DELICES_DU_VERGER	.PRINTEMPS	.	2337.9791	+INF	.
DELICES_DU_VERGER	.ETE	.	2454.8780	+INF	.
DELICES_DU_VERGER	.AUTOMNE	.	4717.9487	+INF	.
DELICES_DU_VERGER	.HIVER	.	6139.1941	+INF	.

---- VAR SMP Stock de Matiere Premiere a la fin de la saison

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
CHOCOLAT .HIVERO	.	120.0000	+INF	.
CHOCOLAT .PRINTEMPS	.	.	+INF	0.1000
CHOCOLAT .ETE	.	.	+INF	0.1000
CHOCOLAT .AUTOMNE	.	.	+INF	0.1000
CHOCOLAT .HIVER	.	.	+INF	6.6000
FRUITS_FRAIS.HIVERO	.	50.0000	+INF	.
FRUITS_FRAIS.PRINTEMPS	.	.	+INF	0.8500
FRUITS_FRAIS.ETE	.	525.7143	+INF	.
FRUITS_FRAIS.AUTOMNE	.	553.9194	+INF	.
FRUITS_FRAIS.HIVER	.	.	+INF	22.5369

---- VAR SD Stock de Desserts a la fin de la saison

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
DELICES_DU_CACAO .HIVERO	.	250.0000	+INF	.
DELICES_DU_CACAO .PRINTEMPS	.	1481.7073	+INF	.
DELICES_DU_CACAO .ETE	.	.	+INF	1.7980
DELICES_DU_CACAO .AUTOMNE	.	.	+INF	0.1153
DELICES_DU_CACAO .HIVER	.	.	+INF	9.0972
DELICES_DU_VERGER.HIVERO	.	350.0000	+INF	.
DELICES_DU_VERGER.PRINTEMPS	.	187.9791	+INF	.
DELICES_DU_VERGER.ETE	.	1142.8571	+INF	.
DELICES_DU_VERGER.AUTOMNE	.	860.8059	+INF	.
DELICES_DU_VERGER.HIVER	.	.	+INF	12.9969

---- VAR NOUVR Nombre d Ouvriers presents dans chaque atelier par saison

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
CONFECTION .HIVERO	.	30.0000	+INF	.

CONFECTION	.PRINTEMPS	.	8.8118	+INF	.
CONFECTION	.ETE	.	8.8118	+INF	.
CONFECTION	.AUTOMNE	.	13.7108	+INF	.
CONFECTION	.HIVER	.	13.7108	+INF	.
CONDITIONNEMENT	.HIVERO	.	12.0000	+INF	.
CONDITIONNEMENT	.PRINTEMPS	.	3.2079	+INF	.
CONDITIONNEMENT	.ETE	.	3.2079	+INF	.
CONDITIONNEMENT	.AUTOMNE	.	5.1451	+INF	.
CONDITIONNEMENT	.HIVER	.	5.2808	+INF	.

---- VAR EOUVR Nombre d Embauches d ouvriers dans chaque atelier par saison

		LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
CONFECTION	.PRINTEMPS	.	.	+INF	3500.0000
CONFECTION	.ETE	.	.	+INF	1682.0488
CONFECTION	.AUTOMNE	.	4.8990	+INF	.
CONFECTION	.HIVER	.	.	+INF	505.3861
CONDITIONNEMENT	.PRINTEMPS	.	.	+INF	2000.0000
CONDITIONNEMENT	.ETE	.	.	+INF	987.5122
CONDITIONNEMENT	.AUTOMNE	.	1.9372	+INF	.
CONDITIONNEMENT	.HIVER	.	0.1358	+INF	.

---- VAR LOUVR Nombre de Licenciements d ouvriers dans chaque atelier par saison

		LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
CONFECTION	.PRINTEMPS	.	21.1882	+INF	.
CONFECTION	.ETE	.	.	+INF	1817.9512
CONFECTION	.AUTOMNE	.	.	+INF	3500.0000
CONFECTION	.HIVER	.	.	+INF	2994.6139
CONDITIONNEMENT	.PRINTEMPS	.	8.7921	+INF	.
CONDITIONNEMENT	.ETE	.	.	+INF	1012.4878
CONDITIONNEMENT	.AUTOMNE	.	.	+INF	2000.0000
CONDITIONNEMENT	.HIVER	.	.	+INF	2000.0000

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR CAMP	.	9550.6490	+INF	.
---- VAR CSTACK	.	1296.2091	+INF	.
---- VAR CMO	.	345158.3333	+INF	.
---- VAR CLE	.	72094.1154	+INF	.
---- VAR CT	-INF	428099.3069	+INF	.

CAMP Cout d Achat des Matieres Premieres

CSTACK Cout de stockage

CMO Cout de la Main d Oeuvre

CLE Cout des Licenciements et des Engagements

CT Cout Total