

Louvain School of Management

Gestion de la production de desserts glacés

Auteure : Séverine Moreau
Promoteur : Daniel De wolf
Année académique 2019-2020
Travail de fin d'études (TFE) en vue d'obtenir le titre de
Master (60) en Sciences de Gestion
Horaire de jour

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier mon promoteur, Monsieur Daniel De wolf, pour sa disponibilité tout au long de l'année et pour ces précieuses remarques dans l'élaboration et la rédaction de ce mémoire.

Je tiens également à remercier mes parents pour leurs multiples relectures et leur soutien.

Je remercie également Pierre pour son aide dans l'utilisation d'EXCEL et de L^AT_EX.

Pour terminer, je remercie mes amies, en particulier Jade, pour leur soutien tout au long de ce master complémentaire.

Table des matières

Remerciements	3
Introduction	7
Chapitre 1 - Données du problème	9
Section 1 - La demande	9
Section 2 - Les matières premières	9
Section 3 - Le stockage	9
Section 4 - Les temps de préparation et le personnel	11
Chapitre 2 - Formulation du problème	13
Section 1 - Choix des indices	13
Section 2 - Données du problème	13
Section 3 - Choix des variables de décisions	16
Section 4 - Expression de l'objectif	18
Section 5 - Expression des contraintes	18
Chapitre 3 - Résultats obtenus	21
Section 1 - Structure du problème	21
Section 2 - Présentation de la solution obtenue	21
Sous-section 1 - Valeurs des variables	21
Sous-section 2 - Plan optimal d'achat des ingrédients	21
Sous-section 3 - Plan optimal de production des desserts	25
Sous-section 4 - Plan optimal de stockage des matières premières	25
Sous-section 5 - Plan optimal de stockage des desserts	25
Sous-section 6 - Effectifs nécessaires par atelier	25
Sous-section 7 - Coût total minimum	27
Chapitre 4 - Analyse post-optimale	31
Section 1 - Question 1	31
Section 2 - Question 2	31
Conclusion	33
Annexe A - Enoncé	35
Annexe B - Listing EXCEL	47
Bibliographie	55

Introduction

La planification de la production consiste en la programmation à moyen terme de la production. En d'autres termes, on cherche à déterminer, à moyen terme, le niveau de production pour chacun des moyens productifs. En cas de coûts fixes de lancement de production, on utilisera la programmation dynamique qui traite les modèles quand une séquence optimale de décisions doit être prise.[3]

La planification de la production est un réel processus stratégique pour une entreprise, puisqu'il est indispensable de procéder à une bonne utilisation des ressources humaines et matérielles, tout en prenant en compte les contraintes internes et externes de l'entreprise. [2]

Ce mémoire présente la planification de la production de deux desserts glacés : les « Délices du Cacao » et les « Délices du Verger ». L'objectif est de déterminer le plan de production optimal pour une année. Pour se faire, nous allons déterminer l'achat des matières premières (chocolat et fruits frais), le plan de production de chaque dessert afin de satisfaire les demandes prévues, le plan de stockage, ainsi que le plan de licenciements et d'engagements en début de chaque trimestre. Le but étant de satisfaire la demande à un coût de production minimum.

Pour obtenir cette production, l'entreprise doit, dès lors, respecter deux principes fondamentaux : le respect de l'objectif recherché et le respect des contraintes. L'objectif recherché étant de minimiser le coût de production. Les contraintes englobent les contraintes techniques (par exemple : les capacités de production de l'entreprise) et organisationnelles (par exemple : le temps de travail, le nombre maximum d'ouvriers). [1]

Dans le cadre de ce mémoire, nous utilisons la programmation linéaire, afin de résoudre la fonction linéaire. Cette programmation permet de déterminer l'optimum tout en respectant les différentes contraintes. La résolution de cette programmation linéaire va permettre de déterminer la valeur des variables qui permet de rendre optimale la fonction objective. [1]

Dans un premier temps, nous allons présenter les données du problème, afin de pouvoir formuler analytiquement celui-ci. Nous utiliserons le Solveur d'EXCEL afin d'obtenir le plan de production. Ensuite, nous présenterons et analyserons les résultats obtenus. Pour terminer, nous procéderons à une analyse post-optimale sur base du listing EXCEL obtenu.

Chapitre 1 - Données du problème

Dans ce chapitre, nous reprenons les données du problème. Le plan de production doit être réalisé pour la section "Desserts glacés" d'une entreprise. Cette entreprise produit deux desserts, à savoir : les "Délices du Cacao" à base de chocolat et les "Délices du Verger" à base d'un assortiment de fruits frais. Les données de ce chapitre sont reprises de l'énoncé du mémoire en annexe A.

Section 1 - La demande

Le tableau 1 indique la demande des deux desserts glacés en fonction du trimestre. Nous pouvons constater que cette demande est assez marquée pour les "Délices du Verger" qui sont principalement achetés durant l'automne et l'hiver. En ce qui concerne les "Délices du Cacao", la demande paraît plus ou moins constante tout au long de l'année.

TABLE 1 – Demande des deux produits par trimestre

Demande par période	Printemps	Été	Automne	Hiver
Demande du "Délice du Cacao"	4500	7500	7000	6000
Demande du "Délice du Verger"	2500	1500	5000	7000

Section 2 - Les matières premières

Le tableau 2 donne l'offre maximum de chaque matière première et le prix de celle-ci en fonction du trimestre. Nous pouvons constater que l'offre de chocolat est illimitée et à un prix constant, alors que l'offre des fruits frais et leurs prix varient en fonction des saisons.

Le tableau 3 indique la quantité de matières premières nécessaire pour réaliser chacun des desserts.

Section 3 - Le stockage

Le tableau 4 indique le coût de stockage pour un trimestre des matières premières et des desserts encore en stock en fin de trimestre. Le chocolat est stocké dans un entrepôt, alors que les fruits frais sont stockés dans un surgélateur.

TABLE 2 – Offre et prix des matières premières par trimestre

Offre et prix des matières premières par période	Printemps	Été	Automne	Hiver
Offre de chocolat (kg)	illimitée	illimitée	illimitée	illimitée
Offre des fruits frais (kg)	1000	2000	500	60
Prix du chocolat (€/kg)	6,5	6,5	6,5	6,5
Prix des fruits frais (€/kg)	1,5	1	2	4

TABLE 3 – Quantité d'ingrédients nécessaires par produit

Quantité d'ingrédient	(Kg par dessert)
Chocolat par "Délice du Cacao"	0,05
Fruits par "Délice du Verger"	0,1

TABLE 4 – Coûts de stockage des matières premières et des produits

Coût de stockage	(€/trim.)
- du kg de chocolat	0,10
- du kg de fruits frais	0,35
- du "Délice du Cacao"	0,25
- du "Délice du Verger"	0,25

Le tableau 5 donne le volume que prennent les fruits frais et les desserts dans le surgélateur. Celui-ci a une capacité de 2000 litres.

TABLE 5 – Volume des fruits frais et des produits

Volume	(en litres)
- d'un kg de fruits frais	2,5
- d'un "Délice du Cacao"	0,5
- d'un "Délice du Verger"	0,6

Le tableau 6 indique les stocks initiaux de matières premières et de desserts glacés.

TABLE 6 – Stock initial de matières premières et de produits

Stock initial	
- de chocolat	120 kg
- de fruits frais	50 kg
- du "Délice du Cacao"	250 unités
- du "Délice du Verger"	350 unités

Section 4 - Les temps de préparation et le personnel

Le tableau 7 donne le temps de préparation de chaque dessert. La préparation d'un dessert se fait en deux étapes successives : d'abord le passage par l'atelier de fabrication où le personnel est hautement qualifié, ensuite le passage par l'atelier de conditionnement où le personnel est moyennement qualifié. Étant donné cette différence de qualification, le personnel de l'atelier de fabrication est rémunéré 12,50€ de l'heure et le personnel de l'atelier de conditionnement est rémunéré 9,50€ de l'heure.

TABLE 7 – Temps dans les ateliers pour chaque produit

Temps en minutes pour	La fabrication	Le conditionnement
- du "Délice du Cacao"	30	10
- du "Délice du Verger"	35	15

En ce qui concerne le personnel, il y a 30 ouvriers au départ en fabrication et 12 ouvriers au conditionnement. Au maximum, il peut y avoir 52 ouvriers à la fabrication et 22 ouvriers au conditionnement.

L'ingénieur de production peut procéder à des engagements en début de trimestre moyennant un coût dépendant de la qualification de l'ouvrier. Il peut également procéder à des licenciements en début de trimestre moyennant un coût dépendant de la qualification de l'ouvrier. Ces coûts sont donnés au tableau 8.

TABLE 8 – Coûts d'engagement et de licenciement par atelier

Atelier	Fabrication	Conditionnement
Coût d'engagement	1000€	500€
Coût de licenciement	2500€	1500€

Le tableau 9 indique le nombre de jours ouvrables par trimestre. On suppose qu'un ouvrier travaille huit heures par jour ouvrable.

TABLE 9 – Nombre de jours ouvrables par trimestre

Jours ouvrables par période	Printemps	Été	Automne	Hiver
Jours ouvrables	60	63	57	60

Chapitre 2 - Formulation du problème

Nous formulons ce problème comme un problème linéaire. Par conséquent, il est nécessaire de procéder par étapes. La première étape consiste à identifier les variables, définir les contraintes et la fonction objective. La deuxième étape consiste à les exprimer sous forme de fonctions linéaires. Ce chapitre reprend la formulation du problème.

Section 1 - Choix des indices

Nous retrouvons quatre indices pour ce problème.

- t = les périodes : printemps, été, automne et hiver (1, 2, 3, 4)
- m = les matières premières : chocolat et fruits frais (c et f)
- p = les produits : Délice du Cacao et Délice du Verger (dc et dv)
- a = les ateliers : fabrication et conditionnement (fa et co)

Section 2 - Données du problème

Nous indiquerons la demande des produits au moyen des paramètres suivants :

- $D_{dc,t}$ = demande de Délice du Cacao en période t
 $\forall t = 1, 2, 3, 4$
- $D_{dv,t}$ = demande de Délice du Verger en période t
 $\forall t = 1, 2, 3, 4$

En général : $D_{p,t}$ = demande du produit p en période t
 $\forall p = dc \text{ et } dv; \forall t = 1, 2, 3, 4$

Nous indiquerons l'offre de matières premières par le paramètre :

- $OF_{m,t}$ = offre de fruits frais à la période t
 $\forall m = f; \forall t = 1, 2, 3, 4$
- A noter que l'offre de chocolat est illimitée pour chaque trimestre.

Nous indiquerons le prix des matières premières au moyen des paramètres suivants :

- $P_{c,t}$ = prix du chocolat à la période t
 $\forall t = 1, 2, 3, 4$
- $P_{f,t}$ = prix des fruits frais à la période t
 $\forall t = 1, 2, 3, 4$

En général : $P_{m,t}$ = prix de la matière première m à la période t
 $\forall m = c \text{ et } f; \forall t = 1, 2, 3, 4$

Nous indiquerons le stock initial de desserts glacés au moyen des paramètres suivants :

- SIP_{dc} = stock initial de Délice du Cacao
- SIP_{dv} = stock initial de Délice du Verger

En général : SIP_p = stock initial du produit p
 $\forall p = dc \text{ et } dv$

Nous indiquerons le stock initial de matières premières au moyen des paramètres suivants :

- SIM_c = stock initial de chocolat
- SIM_f = stock initial de fruits frais

En général : SIM_m = stock initial de la matière première m
 $\forall m = c \text{ et } f$

Nous indiquerons le temps dans chaque atelier pour chaque produit au moyen des paramètres suivants :

- $T_{dc,fa}$ = temps de fabrication d'un Délice du Cacao
- $T_{dc,co}$ = temps de conditionnement d'un Délice du Cacao
- $T_{dv,fa}$ = temps de fabrication d'un Délice du Verger
- $T_{dv,co}$ = temps de conditionnement d'un Délice du Verger

En général : $T_{p,a}$ = temps en atelier du produit p
 $\forall p = dc \text{ et } dv ; \forall a = fa \text{ et } co$

Nous indiquerons la quantité de matières premières nécessaires pour chaque dessert glacé au moyen des paramètres suivants :

- $Q_{c,dc}$ = quantité de chocolat nécessaire à la fabrication d'un Délice du Cacao
- $Q_{f,dv}$ = quantité de fruits frais nécessaire à la fabrication d'un Délice du Verger

En général : $Q_{m,p}$ = quantité de matière première m nécessaire à la fabrication du produit p
 $\forall m = c \text{ et } f ; \forall p = dc \text{ et } dv$

Nous indiquerons le coût horaire dans les ateliers au moyen des paramètres suivants :

- CH_{fa} = coût horaire de la fabrication
- CH_{co} = coût horaire du conditionnement

En général : CH_a = coût horaire en atelier
 $\forall a = fa \text{ et } co$

Nous indiquerons le volume que prend un kg de fruits frais dans le surgélateur au moyen des paramètres suivants :

- $VM_{f,t}$ = volume d'un kilo de fruits frais dans le surgélateur à la période t
 $\forall t = 1, 2, 3, 4$

Nous indiquerons le volume que prend chaque type de produits dans le surgélateur au moyen des paramètres suivants :

- $VP_{dc,t}$ = volume d'un Délice du Cacao dans le surgélateur à la période t
 $\forall t = 1, 2, 3, 4$
- $VP_{dv,t}$ = volume d'un Délice du Verger dans le surgélateur à la période t
 $\forall t = 1, 2, 3, 4$

En général : $VP_{p,t}$ = volume du produit p dans le surgélateur à la période t
 $\forall p = dc \text{ et } dv ; \forall t = 1, 2, 3, 4$

Nous indiquerons le coût de stockage des matières premières au moyen des paramètres suivants :

— $CSM_{c,t}$ = coût de stockage du chocolat à la période t

$\forall t = 1, 2, 3, 4$

— $CSM_{f,t}$ = coût de stockage des fruits frais à la période t

$\forall t = 1, 2, 3, 4$

En général : $CSM_{m,t}$ = coût de stockage de la matière première m à la période t

$\forall m = c \text{ et } f; \forall t = 1, 2, 3, 4$

Nous indiquerons le coût de stockage des desserts glacés au moyen des paramètres suivants :

— $CSP_{dc,t}$ = coût de stockage d'un Délice du Cacao à la période t

$\forall t = 1, 2, 3, 4$

— $CSP_{dv,t}$ = coût de stockage d'un Délice du Verger à la période t

$\forall t = 1, 2, 3, 4$

En général : $CSP_{p,t}$ = coût de stockage du produit p à la période t

$\forall p = dc \text{ et } dv; \forall t = 1, 2, 3, 4$

Nous indiquerons le nombre de jours ouvrables à chaque trimestre au moyen des paramètres suivants :

— JO_t = jours ouvrables à la période t

$\forall t = 1, 2, 3, 4$

Nous indiquerons le nombre initial d'ouvriers dans les ateliers au moyen des paramètres suivants :

— OI_{fa} = nombre initial d'ouvriers à la fabrication

— OI_{co} = nombre initial d'ouvriers au conditionnement

En général : OI_a = nombre initial d'ouvriers dans l'atelier a

$\forall a = fa \text{ et } co$

Nous indiquerons le nombre maximum d'ouvriers dans les ateliers au moyen des paramètres suivants :

— MO_{fa} = nombre d'ouvriers maximum à la fabrication

— MO_{co} = nombre d'ouvriers maximum au conditionnement

En général : MO_a = nombre d'ouvriers maximum dans l'atelier a

$\forall a = fa \text{ et } co$

Nous indiquerons le coût d'engagement des ouvriers en fonction de leur qualification au moyen des paramètres suivants :

— $CE_{fa,t}$ = coût d'engagement d'un ouvrier à la fabrication à la période t

$\forall t = 1, 2, 3, 4$

— $CE_{co,t}$ = coût d'engagement d'un ouvrier au conditionnement à la période t

$\forall t = 1, 2, 3, 4$

En général : $CE_{a,t}$ = coût d'engagement d'un ouvrier dans l'atelier a
 $\forall a = fa \text{ et } co; \forall t = 1, 2, 3, 4$

Nous indiquerons le coût de licenciement des ouvriers en fonction de leur qualification au moyen des paramètres suivants :

- $CL_{fa,t}$ = coût de licenciement d'un ouvrier à la fabrication à la période t
 $\forall t = 1, 2, 3, 4$
- $CL_{co,t}$ = coût de licenciement d'un ouvrier au conditionnement à la période t
 $\forall t = 1, 2, 3, 4$

En général : $CL_{a,t}$ = coût de licenciement d'un ouvrier dans l'atelier a
 $\forall a = fa \text{ et } co; \forall t = 1, 2, 3, 4$

Section 3 - Choix des variables de décisions

Nous indiquerons la production des desserts glacés au moyen des paramètres suivants :

- $Prod_{dc,t}$ = production du Délice du Cacao à la période t
 $\forall t = 1, 2, 3, 4$
- $Prod_{dv,t}$ = production du Délice du Verger à la période t
 $\forall t = 1, 2, 3, 4$

En général : $Prod_{p,t}$ = production du produit p à la période t
 $\forall p = dc \text{ et } dv; \forall t = 1, 2, 3, 4$

Nous indiquerons l'achat des matières premières au moyen des paramètres suivants :

- $Ach_{c,t}$ = achat de chocolat à la période t
 $\forall t = 1, 2, 3, 4$
- $Ach_{f,t}$ = achat de fruits frais à la période t
 $\forall t = 1, 2, 3, 4$

En général : $Ach_{m,t}$ = achat de matière première m à la période t
 $\forall m = c \text{ et } f; \forall t = 1, 2, 3, 4$

Nous indiquerons le nombre d'heures travaillées dans les ateliers au moyen des paramètres suivants :

- $H_{fa,t}$ = nombre d'heures travaillées à la fabrication à la période t
 $\forall t = 1, 2, 3, 4$
- $H_{co,t}$ = nombre d'heures travaillées au conditionnement à la période t
 $\forall t = 1, 2, 3, 4$

En général : $H_{a,t}$ = nombre d'heures travaillées dans l'atelier a à la période t
 $\forall a = fa \text{ et } co; \forall t = 1, 2, 3, 4$

Nous indiquerons le nombre d'ouvriers dans les ateliers au moyen des paramètres suivants :

- $O_{fa,t}$ = nombre d'ouvriers en fabrication à la période t
 $\forall t = 1, 2, 3, 4$

- $O_{co,t}$ = nombre d'ouvriers au conditionnement à la période t
 $\forall t = 1, 2, 3, 4$

En général : $O_{a,t}$ = nombre d'ouvriers dans l'atelier a à la période t
 $\forall a = fa \text{ et } co; \forall t = 1, 2, 3, 4$

Nous indiquerons le nombre d'ouvriers engagés dans les ateliers au moyen des paramètres suivants :

- $E_{fa,t}$ = engagement d'ouvriers en fabrication à la période t
 $\forall t = 1, 2, 3, 4$
- $E_{co,t}$ = engagement d'ouvriers au conditionnement à la période t
 $\forall t = 1, 2, 3, 4$

En général : $E_{a,t}$ = engagement d'ouvriers dans l'atelier a à la période t
 $\forall a = fa \text{ et } co; \forall t = 1, 2, 3, 4$

Nous indiquerons le nombre d'ouvriers licenciés dans les ateliers au moyen des paramètres suivants :

- $L_{fa,t}$ = licenciement d'ouvriers en fabrication à la période t
 $\forall t = 1, 2, 3, 4$
- $L_{co,t}$ = licenciement d'ouvriers au conditionnement à la période t
 $\forall t = 1, 2, 3, 4$

En général : $L_{a,t}$ = licenciement d'ouvriers dans l'atelier a à la période t
 $\forall a = fa \text{ et } co; \forall t = 1, 2, 3, 4$

Nous indiquerons le stock des desserts glacés au moyen des paramètres suivants :

- $SP_{dc,t}$ = stock de Délice du Cacao à la période t
 $\forall t = 0, 1, 2, 3, 4$
- $SP_{dv,t}$ = stock de Délice du Verger à la période t
 $\forall t = 0, 1, 2, 3, 4$

En général : $SP_{p,t}$ = stock du produit p à la période t
 $\forall p = dc \text{ et } dv; \forall t = 0, 1, 2, 3, 4$

Nous indiquerons le stock des matières premières au moyen des paramètres suivants :

- $SM_{c,t}$ = stock de chocolat à la période t
 $\forall t = 0, 1, 2, 3, 4$
- $SM_{f,t}$ = stock de fruits frais à la période t
 $\forall t = 0, 1, 2, 3, 4$

En général : $SM_{m,t}$ = stock de matière première m à la période t
 $\forall m = c \text{ et } f; \forall t = 0, 1, 2, 3, 4$

Nous indiquerons le coût d'achat des matières premières au moyen des paramètres suivants :

- CMP_t = coût total des matières premières à la période t
 $\forall t = 1, 2, 3, 4$

Nous indiquerons le coût de stockage au moyen des paramètres suivants :

- CS_t = coût total de stockage à la période t
 $\forall t = 0, 1, 2, 3, 4$

Nous indiquerons le coût de main d'oeuvre au moyen des paramètres suivants :

- CMO_t : coût total de la main d'oeuvre à la période t
 $\forall t = 0, 1, 2, 3, 4$

Nous indiquerons les coûts totaux de licenciement et d'engagement au moyen des paramètres suivants :

- CEL_t = coût total des engagements et des licenciements à la période t
 $\forall t = 0, 1, 2, 3, 4$

Section 4 - Expression de l'objectif

$$\text{Min} \sum_{t=1}^4 (CMP_t + CS_t + CMO_t + CEL_t)$$

$$CMP_t = \sum_m Ach_{m,t} \cdot P_{m,t} \quad (1)$$

$$CS_t = \sum_p SP_{p,t} \cdot CSP_{p,t} + \sum_m SM_{m,t} \cdot CSM_{m,t} \quad (2)$$

$$CMO_t = \sum_a H_{a,t} \cdot CH_{a,t} \quad (3)$$

$$CEL_t = \sum_a E_{a,t} \cdot CE_{a,t} + \sum_a L_{a,t} \cdot CL_{a,t} \quad (4)$$

Section 5 - Expression des contraintes

Mise à jour du stock de produits après chaque période

$$SP_{dc,t} = SP_{dc,t-1} - D_{dc,t} + Prod_{dc}, \quad (5)$$

$$SP_{dv,t} = SP_{dv,t-1} - D_{dv,t} + Prod_{dv,t} \quad (6)$$

$$\forall p : SP_{p,0} = SIP_p$$

Observer l'offre de matières premières

$$Ach_{m,t} \leq OF_{m,t} \quad (7)$$

Mise à jour du stock de matières premières après chaque période

$$SM_{m,t} = SM_{m,t-1} + Ach_{m,t} - Prod_{p,t}Q_{m,t} \quad (8)$$

Observer la capacité du surgélateur

$$SM_{f,t} \cdot VM_{f,t} + SP_{dc,t} \cdot VP_{dc} + SP_{dv,t} \cdot VP_{dv} \leq 2000 \quad (9)$$

Observer le temps de fabrication et de conditionnement des produits

$$H_{a,t} = \sum_p Prod_{p,t} \cdot T_{p,a} \quad (10)$$

Observer le temps de travail des ouvriers

$$H_{a,t} = JO_t \cdot 8 \cdot O_{a,t} \quad (11)$$

Mise à jour du nombre d'ouvriers après chaque période

$$O_{a,t} = O_{a,t-1} - L_{a,t} + E_{a,t} \quad (12)$$

Observer le nombre d'ouvriers maximum dans les ateliers

$$O_{a,t} \leq MO_{a,t} \quad (13)$$

Contraintes de positivité

$$Prod_{p,t}, Ach_{m,t}, H_{a,t}, O_{a,t}, E_{a,t}, L_{a,t}, SP_{p,t}, SM_{m,t}, CMP_t, CS_t, CMO_t, CEL_t \geq 0 \quad (14)$$

Chapitre 3 - Résultats obtenus

Dans ce chapitre, nous identifions dans un premier temps la structure du problème. Ensuite, nous présentons les résultats obtenus. Les résultats ont été obtenus grâce au Solveur d'EXCEL en annexe B.

Section 1 - Structure du problème

Dans le cadre de ce mémoire, nous avons traduit le modèle en EXCEL. Nous avons utilisé le Solveur d'EXCEL afin de déterminer le plan optimal de production. Nous avons résolu ce problème comme un problème linéaire. En effet, cette planification de production est un problème linéaire "parce que les contraintes et les bénéfices dépendent linéairement des variables". [4] L'algorithme de résolution que nous avons choisi est le "Simplex PL" étant donné que cet algorithme est destiné aux problèmes linéaires. [3]

Section 2 - Présentation de la solution obtenue

Dans cette section, nous présentons la solution obtenue grâce au Solveur d'EXCEL. Nous avons décidé de commenter et d'analyser cette solution sous la forme de graphiques afin que cela soit clair et concis.

Sous-section 1 - Valeurs des variables

Le tableau 10 présente les valeurs des variables pour chaque trimestre.

Sous-section 2 - Plan optimal d'achat des ingrédients

La figure 1 présente l'achat de chocolat à chaque trimestre.

Nous avons décidé de présenter cet histogramme de la production et de la demande des Délices du Cacao (figure 2) afin de pouvoir analyser le plan optimal d'achat de chocolat. Nous constatons en effet qu'en automne et en hiver, l'achat de chocolat correspond exactement à la quantité nécessaire pour produire la demande du Délice du Cacao. En ce qui concerne le printemps et l'été, nous pouvons constater que l'achat correspond également à la quantité nécessaire pour produire la demande qui n'a pas pu être satisfaite grâce aux desserts et aux matières premières déjà en stock.

La figure 3 présente l'achat de fruits frais à chaque trimestre.

Nous constatons grâce au graphique de la figure 4 que la demande de Délice du Verger est plus forte en hiver. Cette période correspond à une baisse de l'offre de fruits frais. Par conséquent, il est indispensable d'acheter des fruits frais en été afin de les stocker et de pouvoir satisfaire la demande en hiver.

Quantité	Printemps	Ete	Automne	Hiver
Achats de chocolat	166,59	300,91	350	300
Achats de fruits frais	183,80	771,20	500	60
Production de Délice du Cacao	5731,71	6018,29	7000	6000
Production de Délice du Verger	2337,98	2454,88	4717,94	6139,19
Engagements en fabrication	0	0	4,90	0
Engagements en conditionnement	0	0	1,94	0
Licenciements en fabrication	21,19	0	0	0
Licenciements en conditionnement	8,79	0	0	0
Coût total des engagements et licenciements (€)	66158,63	0	5867,60	67,88
Coût d'achat de chocolat (€)	1082,83	1955,92	2275	1950
Coût d'achat des fruits (€)	275,70	771,20	1000	240
Coût d'achat total (€)	1358,50	2727,15	3275	2190
Stock de chocolat	0	0	0	0
Stock de fruits frais	0	525,71	553,92	0
Stock de Délice du Cacao	1481,71	0	0	0
Stock de Délice du Verger	187,98	1142,86	860,81	0
Coût total de stockage (€)	417,42	469,71	409,07	0
Ouvriers en fabrication	8,81	8,81	13,71	13,71
Ouvriers en conditionnement	3,21	3,21	5,15	5,28
Coût total de la main d'oeuvre (€)	67498,84	70873,78	100440,71	106345,54

TABLE 10 – Valeurs des variables

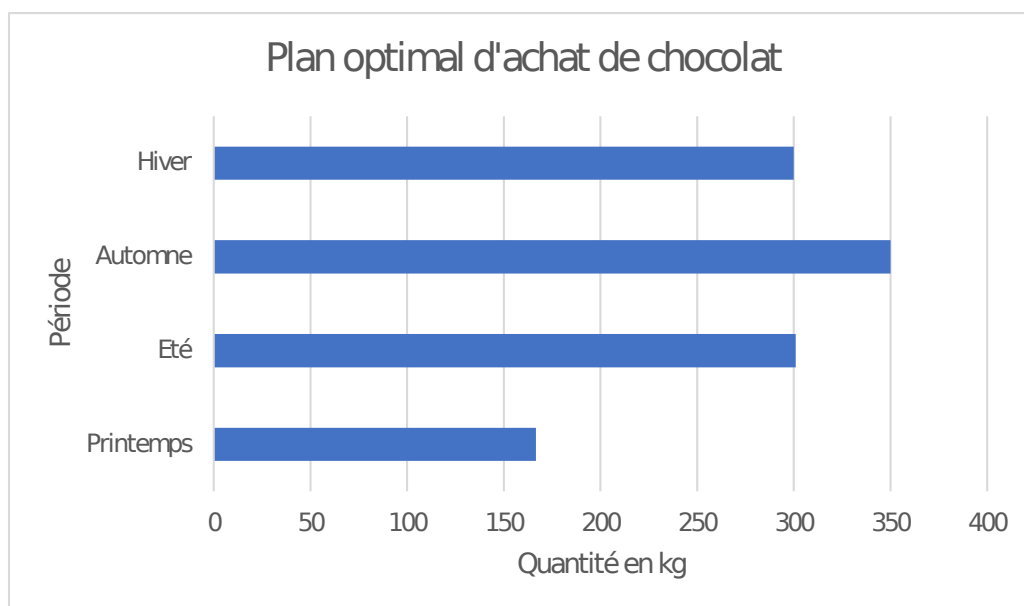


FIGURE 1 – Représentation du plan optimal d'achat de chocolat

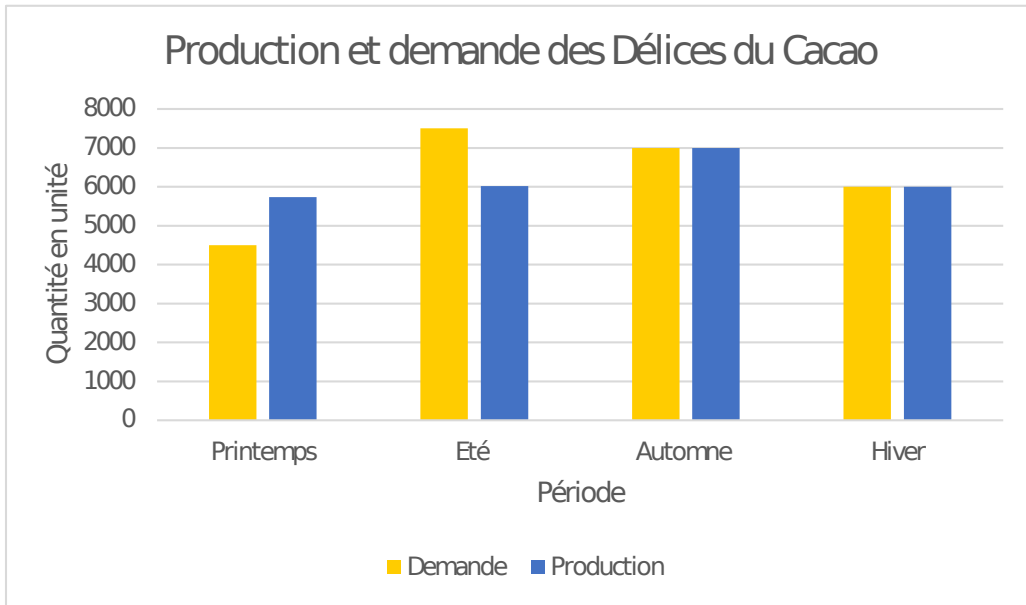


FIGURE 2 – Représentation graphique de la production et la demande des Délices du Cacao

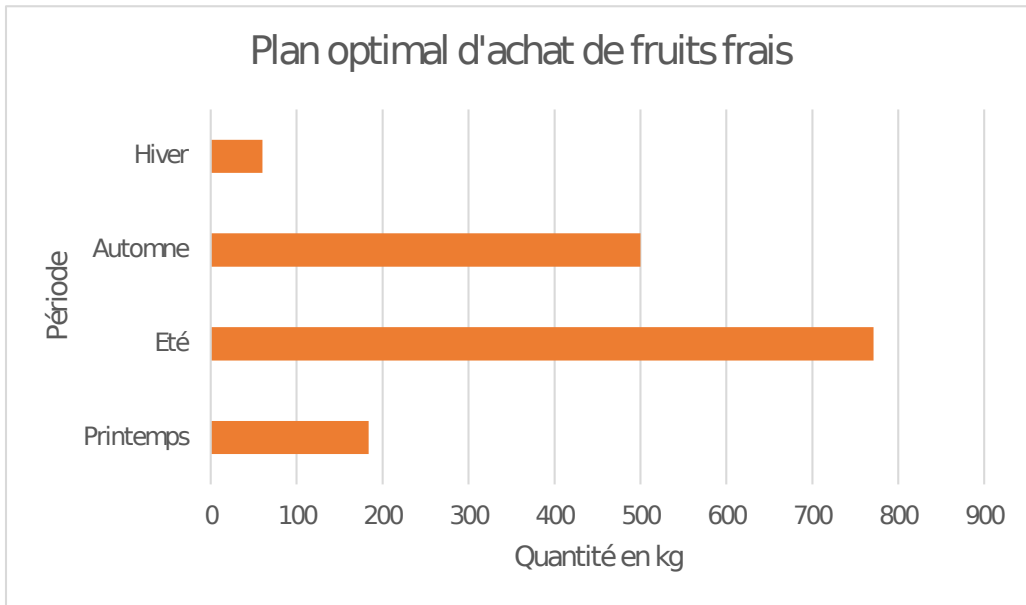


FIGURE 3 – Représentation graphique du plan optimal d'achat de fruits frais

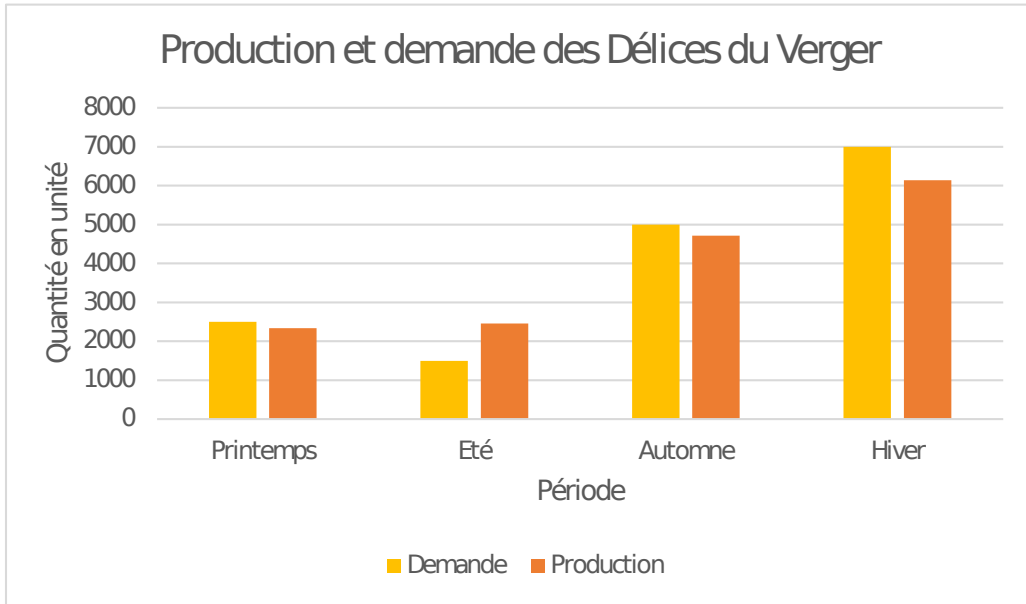


FIGURE 4 – Représentation graphique de la production et de la demande des Délices du Verger

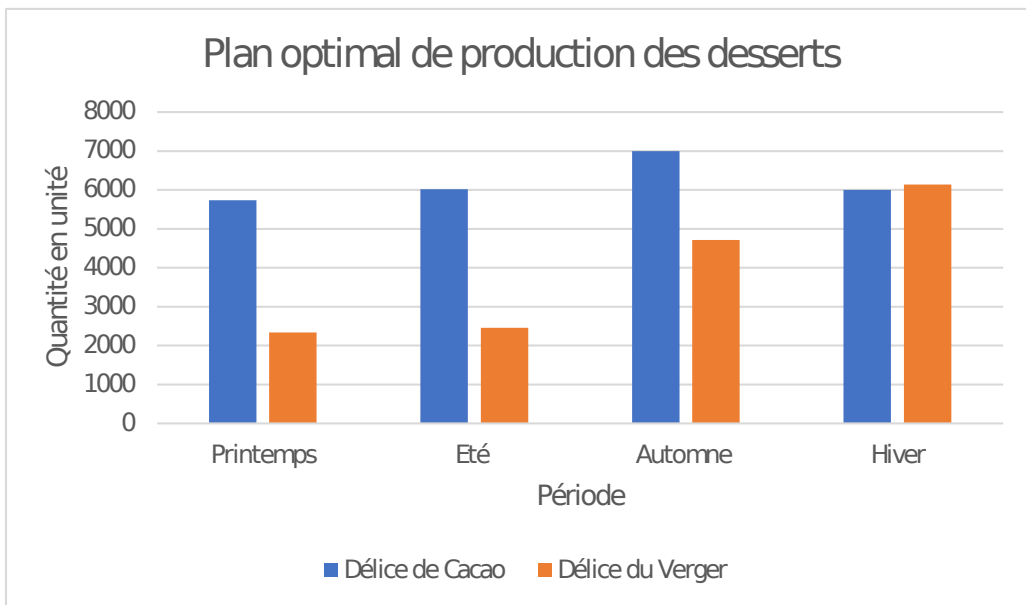


FIGURE 5 – Représentation graphique du plan optimal de production des deux desserts glacés

Sous-section 3 - Plan optimal de production des desserts

Le graphique à la figure 5 représente le plan optimal de production des Délices du Cacao et des Délices du Verger.

Nous pouvons également mettre en relation ce graphique avec les graphiques de production et demande des desserts (figures 2 et 4).

En effet, nous pouvons constater, en ce qui concerne les Délices du Cacao, qu'en automne et en hiver, la production est parfaitement égale à la demande. En ce qui concerne le printemps, nous constatons que la production est supérieure à la demande. Pour ce qui est de l'été, nous pouvons voir que la production est inférieure à la demande.

En ce qui concerne les Délices du Verger, nous constatons que la demande est supérieure à la production au printemps, en automne et en hiver. Cela ne signifie pas qu'il n'ait pas été possible de satisfaire la demande, mais bien que les stocks de Délices du Verger et de fruit frais permettent de combler la différence.

Sous-section 4 - Plan optimal de stockage des matières premières

Le graphique de la figure 6 présente le plan optimal de stockage du chocolat et des fruits frais.

Pour ce qui est du chocolat, nous constatons que le plan optimal pour l'année à venir ne prévoit pas de stockage. En effet, l'offre de chocolat est illimitée et son prix est constant, ceci explique pourquoi il n'y a pas de stockage.

En ce qui concerne les fruits frais, nous avons conclu par l'analyse du plan optimal d'achat de fruits frais qu'il était nécessaire d'acheter plus en été pour satisfaire la demande en hiver. C'est pourquoi, nous retrouvons des fruits frais en stock en été et en automne. Ce stock correspond exactement à la quantité nécessaire à produire pour satisfaire la demande d'hiver.

Sous-section 5 - Plan optimal de stockage des desserts

La figure 7 présente le plan optimal de stockage des Délices du Cacao et du Verger.

La quantité de Délices du Cacao en stock permet exactement de combler la différence entre la production et la demande pour ce produit en été.

Comme nous l'avons déjà constaté, il est primordial de produire des Délices du Verger avant l'hiver, étant donné qu'à cette période, la demande pour ce dessert est très forte et l'offre de fruits frais très faible.

Sous-section 6 - Effectifs nécessaires par atelier

La figure 8 présente le nombre d'ouvriers à la fabrication et au conditionnement.

Nous avons décidé d'inclure le nombre d'ouvriers initiaux dans chaque atelier dans le graphique pour montrer que lors du premier trimestre, le plan optimal indique qu'il faut licencier environ 21 ouvriers de l'atelier fabrication et environ 9 ouvriers de l'atelier conditionnement.

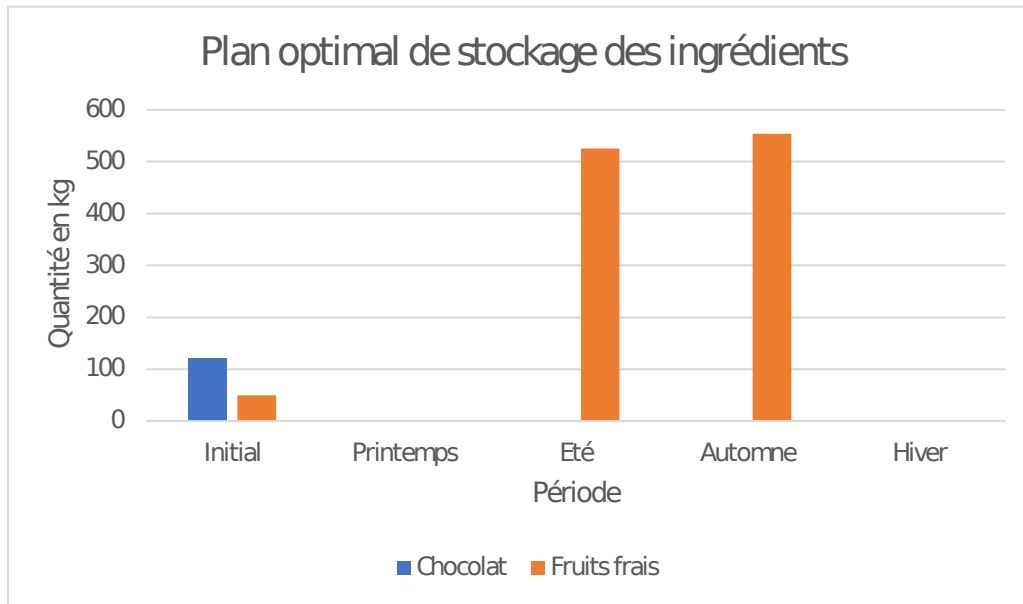


FIGURE 6 – Représentation graphique du plan optimal de stockage des matières premières

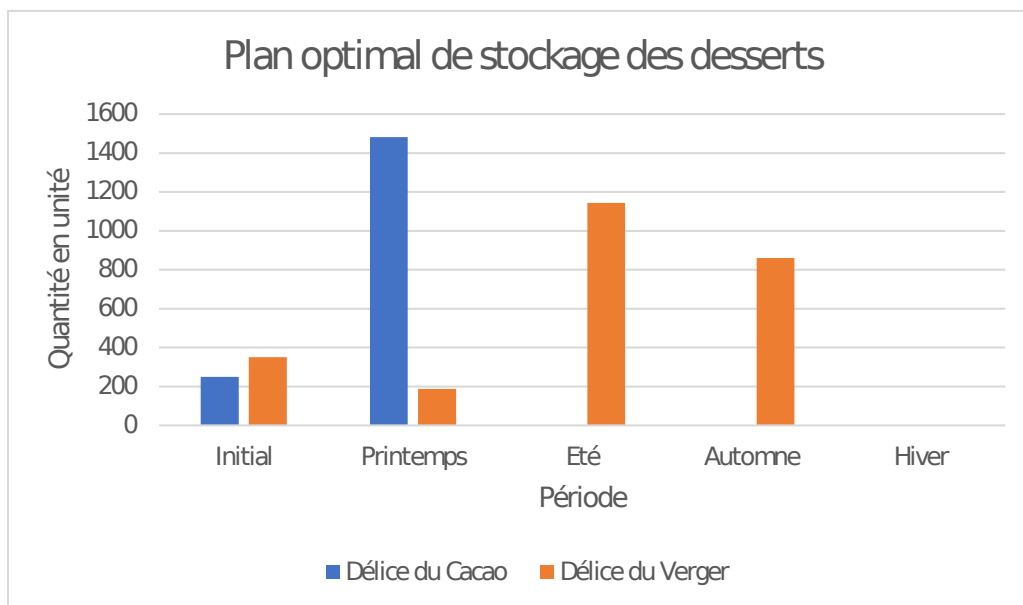


FIGURE 7 – Représentation graphique du plan optimal de stockage des deux desserts glacés

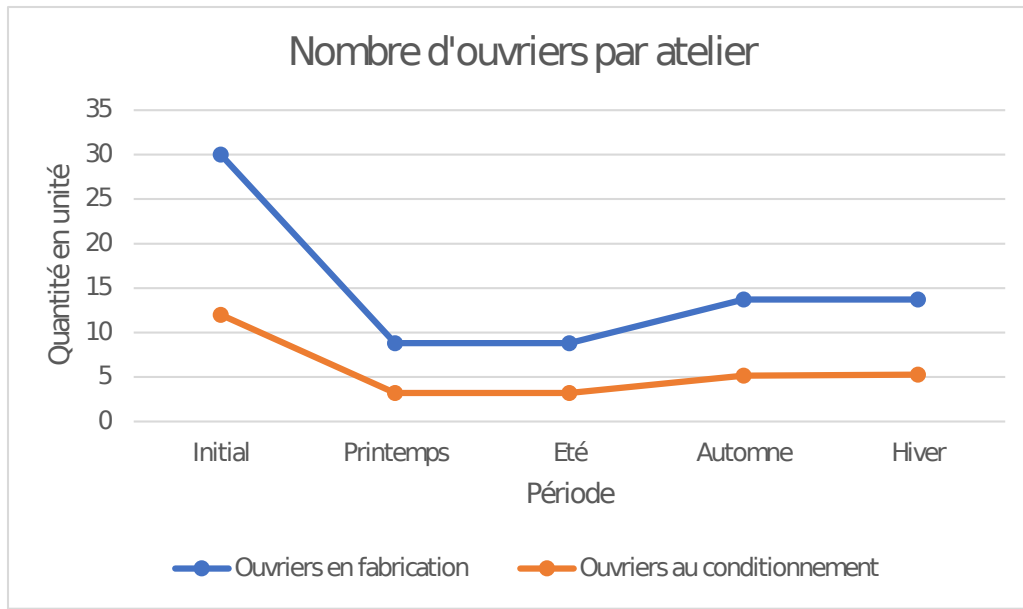


FIGURE 8 – Représentation graphique des effectifs nécessaires pour assurer le plan optimal de production

L'augmentation du nombre d'ouvriers en automne peut être expliquée par l'augmentation de la demande en Délice du Verger. En effet, la demande d'été va plus que tripler en automne.

Nous pouvons également noter que le nombre maximum d'ouvriers dans les ateliers n'est jamais atteint.

Sous-section 7 - Coût total minimum

Nous avons décidé de présenter le coût total minimum obtenu après avoir présenté et analysé le plan optimal d'achat, de production, de stockage, de licenciement et d'engagement.

Nous avons choisi un graphique en secteur (figure 9) afin de présenter l'importance des différents coûts dans le coût total. Le coût total est de 428 099,31 €. Les coûts de stockage représentent 0,30%, les coûts de matières premières représentent 2,23%, les coûts d'engagement et de licenciement représentent 16,84% alors que la main d'oeuvre représente 80,63% du coût total.

A l'aide du graphique de la figure 10, nous analysons les origines des coûts par période. Nous pouvons voir que les coûts d'engagement et de licenciement représentent un important montant au printemps. En effet, comme nous l'avons analysé dans la sous-section Effectifs nécessaires par atelier, au début du printemps nous procédons à un licenciement d'environ 30 ouvriers. Nous retrouvons des coûts d'engagement et de licenciement en automne et en hiver. En effet, nous avons constaté que pour ces deux périodes, nous devons engager des ouvriers. Au travers de cette explication, nous pouvons comprendre pourquoi les coûts d'engagement et licenciement sont les seconds en importance.

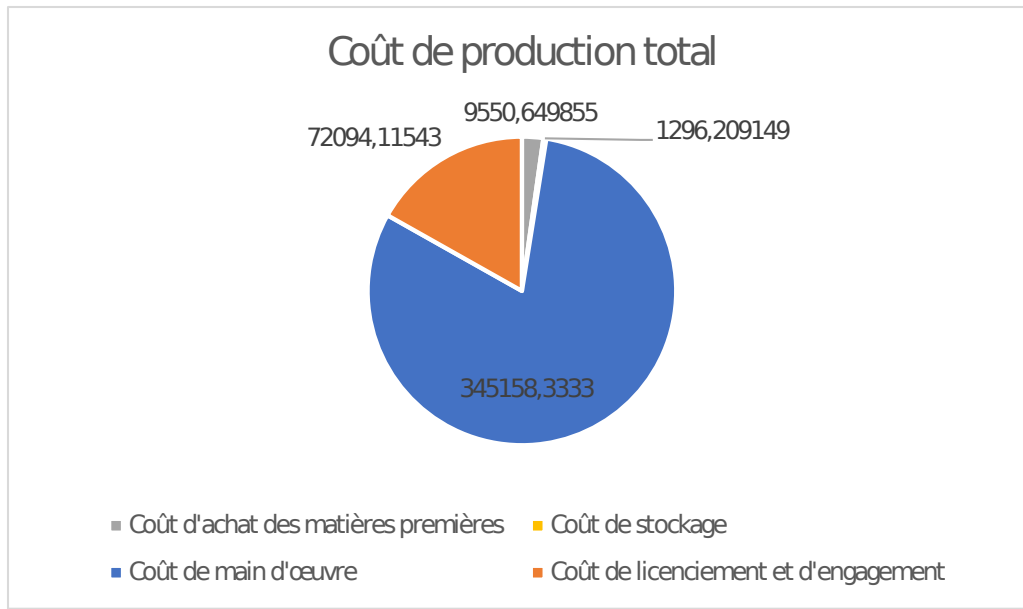


FIGURE 9 – Représentation graphique des coûts de production totaux associés au plan optimal de production

En ce qui concerne les coûts de stockage, nous avons remarqué dans l'analyse de la sous-section "Plan optimal de stockage des matières premières" que nous stockons des fruits frais uniquement en été et en automne. Dans la sous-section "Plan optimal de stockage des desserts", nous montrons que nous stockons des desserts au printemps, en été et en hiver. Cette analyse permet d'expliquer pourquoi il n'y a pas de coût de stockage en hiver. Toutefois, le coût de stockage des ingrédients et des desserts étant de quelques centimes, cela représente une faible proportion par rapport aux autres coûts.

Enfin, nous pouvons voir au travers de ce graphique que la main d'oeuvre représente un montant beaucoup plus conséquent que les matières premières.

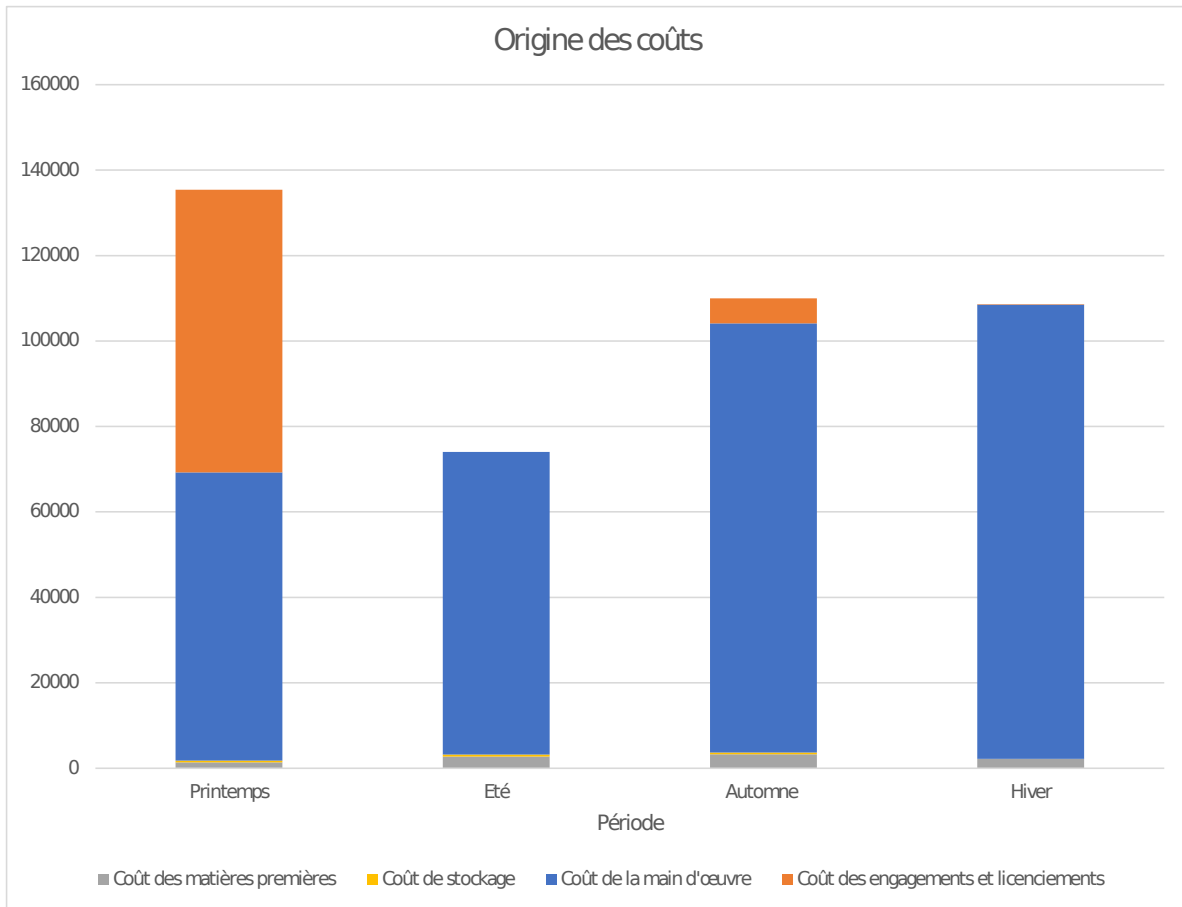


FIGURE 10 – Représentation graphique de l'origine des coûts

Chapitre 4 - Analyse post-optimale

Dans ce chapitre, nous allons, sur base du listing de solution EXCEL, répondre à deux questions d'analyse post-optimale.

Section 1 - Question 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?"

Pour répondre à cette question, nous utilisons le Rapport de sensibilité fourni par EXCEL. Cette question est une question d'interprétation des prix cachés. "Les prix cachés s'interprètent comme l'augmentation de l'objectif pour une augmentation unitaire d'un des coefficients du membre de droite." [3] Le prix caché est présenté sous la colonne "Valeur marginale" dans le rapport d'EXCEL.

Pour répondre à cette question, il faut regarder le prix caché associé à la cellule intitulée "Achat de fruits frais Automne". Le prix caché est ici de -19,8368. Une unité, à savoir un kilo, de fruit frais disponible en plus diminuera le coût total de 19,84 €. En d'autres termes, nous serions prêt à payer au moins 19,84€ le kilo de fruits frais en automne.

Toutefois, il y a une limite de validité associée à ce prix caché. Tant que la base optimale ne change pas, alors l'augmentation de la fonction objectif par unité d'augmentation du membre de droite est valable. Nous retrouvons ces limites sous les colonnes "Marge supérieure" et "Marge inférieure". La limite supérieure est de 77 et la limite inférieure est de 53,95. La limite est $[500-53,95; 500+77] = [446,05; 577]$. Cela signifie que le prix caché de 19,84€ n'est valable que si l'on achète maximum 77 kilos en plus des 500 kilos fournis habituellement par le fournisseur.

Section 2 - Question 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?"

Pour répondre à cette question, nous devons également regarder le prix caché. Ici, il faut regarder le prix caché de la cellule intitulée "Volume du congélateur Été". Le prix caché est de -8,19475168. Nous sommes prêt à payer au moins 8,19€ pour une unité de capacité supplémentaire de surgélation en été.

Ici encore, il y a une limite de validité. La limite supérieure est de 192,5 et la limite inférieure est de 134,875. La limite est donc de $[2000-134,875; 2000+192,5] = [1865,125; 2192,5]$. En d'autres termes, nous sommes prêt à payer 8,19€ l'unité de capacité supplémentaire si la capacité totale ne dépasse pas 2192,5 litres.

Conclusion

Ce mémoire avait pour objectif d'établir un plan optimal de production à coût minimal au sein de la division "Desserts glacés" d'une entreprise.

Le coût total, comprenant le coût d'achat des matières premières, le coût de stockage, le coût de main d'oeuvre, les coûts d'engagement et de licenciement, est de 428 099,31€.

Nous avons pu mettre en évidence que ce qui coûte le plus cher dans une entreprise c'est les coûts de personnel (comprenant la main d'oeuvre et les licenciements et engagements), qui représente environ 98% du coût total dans notre modèle, alors que le prix des matières premières ne représente au final que 2,23% du coût total dans notre modèle.

Au delà de cette brève conclusion du plan optimal, c'est aussi mes apprentissages que je voudrais partager. Après avoir été diplômée en Droit, j'ai décidé d'élargir mes compétences en intégrant le programme du Master 60 en Sciences de gestion. C'est avec un peu d'appréhension que j'ai suivi mon premier cours de Gestion de production et de modélisation, et pourtant j'ai réellement apprécié ce premier cours et ceux qui ont suivi. Par conséquent, j'ai décidé de me lancer un challenge en faisant mon mémoire sur ce sujet.

La réalisation de ce mémoire m'a permis d'utiliser le Solveur d'EXCEL, que je ne connaissais pas avant, ou tout simplement EXCEL que je n'avais utilisé qu'à de très rares occasions. J'ai également appris à utiliser L^AT_EX.

En plus de ces nouvelles compétences, c'est une façon différente de penser et une nouvelle méthode de travail que j'ai pu apprendre lors de ce processus de réalisation du mémoire. La manière de réfléchir est totalement différente de celle que je connaissais en droit. Ce mémoire m'a également appris à être plus persévérante, notamment lorsque mon modèle EXCEL ne fonctionnait pas.

Pour conclure, ce mémoire est le parfait exemple de ce que je recherchais en faisant ce second Master : apprendre de nouvelles compétences et de nouvelles méthodes de travail, qui je l'espère pourront être réutilisées dans ma vie professionnelle future.

Annexe A - Enoncé

UCLouvain
Louvain School of Management
Master 60 en sciences de Gestion

Gestion de la production de desserts glacés.

Enoncé du mémoire
proposé par Daniel DE WOLF

Louvain-La-Neuve, 28 octobre 2019.

Chapitre 1

Présentation du problème

Un ingénieur de production, fraîchement engagé par sa société, s'est vu confier la responsabilité de la division "Desserts Glacés". Celle-ci s'est spécialisée dans la production de deux produits vedettes : les "Délices du Cacao" à base de chocolat, et les "Délices du Verger", à base d'un assortiment de fruits.

La demande de ces deux desserts suit un mouvement saisonnier assez marqué : les "Délices du Cacao" sont surtout appréciés durant les mois d'été, alors que les "Délices du Verger" sont principalement consommés durant l'hiver, lorsque les fruits frais se font rares.

Voici brièvement comment se déroule le processus de fabrication de ces desserts : en concertation avec l'ingénieur de production, le responsable des achats détermine les quantités des matières premières (chocolat et fruits frais) à acheter chaque trimestre. L'offre de chocolat est virtuellement illimitée, mais celle des fruits frais varie selon les saisons. Une fois achetés, les fruits frais sont immédiatement lavés et stockés dans un grand surgélateur. Le chocolat est stocké dans un entrepôt. Le prix d'achat des fruits frais varient d'une saison à l'autre et il peut être intéressant de faire des stocks de spéculation (acheter lorsque le prix est bas et déstocker lorsque le prix est élevé). Il y a un stock initial des deux ingrédients.

En fonction des stocks de matières premières disponibles, et après s'être renseigné auprès du département marketing sur les prévisions de demande, l'ingénieur de production décide des quantités de chaque dessert à produire de manière à satisfaire ces demandes prévues. Notons que la confection des deux desserts nécessite le passage dans deux ateliers successifs : l'atelier de fabrication et l'atelier de conditionnement. Chacun de ces ateliers dispose de son propre personnel dont les qualifications sont différentes (haute qualification pour la fabrication, moyenne qualification pour le conditionnement).

Si la capacité de production des ateliers est insuffisante pour satisfaire la demande du trimestre, ceci oblige alors l'ingénieur de production à produire des desserts à l'avance, et à les stocker jusqu'aux trimestres suivants. Les desserts sont stockés dans le même surgélateur que celui qui accueille les fruits frais. Il

y a un coût unitaire de stockage pour chaque dessert encore en stock en fin de trimestre. Il y a également un stock initial de chacun des deux desserts.

En fonction des quantités qu'il désire mettre en production chaque trimestre, l'ingénieur détermine le nombre d'ouvriers nécessaires dans chaque atelier. On suppose qu'un ouvrier travaille 8 heures par jour ouvrable. Le nombre de jours ouvrables dépend du trimestre. Il y a un effectif initial d'ouvriers qualifiés (pour la fabrication) et d'ouvriers semi-qualifiés (pour le conditionnement). Si le nombre d'ouvriers n'est pas suffisant, on peut procéder à des engagements en début de trimestre. Il y a un coût associé à l'engagement qui dépend de la qualification de l'ouvrier. On peut également, en début de chaque trimestre, licencier des ouvriers en trop, moyennant une prime de licenciement, qui dépend également de la qualification de l'ouvrier. On suppose que les licenciements et les embauches de personnel ne peuvent se réaliser qu'en début de chaque trimestre. Les temps partiels sont permis. Tous les ouvriers engagés sont utilisés à la production. Autrement dit, on ne considère pas de chômage technique.

On demande d'aider le nouvel ingénieur de production à déterminer le plan de production optimal pour l'année qui vient. Plus précisément, on demande de déterminer les achats de matières premières, le plan de production, le plan de stockage et les engagements et licenciements début de chaque trimestre, de manière à satisfaire la demande à coût de production minimum. Ce coût de production inclut le coût d'achat des matières premières, le coût de stockage, le coût de main d'œuvre, les coûts de licenciement et d'engagement.

Chapitre 2

Données du problème

2.1 Données concernant la demande

Le tableau 2.1 donne la demande du produit en fonction du trimestre.

	Printemps	Été	Automne	Hiver
Demande du "Délice du Cacao"	4 500	7 500	7 000	6 000
Demande du "Délice du Verger"	2 500	1 500	5 000	7 000

TABLE 2.1 – Demande des deux produits par trimestre

2.2 Données concernant les matières premières

Le tableau 2.2 donne l'offre maximum des matières premières utilisées dans la fabrication des deux desserts ainsi que le prix de l'ingrédient en fonction du trimestre.

	Printemps	Été	Automne	Hiver
Offre de chocolat (Kg)	illimitée	illimitée	illimitée	illimitée
Offre des fruits frais (Kg)	1 000	2 000	500	60
Prix des fruits frais (€/Kg)	1,5	1	2	4
Prix du chocolat (€/Kg)	6,5	6,5	6,5	6,5

TABLE 2.2 – Données concernant les matières premières

Le tableau 2.3 donne la quantité d'ingrédient utilisée dans chacun des deux desserts.

Quantité d'ingrédient	(gr. par dessert)
Chocolat par "Dél. Cacao"	50
Fruits par "Dél. Verger"	100

TABLE 2.3 – Données concernant les quantités d'ingrédients

2.3 Données concernant le stockage

Le tableau 2.4 donne le coût de stockage pendant un trimestre des ingrédients et des desserts encore en stock en fin de trimestre, le coût de stockage étant identique pour les deux types de desserts.

Coût de stockage	(€/trim.)
- du kg de chocolat	0,10
- du kg de fruits	0,35
- du "Délice du Cacao"	0,25
- du "Délice du Verger"	0,25

TABLE 2.4 – Données concernant les coûts de stockage

Le tableau 2.5 donne le volume occupé dans le surgélateur par les fruits frais et les desserts glacés. La capacité du surgélateur est de 2.000 litres.

Volume	(en litres)
- d'un kilo de fruits frais	2,5
- d'un "Délice du Cacao"	0,5
- d'un "Délice du Verger"	0,6

TABLE 2.5 – Données concernant les volumes de stockage

Le tableau 2.6 donne les stocks initiaux.

2.4 Données concernant les temps de préparation

Le tableau 2.7 donne le temps de préparation dans les deux ateliers.

Le tableau 2.8 donne le coût d'une heure de travail dans les deux ateliers.

Stock initial	
- de chocolat	120 kg
- de fruits frais	50 kg
- du "Délice du Cacao"	250 unités
- du "Délice du Verger"	350 unités

TABLE 2.6 – Données concernant les stocks initiaux

Temps en minute pour	la confection	le conditionnement
- du "Délice du Cacao"	30	10
- du "Délice du Verger"	35	15

TABLE 2.7 – Données concernant les temps de fabrication

Coût horaire	(€/heure)
- dans l'atelier fabrication	12,50
- dans l'atelier conditionnement	9,50

TABLE 2.8 – Données concernant les coûts horaires des ateliers

2.5 Données concernant le personnel

Le nombre de jours ouvrables par trimestre est donnée au tableau 2.9.

	Printemps	Été	Automne	Hiver
Jours ouvrables	60	63	57	60

TABLE 2.9 – Nombre de jours ouvrables

Le tableau 2.10 donne le nombre initial d'ouvriers dans chaque atelier.

Atelier	fabrication	conditionnement
Personnel initial	30	12

TABLE 2.10 – Nombre initial d'ouvriers

Le tableau 2.11 donne les coûts d'engagement et de licenciement pour les deux types de travailleurs.

Atelier	fabrication	conditionnement
Coût d'engagement	1 000 €	500 €
Coût de licenciement	2 500 €	1 500 €

TABLE 2.11 – Données concernant les coûts d'engagement/licenciement

Il y a un nombre maximum d'ouvriers que l'on peut faire travailler dans chaque atelier. Celui-ci est donné au tableau 2.12.

Maximum d'ouvriers	
- dans l'atelier fabrication	52
- dans l'atelier conditionnement	22

TABLE 2.12 – Nombre maximum d'ouvriers dans les ateliers

Chapitre 3

Questions

On demande d'aider le nouvel ingénieur de production à déterminer le plan optimal de production. Pour cela :

1. Formulez analytiquement le problème :

- choix des variables,
- expression de l'objectif,
- expression des contraintes,

et ceci de **manière indépendante des données** particulières.

2. Traduisez votre modèle en EXCEL et utilisez le logiciel afin de déterminer le plan optimal de production.

3. Présentez de façon claire :

- le coût total minimum obtenu,
- le plan optimal d'achat des ingrédients,
- le plan optimal de production des desserts,
- le plan optimal de stockage des ingrédients et desserts,
- les effectifs nécessaires par atelier pour réaliser ce plan optimal.

4. **Sur base du rapport fourni par EXCEL**, répondez aux questions suivantes (en justifiant brièvement vos réponses) :

- (a) 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* ?
- (b) 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 ?

Chapitre 4

Phases du travail

4.1 Phase 1 : Formulation

Dans une première phase, il est conseillé

- d'analyser attentivement l'énoncé du problème ;
- de formuler mathématiquement de manière indépendante des données le problème de planification de la production.

4.2 Phase 2 : Mise en œuvre avec EXCEL

Dans cette deuxième phase, il est demandé de traduire votre modèle en EXCEL et, pour vos données particulières, de déterminer le plan optimal de production au moyen du logiciel EXCEL.

4.3 Phase 3 : Analyse postoptimale

Dans cette troisième phase, sur base du listing de solution EXCEL, on répondra aux questions d'analyse post-optimale.

4.4 Phase 4 : Remise d'un mémoire

Un mémoire de **40 pages maximum** (hors page titre et annexes) sera remis. Il doit comporter les éléments suivants :

- Formulation du problème comprenant
 - l'explication du choix des variables,
 - la formulation mathématique de l'objectif,

– la formulation mathématique des contraintes,

les contraintes et l'objectif étant **repris sous forme algébrique et non sous la forme d'un listing EXCEL** ;

- Identification de la structure du problème (problème linéaire, non linéaire, en nombres entiers, ou autre structure particulière) et algorithme de résolution choisi (module LP, NLP ou MIP de EXCEL) ;
- Présentation de la solution obtenue de la façon la plus claire et concise possible (faites preuve d'imagination) ;
- Réponses aux questions d'analyse post-optimale.
- Annexe : listing de résultats en EXCEL.

Annexe B - Listing EXCEL

Microsoft Excel 16.0 Rapport de solution

Feuille : [Classeur1]Feuil1

Date du rapport : 10-02-20 06:52:50

Résultat : Le Solveur a trouvé une solution satisfaisant toutes les contraintes et les conditions d'optimisation.**Moteur du solveur**

Moteur : Simplex PL

Heure de la solution : 0,094 secondes.

Itérations : 76 Sous-problèmes : 0

Options du solveur

Temps max Illimité, Itérations Illimité, Precision 0,000001

Sous-problèmes max Illimité, Solutions de nombre entier max Illimité, Tolérance des nombres entiers 1%, Supposé non négatif

Cellule objectif (Min)

Cellule	Nom	Valeur initiale	Valeur finale
\$G\$58	Objectif	916598	428099,3069

Cellules variables

Cellule	Nom	Valeur initiale	Valeur finale	Entier
\$C\$50	Production de Délice du Cacao Printemps	0	5731,707317	Suite
\$D\$50	Production de Délice du Cacao Eté	0	6018,292683	Suite
\$E\$50	Production de Délice du Cacao Automne	0	7000	Suite
\$F\$50	Production de Délice du Cacao Hiver	0	6000	Suite
\$C\$51	Production de Délice du Verger Printemps	0	2337,979094	Suite
\$D\$51	Production de Délice du Verger Eté	0	2454,878049	Suite
\$E\$51	Production de Délice du Verger Automne	0	4717,948718	Suite
\$F\$51	Production de Délice du Verger Hiver	0	6139,194139	Suite
\$C\$52	Achat de chocolat Printemps	0	166,5853659	Suite
\$D\$52	Achat de chocolat Eté	0	300,9146341	Suite
\$E\$52	Achat de chocolat Automne	0	350	Suite
\$F\$52	Achat de chocolat Hiver	0	300	Suite
\$C\$53	Achat de fruits frais Printemps	0	183,7979094	Suite
\$D\$53	Achat de fruits frais Eté	0	771,2020906	Suite
\$E\$53	Achat de fruits frais Automne	0	500	Suite
\$F\$53	Achat de fruits frais Hiver	0	60	Suite
\$C\$54	Engagement ouvrier à la fabrication Printemps	0	0	Suite
\$D\$54	Engagement ouvrier à la fabrication Eté	0	0	Suite
\$E\$54	Engagement ouvrier à la fabrication Automne	0	4,899003718	Suite
\$F\$54	Engagement ouvrier à la fabrication Hiver	0	0	Suite
\$C\$55	Engagement ouvrier au conditionnement Printemps	0	0	Suite
\$D\$55	Engagement ouvrier au conditionnement Eté	0	0	Suite
\$E\$55	Engagement ouvrier au conditionnement Automne	0	1,937200627	Suite
\$F\$55	Engagement ouvrier au conditionnement Hiver	0	0,135756057	Suite
\$C\$56	Licencierement ouvrier à la fabrication Printemps	0	21,18817751	Suite
\$D\$56	Licencierement ouvrier à la fabrication Eté	0	0	Suite
\$E\$56	Licencierement ouvrier à la fabrication Automne	0	0	Suite
\$F\$56	Licencierement ouvrier à la fabrication Hiver	0	0	Suite
\$C\$57	Licencierement ouvrier au conditionnement Printemps	0	8,792126403	Suite
\$D\$57	Licencierement ouvrier au conditionnement Eté	0	0	Suite
\$E\$57	Licencierement ouvrier au conditionnement Automne	0	0	Suite
\$F\$57	Licencierement ouvrier au conditionnement Hiver	0	0	Suite

Contraintes

Cellule	Nom	Valeur de la cellule	Formule	État	Marge
---------	-----	----------------------	---------	------	-------

SC\$37	Stock de Délice du Cacao Printemps	1481,707317	SC\$37>=0	Non lié	1481,707317
SD\$37	Stock de Délice du Cacao Eté	0	SD\$37>=0	Lié	0
SE\$37	Stock de Délice du Cacao Automne	0	SE\$37>=0	Lié	0
SF\$37	Stock de Délice du Cacao Hiver	0	SF\$37>=0	Lié	0
SC\$38	Stock de Délice du Verger Printemps	187,9790941	SC\$38>=0	Non lié	187,9790941
SD\$38	Stock de Délice du Verger Eté	1142,857143	SD\$38>=0	Non lié	1142,857143
SE\$38	Stock de Délice du Verger Automne	860,8058608	SE\$38>=0	Non lié	860,8058608
SF\$38	Stock de Délice du Verger Hiver	-7,27596E-12	SF\$38>=0	Lié	0
SC\$39	Stock de chocolat Printemps	-1,58593E-11	SC\$39>=0	Lié	0
SD\$39	Stock de chocolat Eté	-3,31397E-11	SD\$39>=0	Lié	0
SE\$39	Stock de chocolat Automne	-5,32623E-11	SE\$39>=0	Lié	0
SF\$39	Stock de chocolat Hiver	-7,0429E-11	SF\$39>=0	Lié	0
SC\$40	Stock de fruits frais Printemps	3,97904E-12	SC\$40>=0	Lié	0
SD\$40	Stock de fruits frais Eté	525,7142857	SD\$40>=0	Non lié	525,7142857
SE\$40	Stock de fruits frais Automne	553,9194139	SE\$40>=0	Non lié	553,9194139
SF\$40	Stock de fruits frais Hiver	2,47837E-11	SF\$40>=0	Lié	0
SC\$41	Nombre d'ouvriers en fabrication Printemps	8,811822493	SC\$41>=0	Non lié	8,811822493
SD\$41	Nombre d'ouvriers en fabrication Eté	8,811822493	SD\$41>=0	Non lié	8,811822493
SE\$41	Nombre d'ouvriers en fabrication Automne	13,71082621	SE\$41>=0	Non lié	13,71082621
SF\$41	Nombre d'ouvriers en fabrication Hiver	13,71082621	SF\$41>=0	Non lié	13,71082621
SC\$42	Nombre d'ouvriers au conditionnement Printemps	3,207873597	SC\$42>=0	Non lié	3,207873597
SD\$42	Nombre d'ouvriers au conditionnement Eté	3,207873597	SD\$42>=0	Non lié	3,207873597
SE\$42	Nombre d'ouvriers au conditionnement Automne	5,145074224	SE\$42>=0	Non lié	5,145074224
SF\$42	Nombre d'ouvriers au conditionnement Hiver	5,280830281	SF\$42>=0	Non lié	5,280830281
SC\$43	Nombre d'heures travaillées à la fabrication Printemps	4229,674797	SC\$43>=0	Non lié	4229,674797
SD\$43	Nombre d'heures travaillées à la fabrication Eté	4441,158537	SD\$43>=0	Non lié	4441,158537
SE\$43	Nombre d'heures travaillées à la fabrication Automne	6252,136752	SE\$43>=0	Non lié	6252,136752
SF\$43	Nombre d'heures travaillées à la fabrication Hiver	6581,196581	SF\$43>=0	Non lié	6581,196581
SC\$44	Nombre d'heures travaillées au conditionnement Printemps	1539,779326	SC\$44>=0	Non lié	1539,779326
SD\$44	Nombre d'heures travaillées au conditionnement Eté	1616,768293	SD\$44>=0	Non lié	1616,768293
SE\$44	Nombre d'heures travaillées au conditionnement Automne	2346,153846	SE\$44>=0	Non lié	2346,153846
SF\$44	Nombre d'heures travaillées au conditionnement Hiver	2534,798535	SF\$44>=0	Non lié	2534,798535
SC\$60	Achat de fruits frais Printemps	183,7979094	SC\$60<=SC\$61	Non lié	816,2020906
SD\$60	Achat de fruits frais Eté	771,2020906	SD\$60<=SD\$61	Non lié	1228,797909
SE\$60	Achat de fruits frais Automne	500	SE\$60<=SE\$61	Lié	0
SF\$60	Achat de fruits frais Hiver	60	SF\$60<=SF\$61	Lié	0
SC\$62	Volume du congélateur Printemps	853,641115	SC\$62<=SC\$63	Non lié	1146,358885
SD\$62	Volume du congélateur Eté	2000	SD\$62<=SD\$63	Lié	0
SE\$62	Volume du congélateur Automne	1901,282051	SE\$62<=SE\$63	Non lié	98,71794872
SF\$62	Volume du congélateur Hiver	5,75938E-11	SF\$62<=SF\$63	Non lié	2000
SC\$64	Heures travaillées en fabrication Printemps	4229,674797	SC\$64=SC\$65	Lié	0
SD\$64	Heures travaillées en fabrication Eté	4441,158537	SD\$64=SD\$65	Lié	0
SE\$64	Heures travaillées en fabrication Automne	6252,136752	SE\$64=SE\$65	Lié	0
SF\$64	Heures travaillées en fabrication Hiver	6581,196581	SF\$64=SF\$65	Lié	0
SC\$66	Heures travaillées au conditionnement Printemps	1539,779326	SC\$66=SC\$67	Lié	0
SD\$66	Heures travaillées au conditionnement Eté	1616,768293	SD\$66=SD\$67	Lié	0
SE\$66	Heures travaillées au conditionnement Automne	2346,153846	SE\$66=SE\$67	Lié	0
SF\$66	Heures travaillées au conditionnement Hiver	2534,798535	SF\$66=SF\$67	Lié	0
SC\$68	Nombre d'ouvriers en fabrication Printemps	8,811822493	SC\$68<=SC\$69	Non lié	43,18817751
SD\$68	Nombre d'ouvriers en fabrication Eté	8,811822493	SD\$68<=SD\$69	Non lié	43,18817751
SE\$68	Nombre d'ouvriers en fabrication Automne	13,71082621	SE\$68<=SE\$69	Non lié	38,28917379
SF\$68	Nombre d'ouvriers en fabrication Hiver	13,71082621	SF\$68<=SF\$69	Non lié	38,28917379
SC\$70	Nombre d'ouvriers au conditionnement Printemps	3,207873597	SC\$70<=SC\$71	Non lié	18,7921264
SD\$70	Nombre d'ouvriers au conditionnement Eté	3,207873597	SD\$70<=SD\$71	Non lié	18,7921264
SE\$70	Nombre d'ouvriers au conditionnement Automne	5,145074224	SE\$70<=SE\$71	Non lié	16,85492578
SF\$70	Nombre d'ouvriers au conditionnement Hiver	5,280830281	SF\$70<=SF\$71	Non lié	16,71916972

Microsoft Excel 16.0 Rapport de sensibilité

Feuille : [Classeur1]Feuil1

Date du rapport : 10-02-20 06:52:51

Cellules variables

Cellule	Nom	Finale Valeur	Valeur Marginale	Objectif Coefficient	Marge Supérieure	Marge Inférieure
\$C\$50	Production de Délice du Cacao Printemps	5731,707317	0	0,98	0,196107332	0,191269841
\$D\$50	Production de Délice du Cacao Eté	6018,292683	0	0,735	0,191269841	0,196107332
\$E\$50	Production de Délice du Cacao Automne	7000	0	0,49	1,797966983	0,11531746
\$F\$50	Production de Délice du Cacao Hiver	6000	0	0,245	0,11531746	9,097167277
\$C\$51	Production de Délice du Verger Printemps	2337,979094	0	0,86	0,223148148	0,228791887
\$D\$51	Production de Délice du Verger Eté	2454,878049	0	0,645	0,228791887	0,223148148
\$E\$51	Production de Délice du Verger Automne	4717,948718	0	0,43	0,134537037	1,583370924
\$F\$51	Production de Délice du Verger Hiver	6139,194139	0	0,215	7,470116959	0,134537037
\$C\$52	Achat de chocolat Printemps	166,5853659	0	6,9	3,92214664	0,1
\$D\$52	Achat de chocolat Eté	300,9146341	0	6,8	0,1	0,1
\$E\$52	Achat de chocolat Automne	350	0	6,7	0,1	0,1
\$F\$52	Achat de chocolat Hiver	300	0	6,6	0,1	6,6
\$C\$53	Achat de fruits frais Printemps	183,7979094	0	2,9	2,231481479	0,85
\$D\$53	Achat de fruits frais Eté	771,2020906	0	2,05	0,85	2,231481479
\$E\$53	Achat de fruits frais Automne	500	0	2,7	19,8368792	9,57851E+15
\$F\$53	Achat de fruits frais Hiver	60	0	4,35	18,1868792	1,65948E+18
\$C\$54	Engagement ouvrier à la fabrication Printemps	0	3500	25000	1E+30	3500
\$D\$54	Engagement ouvrier à la fabrication Eté	0	1682,048781	19000	1E+30	1682,048781
\$E\$54	Engagement ouvrier à la fabrication Automne	4,899003718	0	12700	985,5028571	2093,819029
\$F\$54	Engagement ouvrier à la fabrication Hiver	0	505,3860806	7000	1E+30	505,3860806
\$C\$55	Engagement ouvrier au conditionnement Printemps	0	2000	18740	1E+30	2000
\$D\$55	Engagement ouvrier au conditionnement Eté	0	987,5121942	14180	1E+30	987,5121942
\$E\$55	Engagement ouvrier au conditionnement Automne	1,937200627	0	9392	1104,279999	2000
\$F\$55	Engagement ouvrier au conditionnement Hiver	0,135756057	0	5060	6987,432479	566,2974355
\$C\$56	Licencierement ouvrier à la fabrication Printemps	21,18817751	0	-21500	3549,333333	3284,000001
\$D\$56	Licencierement ouvrier à la fabrication Eté	0	1817,951219	-15500	1E+30	1817,951219
\$E\$56	Licencierement ouvrier à la fabrication Automne	0	3500	-9200	1E+30	3500
\$F\$56	Licencierement ouvrier à la fabrication Hiver	0	2994,613919	-3500	1E+30	2994,613919
\$C\$57	Licencierement ouvrier au conditionnement Printemps	8,792126403	0	-16740	1976,761907	1927,999998
\$D\$57	Licencierement ouvrier au conditionnement Eté	0	1012,487806	-12180	1E+30	1012,487806
\$E\$57	Licencierement ouvrier au conditionnement Automne	0	2000	-7392	1E+30	2000
\$F\$57	Licencierement ouvrier au conditionnement Hiver	0	2000	-3060	1E+30	2000

Contraintes

Cellule	Nom	Finale Valeur	Valeur Marginale	Contrainte à droite	Marge Supérieure	Marge Inférieure
\$C\$37	Stock de Délice du Cacao Printemps	1481,707317	0	0	1481,707317	1E+30
\$D\$37	Stock de Délice du Cacao Eté	0	1,797966983	0	269,75	962,5
\$E\$37	Stock de Délice du Cacao Automne	0	0,11531746	0	493,5897436	666,6666667
\$F\$37	Stock de Délice du Cacao Hiver	0	9,097167277	0	675,4385965	2061,403509
\$C\$38	Stock de Délice du Verger Printemps	187,9790941	0	0	187,9790941	1E+30
\$D\$38	Stock de Délice du Verger Eté	1142,857143	0	0	1142,857143	1E+30
\$E\$38	Stock de Délice du Verger Automne	860,8058608	0	0	860,8058608	1E+30
\$F\$38	Stock de Délice du Verger Hiver	-7,27596E-12	12,99686456	0	337,7192983	3029,950969
\$C\$39	Stock de chocolat Printemps	-1,58593E-11	0,1	0	300,9146341	166,5853659
\$D\$39	Stock de chocolat Eté	-3,31397E-11	0,1	0	350	300,9146341
\$E\$39	Stock de chocolat Automne	-5,32623E-11	0,1	0	300	350
\$F\$39	Stock de chocolat Hiver	-7,0429E-11	6,6	0	1E+30	300
\$C\$40	Stock de fruits frais Printemps	3,97904E-12	0,85	0	458,543554	183,7979094
\$D\$40	Stock de fruits frais Eté	525,7142857	0	0	525,7142857	1E+30
\$E\$40	Stock de fruits frais Automne	553,9194139	0	0	553,9194139	1E+30
\$F\$40	Stock de fruits frais Hiver	2,47837E-11	22,5368792	0	53,95	306,6666667
\$C\$41	Nombre d'ouvriers en fabrication Printemps	8,811822493	0	0	8,811822493	1E+30

\$D\$41	Nombre d'ouvriers en fabrication Eté	8,811822493	0	0	8,811822493	1E+30
\$E\$41	Nombre d'ouvriers en fabrication Automne	13,71082621	0	0	13,71082621	1E+30
\$F\$41	Nombre d'ouvriers en fabrication Hiver	13,71082621	0	0	13,71082621	1E+30
\$C\$42	Nombre d'ouvriers au conditionnement Printemps	3,207873597	0	0	3,207873597	1E+30
\$D\$42	Nombre d'ouvriers au conditionnement Eté	3,207873597	0	0	3,207873597	1E+30
\$E\$42	Nombre d'ouvriers au conditionnement Automne	5,145074224	0	0	5,145074224	1E+30
\$F\$42	Nombre d'ouvriers au conditionnement Hiver	5,280830281	0	0	5,280830281	1E+30
\$C\$43	Nombre d'heures travaillées à la fabrication Printemps	4229,674797	0	0	4229,674797	1E+30
\$D\$43	Nombre d'heures travaillées à la fabrication Eté	4441,158537	0	0	4441,158537	1E+30
\$E\$43	Nombre d'heures travaillées à la fabrication Automne	6252,136752	0	0	6252,136752	1E+30
\$F\$43	Nombre d'heures travaillées à la fabrication Hiver	6581,196581	0	0	6581,196581	1E+30
\$C\$44	Nombre d'heures travaillées au conditionnement Printemps	1539,779326	0	0	1539,779326	1E+30
\$D\$44	Nombre d'heures travaillées au conditionnement Eté	1616,768293	0	0	1616,768293	1E+30
\$E\$44	Nombre d'heures travaillées au conditionnement Automne	2346,153846	0	0	2346,153846	1E+30
\$F\$44	Nombre d'heures travaillées au conditionnement Hiver	2534,798535	0	0	2534,798535	1E+30
\$C\$60	Achat de fruits frais Printemps	183,7979094	0	1000	1E+30	816,2020906
\$D\$60	Achat de fruits frais Eté	771,2020906	0	2000	1E+30	1228,797909
\$E\$60	Achat de fruits frais Automne	500	-19,8368792	500	77	53,95
\$F\$60	Achat de fruits frais Hiver	60	-18,1868792	60	306,6666667	53,95
\$C\$62	Volume du congélateur Printemps	853,641115	0	2000	1E+30	1146,358885
\$D\$62	Volume du congélateur Eté	2000	-8,19475168	2000	192,5	134,875
\$E\$62	Volume du congélateur Automne	1901,282051	0	2000	1E+30	98,71794872
\$F\$62	Volume du congélateur Hiver	5,75938E-11	0	2000	1E+30	2000
\$C\$64	Heures travaillées en fabrication Printemps	4229,674797	8,712601627	0	321,4285714	61,16780045
\$D\$64	Heures travaillées en fabrication Eté	4441,158537	9,162601625	0	64,22619047	337,5
\$E\$64	Heures travaillées en fabrication Automne	6252,136752	13,60830281	0	979,1666667	144,4444444
\$F\$64	Heures travaillées en fabrication Hiver	6581,196581	13,53044567	0	152,0467836	1030,701754
\$C\$66	Heures travaillées au conditionnement Printemps	1539,779326	7,390650405	0	20,38926682	137,755102
\$D\$66	Heures travaillées au conditionnement Eté	1616,768293	7,540650408	0	144,6428571	21,40873016
\$E\$66	Heures travaillées au conditionnement Automne	2346,153846	9,5	0	61,9047619	883,3634861
\$F\$66	Heures travaillées au conditionnement Hiver	2534,798535	10,54166667	0	8025,201465	65,16290727
\$C\$68	Nombre d'ouvriers en fabrication Printemps	8,811822493	0	52	1E+30	43,18817751
\$D\$68	Nombre d'ouvriers en fabrication Eté	8,811822493	0	52	1E+30	43,18817751
\$E\$68	Nombre d'ouvriers en fabrication Automne	13,71082621	0	52	1E+30	38,28917379
\$F\$68	Nombre d'ouvriers en fabrication Hiver	13,71082621	0	52	1E+30	38,28917379
\$C\$70	Nombre d'ouvriers au conditionnement Printemps	3,207873597	0	22	1E+30	18,7921264
\$D\$70	Nombre d'ouvriers au conditionnement Eté	3,207873597	0	22	1E+30	18,7921264
\$E\$70	Nombre d'ouvriers au conditionnement Automne	5,145074224	0	22	1E+30	16,85492578
\$F\$70	Nombre d'ouvriers au conditionnement Hiver	5,280830281	0	22	1E+30	16,71916972

Microsoft Excel 16.0 Rapport des limites

Feuille : [Classeur1]Feuil1

Date du rapport : 10-02-20 06:52:51

Objectif		
Cellule	Nom	Valeur
\$G\$58	Objectif	428099,3

Variable			Inférieure	Objectif	Supérieure	Objectif
Cellule	Nom	Valeur	Limite	Résultat	Limite	Résultat
\$C\$50	Productic	5731,707	5731,707317	428099	5731,707317	428099
\$D\$50	Productic	6018,293	6018,292683	428099	6018,292683	428099
\$E\$50	Productic	7000	7000	428099	7000	428099
\$F\$50	Productic	6000	6000	428099	6000	428099
\$C\$51	Productic	2337,979	2337,979094	428099	2337,979094	428099
\$D\$51	Productic	2454,878	2454,878049	428099	2454,878049	428099
\$E\$51	Productic	4717,949	4717,948718	428099	4717,948718	428099
\$F\$51	Productic	6139,194	6139,194139	428099	6139,194139	428099
\$C\$52	Achat de	166,5854	166,5853659	428099	#N/A	#N/A
\$D\$52	Achat de	300,9146	300,9146341	428099	#N/A	#N/A
\$E\$52	Achat de	350	350	428099	#N/A	#N/A
\$F\$52	Achat de	300	300	428099	#N/A	#N/A
\$C\$53	Achat de	183,7979	183,7979094	428099	183,7979094	428099
\$D\$53	Achat de	771,2021	771,2020906	428099	771,2020906	428099
\$E\$53	Achat de	500	500	428099	500	428099
\$F\$53	Achat de	60	60	428099	60	428099
\$C\$54	Engagem	0	-2,95396E-12	428099	-2,95396E-12	428099
\$D\$54	Engagem	0	-2,94864E-12	428099	-2,94864E-12	428099
\$E\$54	Engagem	4,899004	4,899003718	428099	4,899003718	428099
\$F\$54	Engagem	0	-7,77807E-12	428099	-7,77807E-12	428099
\$C\$55	Engagem	0	-3,61903E-12	428099	-3,61903E-12	428099
\$D\$55	Engagem	0	-3,61813E-12	428099	-3,61813E-12	428099
\$E\$55	Engagem	1,937201	1,937200627	428099	1,937200627	428099
\$F\$55	Engagem	0,135756	0,135756057	428099	0,135756057	428099
\$C\$56	Licencien	21,18818	21,18817751	428099	21,18817751	428099
\$D\$56	Licencien	0	2,94864E-12	428099	2,94864E-12	428099
\$E\$56	Licencien	0	6,26275E-12	428099	6,26275E-12	428099
\$F\$56	Licencien	0	7,77807E-12	428099	7,77807E-12	428099
\$C\$57	Licencien	8,792126	8,792126403	428099	8,792126403	428099
\$D\$57	Licencien	0	2,95017E-12	428099	2,95017E-12	428099
\$E\$57	Licencien	0	2,95017E-12	428099	2,95017E-12	428099
\$F\$57	Licencien	0	2,95017E-12	428099	2,95017E-12	428099

Données	Initial	Printemps	Été	Automne	Hiver
Demande de Délice du Cacao		4500	7500	7000	6000
Demande de Délice du Verger		2500	1500	5000	7000
Offre de fruits frais (kg)		1000	2000	500	60
Prix du chocolat (€/kg)		6,5	6,5	6,5	6,5
Prix des fruits frais (€/kg)		1,5	1	2	4
Quantité de chocolat nécessaire pour un Délice du Cacao (kg)		0,05	0,05	0,05	0,05
Quantité de fruits frais nécessaire pour un Délice du Verger (kg)		0,1	0,1	0,1	0,1
Coût de stockage d'un Délice du Cacao (€/trim)		0,25	0,25	0,25	0,25
Coût de stockage d'un Délice du Verger (€/trim)		0,25	0,25	0,25	0,25
Coût de stockage d'un kilogramme de chocolat (€/trim)		0,1	0,1	0,1	0,1
Coût de stockage d'un kilogramme de fruits frais (€/trim)		0,35	0,35	0,35	0,35
Volume d'un Délice du Cacao dans le congé (litres)		0,5	0,5	0,5	0,5
Volume d'un Délice du Verger dans le congé (litres)		0,6	0,6	0,6	0,6
Volume d'un kilogramme de fruits frais (litres)		2,5	2,5	2,5	2,5
Stock initial de Délice du Cacao	250				
Stock initial de Délice du Verger	350				
Stock initial de chocolat (kg)	120				
Stock initial de fruits frais (kg)	50				
Temps de fabrication d'un Délice du Cacao (heures)		0,5	0,5	0,5	0,5
Temps de fabrication d'un Délice du Verger (heures)		0,5833333333	0,5833333333	0,5833333333	0,5833333333
Temps de conditionnement d'un Délice du Cacao (heures)		0,1666666667	0,1666666667	0,1666666667	0,1666666667
Temps de conditionnement d'un Délice du Verger (heures)		0,25	0,25	0,25	0,25
Coût horaire dans l'atelier fabrication (€/h)		12,5	12,5	12,5	12,5
Coût horaire dans l'atelier conditionnement (€/h)		9,5	9,5	9,5	9,5
Jours ouvrables		60	63	57	60
Nombre initial d'ouvriers en fabrication	30				
Nombre initial d'ouvriers au conditionnement	12				
Coût d'engagement d'un ouvrier à la fabrication (€)		1000	1000	1000	1000
Coût d'engagement d'un ouvrier au conditionnement (€)		500	500	500	500
Coût de licenciement d'un ouvrier à la fabrication (€)		2500	2500	2500	2500
Coût de licenciement d'un ouvrier au conditionnement (€)		1500	1500	1500	1500
Nombre d'ouvriers maximum à la fabrication		52	52	52	52
Nombre d'ouvriers maximum au conditionnement		22	22	22	22
Temps maximum de travail (heures)		8	8	8	8
Variables dépendantes					
Stock de Délice du Cacao	1481,707317		0	0	0
Stock de Délice du Verger	187,9790941	1142,857143	860,805861	-7,27596E-12	
Stock de chocolat	-1,58593E-11	-3,31397E-11	-5,326E-11	-7,0429E-11	
Stock de fruits frais	3,97904E-12	525,7142857	553,919414	2,47837E-11	
Nombre d'ouvriers en fabrication	8,811822493	8,811822493	13,7108262	13,71082621	
Nombre d'ouvriers au conditionnement	3,207873597	3,207873597	5,14507422	5,280830281	
Nombre d'heures travaillées à la fabrication	4229,674797	4441,158537	6252,13675	6581,196581	
Nombre d'heures travaillées au conditionnement	1539,779326	1616,768293	2346,15385	2534,798535	
Coût total des matières premières	1358,501742	2727,147213	3275	2190	9550,648955
Coût total de stockage	417,4216028	469,7142857	409,07326	-1,87583E-13	1296,209149
Coût total de la main d'œuvre	67498,83856	70873,78049	100440,171	106345,5433	345158,3333
Coût total des engagements et licenciements	66158,63337	0	5867,60403	67,8780284	72094,11543
Variables indépendantes					
Production de Délice du Cacao	5731,707317	6018,292683	7000	6000	
Production de Délice du Verger	2337,979094	2454,878049	4717,94872	6139,194139	
Achat de chocolat	166,5853659	300,9146341	350	300	
Achat de fruits frais	183,7979094	771,2020906	500	60	
Engagement ouvrier à la fabrication	0	0	4,89900372	0	
Engagement ouvrier au conditionnement	0	0	1,93720063	0,135756057	
Licenciement ouvrier à la fabrication	21,18817751	0	0	0	
Licenciement ouvrier au conditionnement	8,792126403	0	0	0	
Objectif					
428099,3069					
Contraintes indépendantes					
Achat de fruits frais	183,7979094	771,2020906	500	60	
Offre de fruits frais (kg)	1000	2000	500	60	
Volume du congélateur	853,641115	2000	1901,28205	5,75938E-11	
Capacité du congélateur	2000	2000	2000	2000	

Heures travaillées en fabrication	4229,674797	4441,158537	6252,13675	6581,196581
Temps passé en fabrication	4229,674797	4441,158537	6252,13675	6581,196581
Heures travaillées au conditionnement	1539,779326	1616,768293	2346,15385	2534,798535
Temps passé au conditionnement	1539,779326	1616,768293	2346,15385	2534,798535
Nombre d'ouvriers en fabrication	8,811822493	8,811822493	13,7108262	13,71082621
Nombre maximum d'ouvriers en fabrication	52	52	52	52
Nombre d'ouvriers au conditionnement	3,207873597	3,207873597	5,14507422	5,280830281
Nombre maximum d'ouvriers au conditionnement	22	22	22	22

Bibliographie

- [1] Hémici F. & Bounab M. (2016). *Techniques de gestion. Cours et applications* (4ème éd.). Paris : Dunod.
- [2] Lyonnet B., Senkel M-P. & Clamens S. (2019). *Supply chain management*. Paris : Dunod.
- [3] De wolf D., *Gestion de la production et modélisation*. Cours de l'année académique 2019-2020. UCLouvain.
- [4] <https://www.emse.fr/beau/solveur/expl.html>, page consultée le 10 mai 2020.

Abstract :

This thesis presents the optimal production plan of two desserts within a company's 'Frozen Dessert' division. The production planning is a real strategic process for companies. This involves determining the purchase of raw materials (chocolate and fresh fruits), the production plan for the two frozen desserts, the storage plan and the number of workers at the beginning of each trimester. This production plan must meet the demand at a minimum production cost. In this paper, we use the EXCEL Solver to determine the optimal solution of the linear problem. The company, when manufacturing a product, must ensure that it complies with the two fundamental constraints: the desired objective and the technical and organizational constraints. Thanks to linear programming it is possible to determine the optimum, here a minimum production cost, while respecting the various constraints imposed to the company.

Résumé :

Ce mémoire présente le plan optimal de production de deux desserts au sein de la division « Desserts Glacés » d'une entreprise. La planification de la production est un réel processus stratégique pour les entreprises. Il s'agit de déterminer les achats de matières premières (chocolat et fruits frais), le plan de production des deux desserts glacés, le plan de stockage et les engagements et licenciements en début de chaque trimestre. Ce plan de production doit satisfaire la demande à coût de production minimum. Dans le cadre de ce mémoire, nous utilisons le Solveur d'EXCEL afin de déterminer la solution optimale du problème linéaire. L'entreprise, lorsqu'elle fabrique une production, doit veiller à respecter deux contraintes fondamentales : le respect de l'objectif recherché et le respect des contraintes techniques et organisationnelles. La programmation linéaire permet de déterminer l'optimum, ici un coût de production minimum, en respectant les différentes contraintes imposées à l'entreprise.

UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN
Louvain School of Management

Place des Doyens, 1 bte L2.01.01, 1348 Louvain-la-Neuve
Boulevard Emile Devreux 6, 6000 Charleroi, Belgique
Chaussée de Binche 151, 7000 Mons, Belgique

www.uclouvain.be/lsm