

## **EINSTEIN – Etude de cas “Légumes en boîte” Introductory Training day 3**

### **Description générale de la société**

La société a une activité dans le domaine alimentaire, en particulier dans la production de légumes en conserve.

Situation: Bordeaux (France)

- Latitude: 44,50°
- Irradiation solaire moyenne annuelle sur l'horizontale : 1300 kWh/m<sup>2</sup>/an
- Température moyenne annuelle: 13 °C
- Température moyenne annuelle de l'eau froide du réseau public: 10 °C

La société travaille en deux équipes (16 heures), 5 jours par semaine -> 260 jours

Capacité de production: 27 456 000 boîtes de 800 ml et 62 400 000 boîtes de 400 ml par an.

### **Consommation d'énergie:**

- 14.000 MWh/an de gaz naturel à 40 €/MWh
- Consommation d'électricité non connue à 100 €/MWh

### **Courte description du process de fabrication**

Les légumes frais sont stockés puis après avoir été triés et pesés, ils sont transformés sur deux lignes de production, qui marchent en parallèle.

Une partie des légumes (produite sur la ligne 1) sont mélangés à de l'eau chaude et de l'amidon puis cuits. Les boîtes sont ensuite remplies avec la soupe de légumes et quelques ingrédients supplémentaires. Les autres légumes (production sur la ligne 2) sont seulement blanchis. Les boîtes sont alors remplies avec les légumes blanchis, l'eau chaude, l'amidon et quelques ingrédients supplémentaires.

Toutes les boîtes de conserves sont finalement stérilisées et refroidies.

L'eau chaude est utilisée pour remplir les boîtes, pour la préparation de la sauce d'amidon et pour le nettoyage.

Courte description des procédés :

#### **1. Entreposage légumes frais :**

1 chambre froide à 5°C

- Charge moyenne de refroidissement: 92 kW

Environ 50% des légumes qui sont transformés chaque jour dans l'unité de production sont fournis à la société et stockés dans la chambre froide en continu Durant la journée.

- Quantité : 35 tonnes/jour (quantité équivalente calculée sur 24h pour 365 jours) à 9,5 °C

#### **2. Mélange et cuisson des légumes dans 2 cuves:**

a) Cuve de mélange où :

- 2,5 tonnes/cycle de légumes à 7°C,
- 1,6 m<sup>3</sup>/cycle d'eau neuve à 10°C
- 0,9 m<sup>3</sup>/cycle d'amidon à 65°C

sont ajoutés, mélangés et chauffés jusqu'à 75°C

- Durée du cycle: 11-12 min
- Nbre. de cycles: 16 par jour
- Puissance moyenne requise pour compenser les pertes thermiques de la cuve: 2,5 kW

b) La cuve de cuisson où la soupe (en sortant de la cuve de mélange) est cuite à 75°C pendant 48 min

- Nbre de cycles: 16 par jour
- Puissance moyenne requise pour compenser les pertes thermiques (maintien de la température): 2,5 kW

### 3. Blanchiment des légumes

Le blanchiment est réalisé par des cycles de 1 heure. Le blanchiment est réalisé à 80°C. 16 m<sup>3</sup>/cycle d'eau sont utilisés pour blanchir 6,4 tonnes/cycle de légumes:

- Température d'entrée de l'eau: 10 °C
- Température d'entrée des légumes: 7°C
- Puissance moyenne requise pour compenser les pertes thermiques: 8 kW
- A la fin de chaque cycle 14,4 m<sup>3</sup>/cycle d'eau chaude (récupérable) à 65°C sont envoyés à l'égout.
- Nbre. cycles: 6 par jour – début à 7h., toutes les 2 heures

#### ▪ Remplissage des boîtes

Pas de consommation d'énergie thermique.

### 4. Stérilisation des boîtes

Les boîtes sont stérilisées dans une autoclave et refroidies ensuite par un procédé en continu qui fonctionne 16 heures/jours.

- Quantité de boîtes fabriquées: 180,5 tonnes/jour
- Volume d'eau dans la cuve: 43 m<sup>3</sup>

L'autoclave a 3 compartiments:

#### a) Préchauffage des boîtes jusqu'à 95°C

- Température d'entrée des boîtes: 55°C
- Puissance requise pour compenser les pertes thermiques: 16,7 kW
- Température de l'eau (restant dans la cuve) après l'interruption nocturne: 91 °C

#### b) Stérilisation des boîtes jusqu'à 140 °C

- Température d'entrée des boîtes: 95°C
- Puissance requise pour compenser les pertes thermiques: 25 kW
- Température de l'eau après l'interruption nocturne: 134 °C

#### c) Refroidissement des boîtes

361 m<sup>3</sup>/jour d'eau sont utilisés pour le refroidissement des boîtes après stérilisation (compteur) et dissipés dans l'air ambiant.

- Température de sortie de l'eau récupérable envoyée à l'égout: 70 °C

### 5. Préparation de l'eau chaude à 65 °C pendant 16h/jour

- Quantité d'eau utilisée pour le remplissage des boîtes, la préparation de la sauce d'amidon et le nettoyage: 88 m<sup>3</sup>/day (over 16 h)
- Température d'entrée de l'eau: 10 °C
- Puissance requise pour compenser les pertes thermiques: 2 kW
- 35 m<sup>3</sup>/jour d'eau chaude (récupérable) à 45°C sont envoyés à l'égout après le nettoyage

## Bâtiment

#### ▪ Chauffage de l'espace pour le hall de production et les bureaux

La surface chauffée mesure 21.000 m<sup>2</sup>. Les besoins en chauffage basés sur les fluctuations mensuelles de la demande en énergie peuvent être estimés à 1470 MWh/an.

Période de chauffage: 1<sup>er</sup>Novembre - 15 Avril

La consommation d'eau chaude sanitaire est négligeable.

Pour des installations solaires, 14.000 m<sup>2</sup> sont disponibles sur un toit pentu (pente : 15°): 7.000 m<sup>2</sup> face au sud-ouest et 7.000 m<sup>2</sup> face au sud-est.

### Equipements de chauffage

Réseau de vapeur (5 bar) alimenté par une chaudière (6 MW, efficacité de conversion 0.88, ration d'air en excès: 1,4), température de sortie 160 °C, température de retour 80 °C, taux de recirculation 100%, longueur des tuyaux 500 m

### Equipements de refroidissement

- Un refroidisseur à air (puissance électrique 165 kW, température de sortie 0°C, COP = 3, température de refroidissement 30 °C) pour la chambre froide
  - Ligne de distribution de froid virtuelle: circulation d'air dans la chambre froide circulation (taux de recirculation 1, longueur de tuyau 0m)

### Données économiques:

- Taux d'inflation 3%
- Augmentation du coût de l'énergie 3%
- Taux d'intérêt nominal 4%
- Taux de discount spécifique de la société 3%
- Calendrier 20 ans
- Coûts annuels de maintenance pour la production de chaud et froid: 40.000 €/an

### Principales hypothèses de simplification

- Pour simplifier supposer que le milieu pour le procédé est l'eau (du fait que les propriétés physiques des légumes et de la sauce d'amidon sont semblables à celles de l'eau). De plus, la masse thermique de l'enveloppe métallique est négligeable (environ 0,5%) par rapport à la masse thermique du contenu des boîtes.
- Le procédé de mélange et le procédé de cuisson peuvent être facilement modélisés comme un seul procédé.
- Pour simplifier, les tours de refroidissement pour la dissipation de la chaleur éliminée suite à la stérilisation ne sont pas explicitement modélisées. La consommation d'énergie des tours de refroidissement n'est pas prise en considération.