E. I. E.
Bibliothèque
OUAGADOUGOU

SOMMAIRE

SOMMAIRE 1
DEDICACE 2
REMERCIEMENTS 3
AVANT-PROPOS 4
RESUME 5
I. INTRODUCTION 6
II. PRESENTATION DE LA BRAKINA 7
III. PRESENTATION DU PROCESS DE L'USINE 8
1. FILIERE BIERE 8
2. FILIERE BOISSONS GAZEUSES 9
IV. PRESENTATION DE LA CHAUFFERIE 12
1. LES CHAUDIERES 12
2. LES COLLECTEURS DE VAPEUR 13
3. LES APPAREILS D'UTILISATION 13
4. LES ACCESSOIRES 14
V. BILAN ENERGETIQUE 18
1. BILAN ENERGETIQUE DU BRASSAGE DE LA BIERE(FABRICATION) 18
2. BILAN ENERGETIQUE EMBOUTEILLAGE ET SIROPERIE 27
3. SYNTHESE DU BILAN ENERGETIQUE 30
VI. ANALYSE DU BILAN ET PROPOSITIONS 32
1. ANALYSE 32
2. PROPOSITIONS 32
VII. CHOIX DE LA NOUVELLE CHAUDIERE 34
VIII. VITESSES ET PERTES DE CHARGE DANS LES COLLECTEURS 35
1. VITESSE DANS LES COLLECTEURS 35
2. PERTE DE CHARGES DANS LES COLLECTEURS 38
3. PERTES DE CHALEUR DANS LES COLLECTEURS 40
IX. DIMENSIONNEMENT DU LOCAL DES CHAUDIERES ET DE LEUR SUPPORT DE POSE 41
1. LOCAL DES CHAUDIERES 41
2. SUPPORTS DE POSE DES CHAUDIERES 43
X. ETUDES TECHNICO-ECONOMIQUES 43
1. DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF DU GENIE CIVIL 44
2. DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF DE L'ECLAIRAGE LOCAL 44
3. DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF D'INSTALLATION DES NOUVELLES CONDUITES 45
4. DEVIS DU PROJET HORS INSTALLATION DE LA NOUVELLE CHAUDIERE 45
5. INTERET ECONOMIQUE DU PROJET 46
XI. CONCLUSION 47
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 48

ANNEXES

Note de calcul
Plans génie civil
Relevés de brassage

E. I. E. R.
Bibliothèque
OUAGADOUGOU

DEDICACE

A mon père N'GANZIAMI Pierre

A ma mère MALANDARI Marie

A tous mes collègues de la 29ème promotion,

Je dédie

Clovis N'GANZIAMI

E. I. E. R.
Enregistré
le 11 JUIL. 2000 sous N°
411.00

E.I.E.R
Bibliothèque
OUAGADOUGOU

REMERCIEMENTS

Dans cette page, je voudrais remercier tous ceux qui de près ou de loin m'ont aidé à réaliser mes études d'Ingénieur.

Je pense :

à la coopération allemande qui m'a soutenu par une bourse d'études de trois(3) ans,

à M. Yézouma COULIBALY et à l'ensemble du corps professoral de l'E.I.E.R,

à la famille LOEMBA et,

à la famille TSALA.

Ceux-ci ont été d'une contribution active dans mes études.

Ma reconnaissance va également à l'endroit de mon ami KINKOUMA Patrick qui m'a soutenu dans un moment déterminant de mon engagement.

Je ne saurais oublier la Direction Technique de la BRAKINA, à travers elle, l'ensemble du personnel de l'entreprise, pour m'avoir aidé et accueilli dans leur structure dans le cadre de ce mémoire.

AVANT-PROPOS

L'énergie est un élément fondamental pour l'industrie.

La vapeur d'eau, en raison de ses propriétés(accumulation importante de la chaleur, propreté, facilité de mise en œuvre), est un moyen efficace de transport et d'utilisation de l'énergie calorifique pour l'industrie.

Son utilisation date de la révolution industrielle dont elle a donné un tournant déterminant, avec l'apparition des machines comme ; la marmite de Denis PAPIN en 1690, les pompes à feu de SAVERY et NEWCOMEN en 1705, la machine de WATT en 1782, la chaudière tubulaire de SEGUIN en 1827 et la turbine de PARSONS en 1884.

De nos jours, c'est elle encore qui, grâce aux turbines, fait tourner les alternateurs de nos centrales thermiques.

Dans l'industrie agroalimentaire et dans les brasseries, la vapeur est utilisée pour la préparation et la transformation de divers produits, tels que la bière, le tabac, le chauffage des bouillons, la stérilisation...

Sa production, sa distribution et son utilisation, nécessitent une bonne connaissance de ses propriétés et de ses caractéristiques, une maîtrise réelle des besoins.

D'autre part, les installations de production, de distribution et d'utilisation de la vapeur d'eau doivent être conçues et choisies en observant des règles et des méthodes particulières tenant compte des résultats à obtenir, de la sécurité et des aspects économiques(investissement, économie d'énergie)

Telle est la tâche de tout Technicien ou Ingénieur chargé d'étudier une installation « vapeur »

C'est le but essentiel du présent rapport qui fait l'étude du système vapeur de l'usine de la BRAKINA de Ouagadougou.

RESUME

L'énergie est un facteur essentiel pour toute activité industrielle. En raison de cette importance, une attention particulière doit être accordée à sa gestion.

La Société des Brasseries du Burkina(*BRAKINA*) dans son usine de Ouagadougou utilise l'énergie sous forme de vapeur d'eau. Avec l'évolution de l'usine, il y'a eu des agrandissements, des rééquipements qui ont considérablement augmenté la production de l'entreprise ; seulement il s'est trouvé qu'avec ces modifications, la vapeur d'eau produite à l'usine est devenue de moins en moins disponible pour couvrir les besoins, et même pour permettre l'entretien des générateurs existants.

L'évaluation de l'utilisation de la vapeur d'eau à l'usine de *BRAKINA* a donné le bilan suivant :

- les besoins en vapeur de l'usine sont estimés à environ *15 000 Kg/h*, représentant environ *10,4 méga watts*.

La chaufferie existante est vieille, sa capacité est à peine satisfaisante, le risque d'essoufflement est très grand. Pour permettre une bonne gestion de la production de vapeur, les propositions suivantes seront nécessaires :

- l'implantation d'une nouvelle chaudière de *5,2 méga watts(7,7tonnes/heure)* ;
- la délocalisation de la chaufferie.

Les solutions proposées ont l'avantage de garantir et de pérenniser la capacité de production de l'entreprise, d'assurer la sécurité du personnel et d'économiser sur l'outil de production en permettant l'entretien régulier des générateurs.

L'investissement provisoire pour la mise sur pied du projet est initialement estimé à *33 809 000 F.CFA* ; un investissement qui ne couvre pas l'achat de la nouvelle chaudière.

I. INTRODUCTION

Une industrie comme toute entreprise est appelée à évoluer dans le temps. Sa capacité doit croître, ainsi que ses besoins.

Généralement pour des raisons financières, les usines ne sont prévues que pour accepter un agrandissement à court terme. C'est ainsi qu'arrivent des grandes difficultés lorsqu'il devient nécessaire de développer ou de moderniser considérablement l'outil de production dans la plupart d'entreprise.

La Société des Brasseries du Burkina ou *BRAKINA*, fait face aujourd'hui à un problème de développement de son unité de production de Ouagadougou.

L'usine de *BRAKINA* de Ouagadougou fonctionne depuis plus de 25 ans. Pendant cette période, est intervenu plusieurs rééquipements, des extensions ; ce qui a contribué à augmenter considérablement sa capacité de production. Malheureusement cette évolution n'a pas été bien maîtrisée, elle a manqué d'une certaine harmonie.

Sur le plan énergétique, l'acquisition des nouveaux équipements a augmenté le nombre d'appareils utilisateurs de façon inconséquente. Les besoins thermiques sont devenus insatisfaisants ; la vapeur qui est la source de chaleur est de moins en moins disponible pour la production.

Afin de remédier à la situation, la *BRAKINA* a sollicité une étude pour évaluer son utilisation de la vapeur, une évaluation devrant aboutir :

- à la maîtrise des besoins en vapeur par le bilan et ;
- à la proposition d'implantation d'une nouvelle chaudière, voire l'installation d'une nouvelle chaufferie.

Telle que définie, la présente étude est un projet d'harmonisation de l'énergie aux besoins de l'usine. Pour atteindre ses objectifs, elle considère deux grandes étapes :

le diagnostic où est fait le bilan énergétique et ;

l'avant projet qui donne les choix arrêtés et leur coût.

Un certain nombre de points, préalables à l'étude, ont été abordés, c'est le cas qui est du process de l'usine qui conditionne le diagnostic.

II. PRESENTATION DE LA BRAKINA

La société des brasseries du Burkina, *BRAKINA* en sigle, est une société anonyme de droit burkinabè au capital de *2 530 020 000 F.CFA.*

Son siège social se trouve à Ouagadougou.

Les différentes activités de la *BRAKINA* sont :

- la fabrication et l'embouteillage de la bière ;
- l'embouteillage des boissons gazeuses ;
- le conditionnement de l'eau minérale et ;
- la fabrication et le conditionnement de la glace.

Le patrimoine de l'entreprise comprend :

- deux(2) usines, de brassage et d'embouteillage, installées à Ouagadougou et à Bobo-Dioulasso.
- un titre foncier représentant une superficie de terrain de *61 521 m^2* dont l'occupation actuelle des sols fait seulement *17,25%.*

Le capital de la BRAKINA est reparti en *506 004* actions de valeur nominale de *5000F.CFA.* Les différents actionnaires et leurs participations dans le capital sont :

- Sociétés Etrangères : *90,15%*
- Privés Burkinabès : *7,22%*
- Etat du Burkina Faso : *2,39%*
- Privés Etrangers : *0,2%*
- Sociétés du Burkina Faso : *0,04%*

Les principaux produits de la BRAKINA sont :

Bières :

- *Brakina*
- *Sobbra*
- *Flag*
- *Guiness*
- *Castel*

Boissons gazeuses :

- *Youki Tonic*
- *Youki Orange*
- *Bullvit*
- *Spark Orange*
- *Coca Cola*
- *Fanta Orange*
- *Fanta Citron*

Eau minérale de marque « LAFI »(produite à Bobo Dioulasso.)

Glace : en pain de glace de 25Kg.

L'organisation administrative de la BRAKINA comprend quatre principales directions :

- la direction Générale ;
- la direction Technique ;
- la direction Financière ;
- la direction Commerciale.

La production de la BRAKINA est essentiellement commercialisée au Burkina Faso.

III. PRESENTATION DU PROCESS DE L'USINE

L'usine de Ouagadougou produit la bière, les boissons gazeuses et la glace.

Pour chaque produit existe un processus de fabrication approprié, mais dans le présent rapport, ne seront présentés que les processus de fabrication de la bière et des boissons gazeuses, lesquels utilisent la vapeur d'eau.

1. FILIERE BIERE

Pour la fabrication de la bière, les matières premières utilisées sont les céréales ; le *Malt* et le *Maïs* ou le *Malt* uniquement.

Les matières premières, produits importés(*Malt* et *Maïs*), sont stockées dans un magasin de stockage.

Le processus commence par le nettoyage, le dépoussiérage et le broyage séparés du *Malt* et du *Maïs*. Chaque farine obtenue après broyage est imbibée d'eau dans une cuve appelée *préempâteur*. Il se forme pour chaque farine de la pâte(pâte de *Maïs* et de *Malt*).

Les produits obtenus du préempatage sont par la suite versés dans une chaudière appelée *cuiseur à grains crus* où on y ajoute une grande quantité d'eau. Dans le *cuiseur*, on fait cuire le mélange sous pression. Un agitateur dans la chaudière assure le brassage pendant le chauffage. La température limite et les paliers à respecter dépendent du type de bière à fabriquer.

A la sortie du *cuiseur à grains crus*, le produit est versé dans une deuxième chaudière appelée *cuve matière*. Dans la *cuve matière*, après ajout de l'eau, on fait un retour de chauffage comme précédemment au *cuiseur à grains crus*, mais cette fois-ci la chaudière(*cuve matière*) est à la pression atmosphérique durant le chauffage.

Il faut signaler que dans le cas de la fabrication de la bière *Guiness*, de l'étape *préempatage*, on tombe directement à la cuisson dans la *cuve matière* sans faire l'étape du *cuiseur à grains crus*.

La solution de la *cuve matière* à la fin du chauffage est filtrée à travers des filtres à presses. On obtient deux(2) produits, le liquide appelé le *Moût*(sucre extrait des céréales) et les déchets solides accumulés sur les filtres. Sur le résidu accumulé sur les filtres, on fait passer un courant d'eau chaude pour extraire plus de sucre ; on appelle cette opération *lavage des filtres*.

Le liquide issu de la *première filtration* et du *lavage des filtres* constitue le *Moût*. A cause du *lavage des filtres*, le moût obtenu n'est pas assez concentré, aussi on le fait passer dans une troisième chaudière appelée *chaudière à houblonner*. Dans la *chaudière à houblonner*, on fait bouillir le *Moût* pendant environ 1heure 30minutes, par évaporation de l'eau le *Moût* devient plus concentré.

Du fait de la succession des brassages peu espacés dans le temps, la *chaudière à houblonner* peut être encore occupée au moment où suit une *filtration*. Une cuve appelée *bac tampon* permet de stocker provisoirement le *Moût* issu de la *filtration*. Dans le *bac tampon*, on maintient le *Mout* à une température de *90°C* pour empêcher le développement d'une éventuelle infection du produit. Dès que la *chaudière à houblonner* est libre, on envoie aussitôt le produit stocké provisoirement dans la *chaudière à houblonner*.

Le produit concentré dans la *chaudière à houblonner* est envoyé dans une cuve de décantation appelée *Whirpool*. Pendant le bref temps de séjour dans le *Whirpool*, les fins éléments solides vont décanter par dépôt au fond de la cuve.

Le *Moût* décanté est refroidi dans un échangeur à plaques qui fonctionne à l'eau glycolée, puis passe par la *salle de levure* pour rejoindre une *cuve de fermentation* pour un séjour qui

peut atteindre 30 jours. Dans la *salle de levure*, on injecte une semence de *levure* dans le *Moût*, cette *levure* qui sera nécessaire pour la *fermentation*.

Après *fermentation*, on obtient de la *bière non filtrée*, celle-ci est filtrée afin d'enlever la mousse de *levure* et d'autres éléments indésirables, on obtient de la *bière filtrée*. La *bière filtrée* est stockée dans des *tanks* où il règne une température basse. Elle est prête pour l'embouteillage.

Au niveau de l'embouteillage, les bouteilles sont d'abord nettoyées et désinfectées dans un appareil dénommé *laveuse*. Dans la *laveuse* les bouteilles passent dans plusieurs bains chauds successifs. Ces bains comprennent tantôt de l'eau sodique, tantôt de l'eau chlorée.

Du *tank de stockage*, les pompes envoient la *bière filtrée* dans la salle d'embouteillage où elle sera mise en bouteille à l'aide des appareils automatisés. Une fois la bouteille capsulée par un bouchon, la bouteille hermétiquement fermée est introduite dans un appareil appelé *pasteurisateur*, pour un bain de vapeur. Dans le *pasteurisateur* la chaleur stérilise le contenu de la bouteille, détruisant la *levure* encore vivante dans la *bière filtrée*.

Enfin la bouteille est étiquetée, mise en casier et stockée pour la commercialisation.

2. FILIERE BOISSONS GAZEUSES

Pour la production des boissons gazeuses, la *BRAKINA* utilise des produits semi-finis qui sont des extraits colorés en poudre soluble dans l'eau, produits de l'importation.

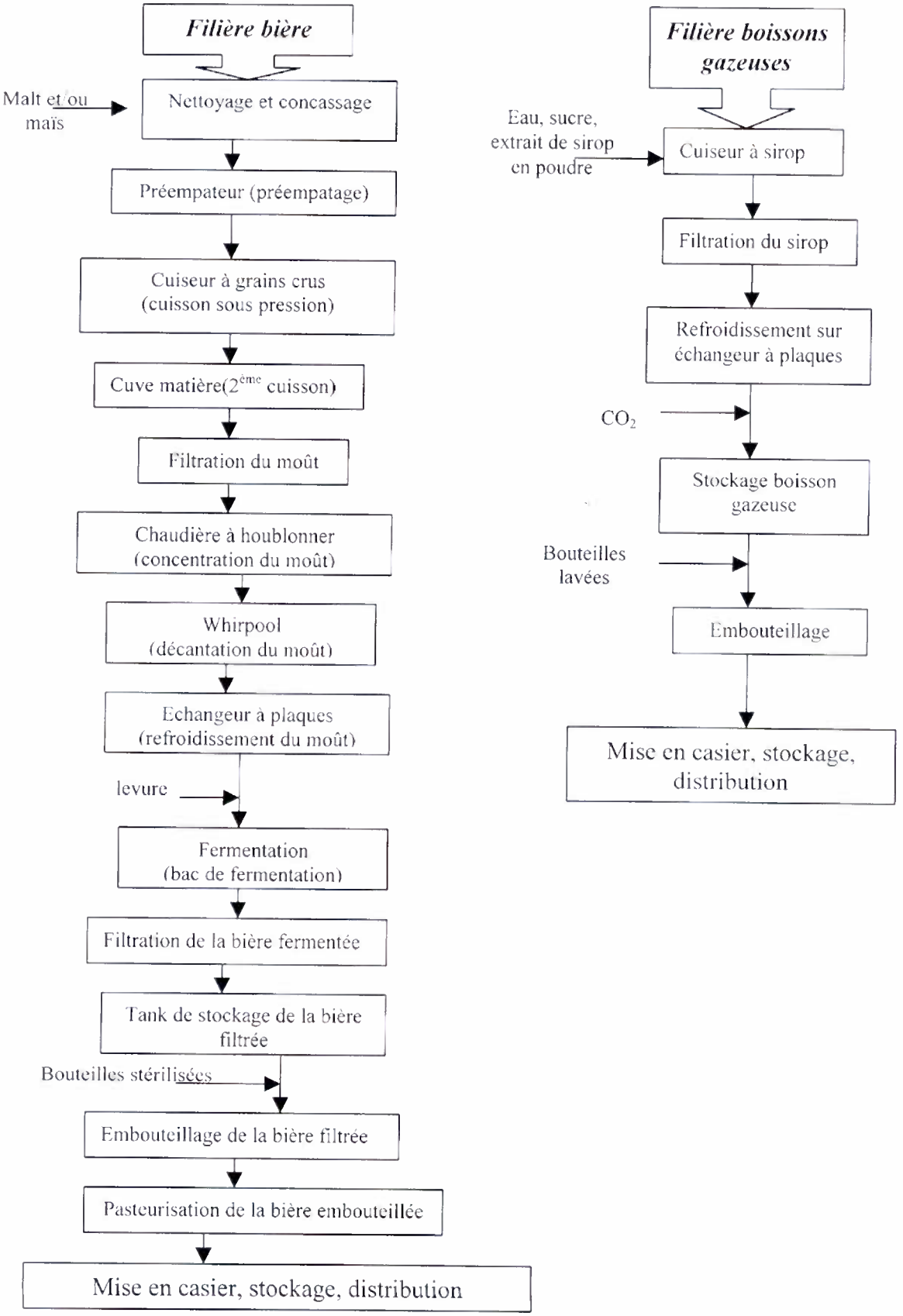
Le processus commence au niveau de la siroperie. On chauffe de l'eau traitée au charbon actif dans un cuiseur dit à sirop. A 90°C, on dilue dans l'eau chaude la poudre correspondante au jus à produire et du sucre. On obtient alors du sirop simple dans le cuiseur à sirop.

Le sirop simple passe sur un filtre à sirop et on obtient le sirop fini. Le sirop fini est ensuite refroidi dans un échangeur à plaques(sirop/ eau glycolée), puis on ajoute du CO_2 au sirop pour constituer une boisson gazeuse.

La boisson est maintenue au froid pour l'embouteillage. Dans l'espace d'embouteillage, les bouteilles sont préalablement lavées et désinfectées dans une machine à bains chauffants appelée *laveuse du groupe boissons gazeuses*. Les bouteilles sortent de la *laveuse* pour recevoir la boisson gazeuse, intervient ensuite le pose de capsule, l'étiquetage, la mise en casier et enfin le stockage d'avant distribution.

On constate que le processus de production de la boisson à la *BRAKINA* fait intervenir la *chaleur* et le *froid*.

Schéma du Process de fabrication de boissons



Première partie : ***Diagnostic des services généraux vapeur***

IV. PRESENTATION DE LA CHAUFFERIE

La chaufferie ou service vapeur de l'usine de la BRAKINA de Ouagadougou comprend :

- deux(2) chaudières ;
- un système de collecteurs ou canalisations vapeur ;
- des équipements d'utilisation et ;
- des accessoires.

1. LES CHAUDIERES

a) Chaudière N°1

C'est une chaudière cylindrique horizontale à tubes de fumée et foyer intérieur ayant les données suivantes :

MARQUE : STEAMBLOC
TYPE : 700
Numéro : 5001
Numéro série : 4108-00753
Année : 1975
Année de première mise en route : 1976
Catégorie : première
Surface de chauffe : 223.5 m^2
Capacité : 14 750 litres
Puissance : 7,700 Tonnes/heure
4 470 000 kcal/h
Timbre : 15 bars
Pression normale : 10 bars
Pression d'épreuve : 22,5 bars
Système de chauffe : Fuel lourd
Allumage : Gaz

Encombrement :

Longueur : 7 346 mm
Largeur : 2 200 mm
Hauteur : 3100 mm

Caractéristiques :

Nombre	Désignation	Longueur ou hauteur (mm)	Diamètre ou largeur (mm)	Epaisseur (mm)
1	Corps cylindrique horizontal	5 906	2 200	17
1	Tube foyer ondulé	6 661	850/950	14
2	Plaques tubulaires	170	2 200	23
136	Tubes de fumée	6 254	70,3/76,1	

Brûleur :

MARQUE : STEAMBLOC
TYPE : Br B 320 AVCS 700
Référence : 918442331
N° série : 9039
Puissance du moto-ventilateur : 25 cv.

b) Chaudière N°2 :

Chaudière cylindrique horizontale à tubes de fumée et foyer intérieur présentant les mêmes caractéristiques que la première.

2. LES COLLECTEURS DE VAPEUR

Ils sont disposés suivant le schéma du système vapeur. Les diamètres des collecteurs vont de 32mm à 125mm.

Les collecteurs permettent de transporter la vapeur des chaudières vers les nourrices, puis des nourrices vers les appareils d'utilisation. Nous mettons aussi dans la catégorie des collecteurs les canalisations de retour de condensats, les purgeurs, les éléments de jonction des conduites et les éléments de régulation(vannes, nourrices, brides,...)

Toutes les canalisations ou collecteurs de la chaufferie sont en acier. Pour les différents circuits, les longueurs et les diamètres, nous renvoyons au schéma du système vapeur.

3. LES APPAREILS D'UTILISATION

Les appareils d'utilisation de vapeur sont des équipements qui utilisent la chaleur apportée par la vapeur. A leur niveau la vapeur se transforme en condensat en cédant la chaleur à l'équipement.

Les équipements utilisateurs recensés sont essentiellement des cuves chaudières et des échangeurs de chaleur. Nous les classons en deux(2) catégories :

- *les appareils de la salle de brassage de la bière et ;*
- *les appareils de l'embouteillage et de la siroperie.*

a) Les appareils de brassage de la bière :

Les appareils d'utilisation de vapeur de la filière bière sont les suivants :

- deux(2) cuiseurs à grains crus de marque ZIEMANN, ayant pour le premier une capacité utile de 80hl et une surface de chauffe de $8m^2$; et pour le deuxième une capacité utile de 175hl et une surface de chauffe représentant $9m^2$. La pression d'utilisation pour chaque cuiseur est de 6bars ;
- une cuve matière, de capacité totale de 320hl, de pression de vapeur de 6bars et ayant deux zones de chauffe avec des surfaces de chauffe respectives de $5.5m^2$ et de $10.79m^2$;

- un échangeur multitubulaire de puissance 1800kW(chauffage de 800hl d'eau en 3heures environ) ;
- un bac tampon de capacité 8.37hl ;
- une chaudière à houblonner avec, la capacité utile de 470hl, une surface de chauffe de 19m^2 pour une pression de service de 6bars ;

Les appareils de cette première catégorie sont alimentés en vapeur par une même source qui est la chaudière N°1.

b) Appareils de l'embouteillage et de la siroperie :

Il a été enregistré à l'embouteillage et à la siroperie les appareils d'utilisation de vapeur suivants :

- deux(2) cuiseurs à sirop ayant des volumes respectifs de 1800 litres et 1200 litres ;
- une laveuse du groupe d'embouteillage boissons gazeuses ;
- deux(2) laveuses du groupe d'embouteillage bière ;
- deux(2) pasteurisateurs du groupe d'embouteillage bière ;
- un échangeur d'eau chaude de désinfection de filtres à sirop ;
- un séparateur de gaz carbonique.

Les appareils utilisateurs de vapeur de la siroperie et de l'embouteillage sont tous alimentés en vapeur par la chaudière N°2.

4. LES ACCESSOIRES

Les accessoires de la chaufferie comprennent :

- *Le stockage fuel :*

  2 cuves de fuel lourd de 32 000 Litres chacune(soit 64 000 Litres),
  1 cuve de fuel lourd de50 000 Litres.
  Soit une possibilité de stockage de fuel lourd de 114 000 Litres ou 121 300 Kg ;
  1 cuve de fuel léger de 10 000 Litres ;
  Cuves intermédiaires : Fuel lourd 5 000 Litre,
  Fuel léger 2 000 Litres.

- *Eau d'alimentation :*

  1 bâche d'eau d'alimentation pour les chaudières d'environ 9m^3.
  Le taux de récupération de condensat : 50 à 60%
  Appoint en eau d'environ 3,3m^3/h

- *Adoucisseur :*

  250 Litres de Résine
  Pouvoir d'échange : 1 500
  TH d'eau entrée : 5°f

- *Pompes*

- *Caractéristiques de l'eau(Préconisation du constructeur)*

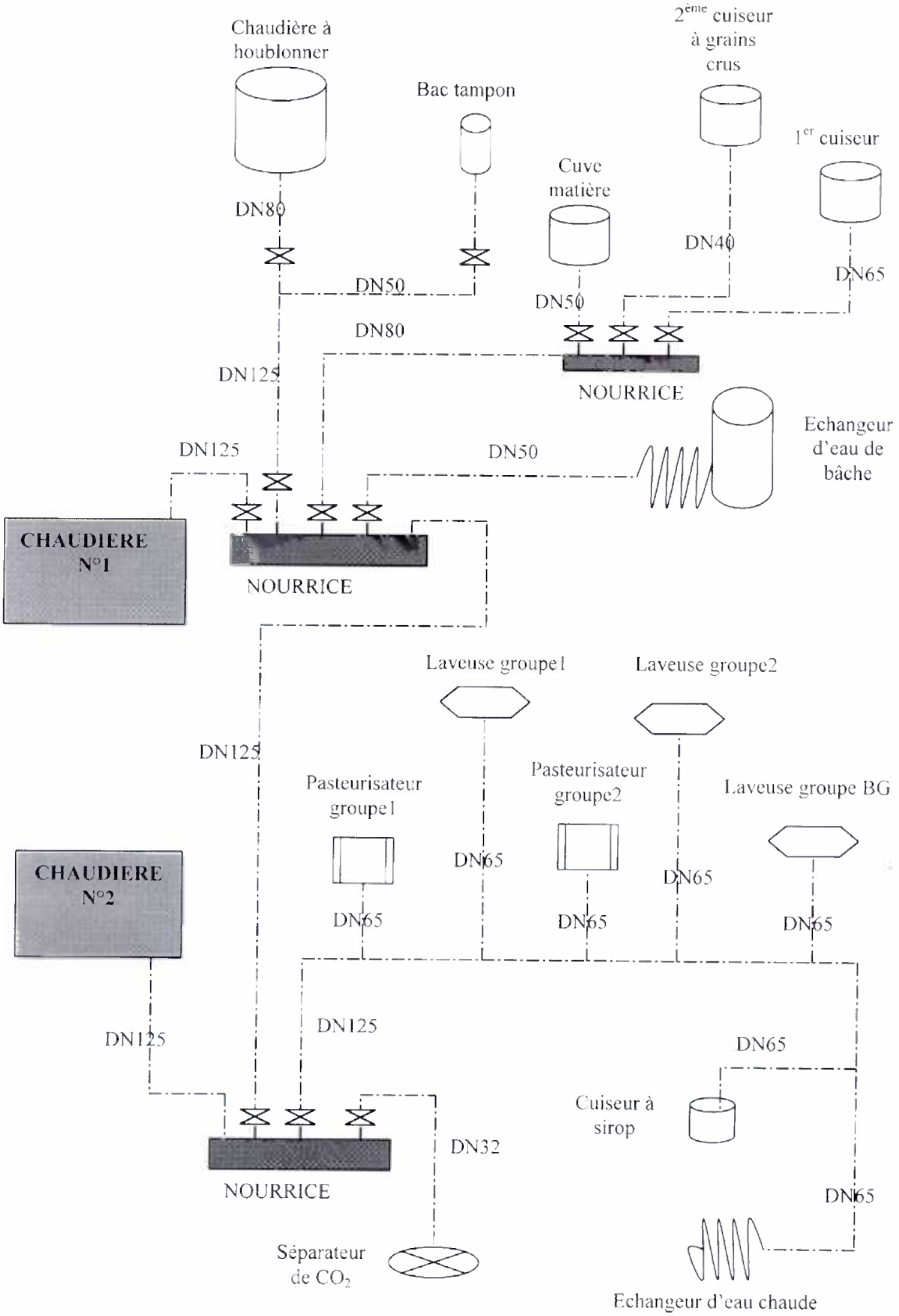
  Eau d'alimentation :

  - Dureté totale TH : comprise entre 0 et 0,5°f
  - PH(mesuré à 25°C) comprise entre 8,5 et 9,5
  - Teneur en huiles : néant
  - Teneur en silice : la plus faible possible
  - Teneur en oxygène : inférieur à 0,05mg/l

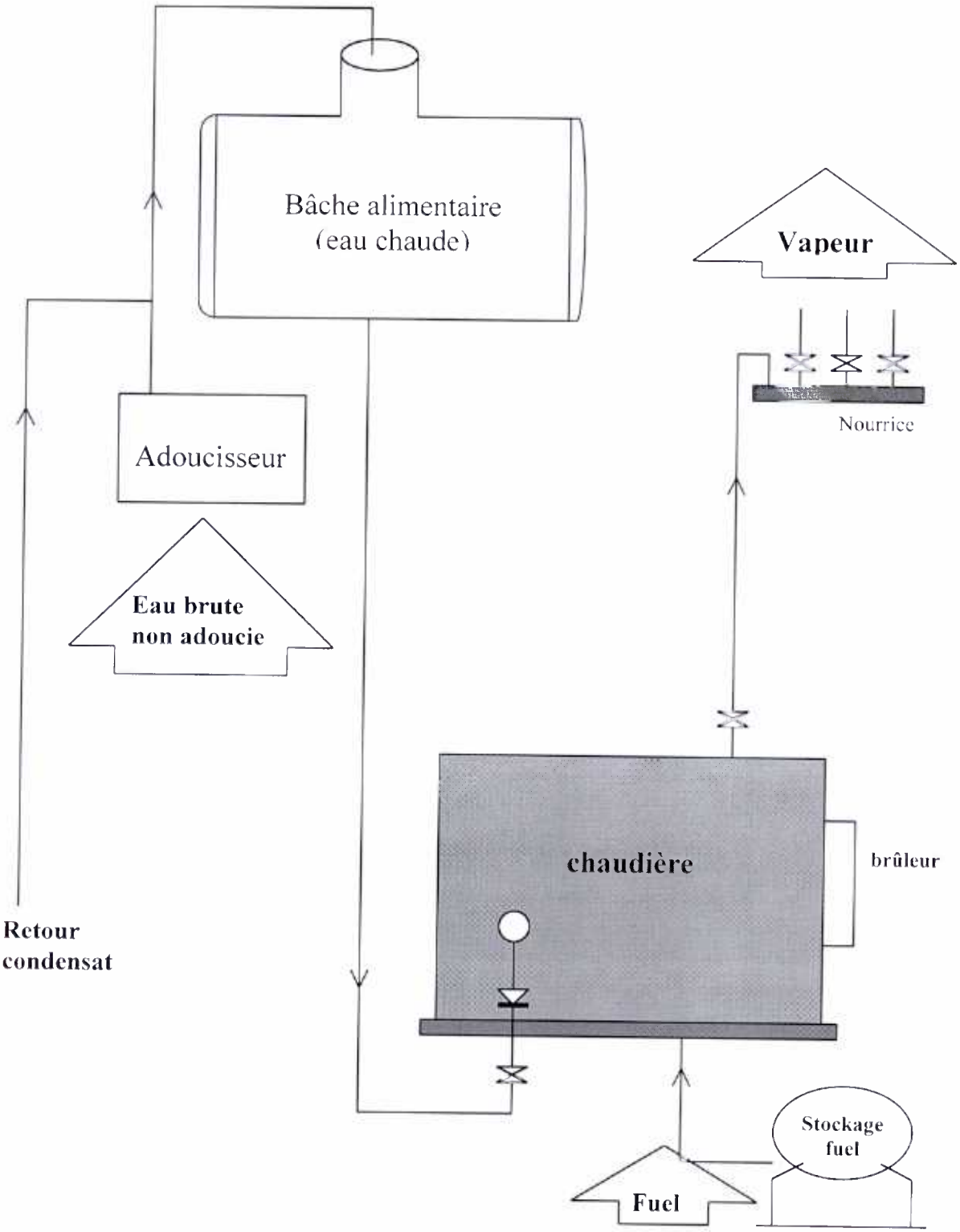
  Eau de chaudière :

  - TH :0°f
  - Titre alcali métrique complet TAC : compris entre 8,5 et 9,5
  - Titre alcali métrique TA : au minimum de 0,7 de la valeur du TAC
  - Chlorures(exprimés en Cl) : maximum 500mg/l
  - Phosphates :entre 20mg/l et 30mg/l
  - Teneur en silice : inférieur à 100mg/l
  - Salinité totale : inférieur à 3 000mg/l.

Schéma général des services vapeur



Détail d'une installation de chaufferie(chaudière et accessoires)



V. BILAN ENERGETIQUE

Pour faire le bilan énergétique du système vapeur, nous partons des besoins calorifiques de chaque appareil ou poste d'utilisation. En fonction de la durée de fonctionnement continu de l'appareil nous évaluons le flux de chaleur engendré, pour ensuite déterminer le débit de vapeur qui est le fluide colporteur.

Les calculs sont faits suivant l'hypothèse que les chaudières produisent de la vapeur saturante et en traversant les équipements d'utilisation la vapeur passe à l'état d'eau saturante à la pression atmosphérique. Il faut signaler que la pression de vapeur dans les équipements d'utilisation est de 6 bars.

1. BILAN ENERGETIQUE DU BRASSAGE DE LA BIERE(FABRICATION)

L'usine de la BRAKINA de Ouagadougou brasse trois(3) marques de bière, la bière ordinaire(Brakina), la Flag et la Guinness. A chaque type de bière correspond un profil de brassage (durée et température), la qualité et la quantité de matières premières.

Nous ferons le bilan sur les équipements de brassage pour chaque marque de bière.

1.1. Bilan du brassage de la bière ordinaire(Brakina) :

Les quantités de matières intrants utilisées par brassage sont,

Malt :4000Kg,

Maïs :2000Kg

Le produit de la mise en pâte de ces produits est appelé mouture, et il a une chaleur massique Cs de 0.52 Kcal/kg.

Le Moût qui est le liquide recueilli après cuisson de la mouture et filtration est essentiellement constituée d'eau, pour les besoins de calcul nous l'assimilerons à l'eau en lui donnant une chaleur massique Cs équivalent à 1Kcal/Kg

a) Bilan cuiseur à grains crus

Dans le cuiseur à grains crus, on mélange la farine de malt et maïs à de l'eau, puis on chauffe sous pression progressivement en respectant certains paliers jusqu'à atteindre la température de 100°C.

Masse de la pâte de malt et maïs m_s : 6000kg

Eau :100hl ou $10m^3$(10 000kg).

Température d'entrée matière : 34°C

Température sortie matière : 100°C

Variation température : ΔT = 66 °C

Cumul des temps de montée t=1h15' ou 1,25h

- ***Chaleur apportée au mélange(la mouture + eau) :***

Farine(céréales) : $Q_1=m_s \times Cs \times \Delta T$

$=6\ 000Kg*0,52Kcal/Kg°C*66°C$

$=$**205 920Kcal**,

Eau : $Q_2=m_e \times Cs \times \Delta T$

$=10\ 000Kg*1Kcal/Kg°C*66°C$

$=$***660 000Kcal***

Pertes thermiques : 10% de la quantité de chaleur calculée ;

Au total pour le cuiseur, on apporte une énergie Q *de* ***952 512Kcal*** *pendant 1h15mn.*

- ***Flux de chaleur :*** $\Phi = \frac{Q}{t}$,

Numériquement, on trouve : Φ=952512Kcal/1,25h, soit ***762 009Kcal/h.***
Le flux de chaleur à travers le cuiseur à grains crus est de ***762 009Kcal/h.***

- ***Débit de vapeur d'eau traversant le cuiseur :***

Il est donné par la formule : $\dot{m} = \frac{\Phi}{(h_v - h_e)}$, où h_v et h_e sont respectivement l'enthalpie de la vapeur saturante à 6bars et de l'eau chaude à 90°C à la pression atmosphérique.
$(h_v - h_e)$=569Kcal/kg

$$\dot{m} = 762009/569$$
$$= \underline{\textbf{1339Kg/h}}$$

Les besoins estimés de vapeur pour le cuiseur à grains crus dans le cas de la fabrication de la bière ordinaire sont de ***1339Kg/h.***

b) Bilan cuve matière

La solution passe de 40°C à 78°C, mais jusqu'à 65°C, la cuve matière est chauffée par l'échange avec les éléments de chauffe du cuiseur à grains crus. Par conséquent, la vapeur apportée à la cuve matière permet de chauffer sa solution de 65°C à 78°C.

Or du produit venant du cuiseur à grains crus, on ajoute encore 130hl d'eau. Le bilan tiendra compte de toutes les quantités de matières présentes dans la solution.

Les formules utilisées étant les mêmes que dans le cas du bilan du cuiseur, à savoir :

Quantité de chaleur apportée Q est : $Q = m \times Cs \times \Delta T$

Flux de chaleur : $\Phi = \frac{Q}{t}$

Le débit de vapeur à travers les éléments de chauffe : $\dot{m} = \frac{\Phi}{(h_v - h_e)}$

Les quantités de matières se répartissent comme suit :

Matière solide ou mouture : 6000Kg avec Cs=0,52Kcal/Kg°C
Eau :230hl, soit 23000Kg avec Cs=1Kcal/Kg°C
Variation de température relative à l'apport de vapeur ΔT : 13°C

- ***Calcul de la quantité de chaleur apportée :***

Mouture ou matière solide :

Q_1=6000Kg*0.52Kcal/Kg°C*13°C
=***40560Kcal***

L'eau :

Q_2=23000Kg*1Kcal/Kg°C*13°C
=***299000Kcal***

Total mélange (Q_1+Q_2) **:**

Q_1+Q_2=***339560Kcal***

Pertes thermiques de 10%,
Total énergie calorifique :

Q =***373516Kcal***

- **Calcul du flux de chaleur traversant la surface de chauffe de la cuve :**

Temps total de montée t : 40mn ou 0,6667heure

$$\Phi = \frac{Q}{t}$$

=373516Kcal/0.6667h

=***560246Kcal/h***

- **Débit de vapeur traversant la cuve :**

La vapeur entre dans la cuve matière après une détente à 6bars en état de vapeur saturée d'enthalpie h_v est égale à *2755,2KJ/Kg(659Kcal/Kg)* et sort à l'état d'eau liquide à 90°C et à la pression atmosphérique d'enthalpie h_e égale à *377KJ/Kg(90Kcal/Kg).*

Soit : $(h_v - h_e) = 569Kcal/Kg$

$$\dot{m} = \frac{\Phi}{(h_v - h_e)}$$

=560246/569

=***984Kg/h***

c) Bilan échangeur eau chaude(pour lavage de filtres)

On dispose d'un échangeur de 1800kW ; correspondant à une production de 800hl d'eau chaude en 3heures environ.

- ***Donc le flux de chaleur d'échange est :***

Φ=1800Kw

=***1550239Kcal/h.***

- ***Le débit de vapeur à travers l'échangeur est :***

$$\dot{m} = \frac{\Phi}{(h_v - h_e)}$$

=1550239/569

=***2724Kg/h.***

d) Bilan bac tampon

Capacité :8.37hl ou 0.837m^3

Le bac tampon sert à stocker provisoirement le moût sorti des filtres, en entendant de libérer la chaudière à houblonner. On chauffe pour éviter l'infection du moût pendant le temps de stockage.

La densité moyenne du moût est environ 9.2 ; soit 9200Kg/m^3, et pour un volume maximal de 0.877m^3, le bac tampon peut contenir au maximum 7700kg.

La température initiale (sortie matière) est d'environ 70°C, et dans le bac tampon le produit est porté à la température de 90°C pendant 1h30mn au maximum.

Pour le bilan, on fait les hypothèses suivantes :

-Le liquide moût sera assimilé à l'eau en raison de l'importance de l'eau qu'il contient, d'où sa chaleur massique sera de 1Kcal/Kg°C.

-La variation de température dans le bac est de 20°C

- **Calcul de la chaleur apportée :**

Q=7700Kg*1Kcal/Kg°C*20°C*[1,1]
=***169400Kcal.***

Le facteur multiplicatif de 1,1 traduit les pertes thermiques de 10%.

- **Le flux de chaleur à travers le bac :**

$\Phi = Q/t$
=169400Kcal/1,5h
=***112933Kcal/h***

- **Débit de vapeur à travers le bac :**

$$\overset{\circ}{m} = \frac{\Phi}{(h_v - h_e)}$$
=112933/569
=***198Kg/h***

e) Bilan chaudière à houblonner

Dans la chaudière, on fait l'ébullition à la pression atmosphérique dans le but de vaporiser pour concentrer le moût.

Pour faire le bilan nous allons considérer la masse d'eau évaporée et le temps d'ébullition.

Volume initial matière : 460hl,
Volume final matière : 435hl,
Volume d'eau évaporé : 25hl(soit 25m^3 ou 2 500kg) ;
Pression de la chaudière : 1atmosphère.
Enthalpie eau à saturation h_e : 100Kcal/Kg
Enthalpie de la vapeur d'eau à 1 atm h_v : 639Kcal/Kg
h_v-h_e=*539Kcal/Kg*
Durée de l'ébullition : 1h30mn(1,5h)

- ***Quantité de chaleur apportée à la chaudière pendant la phase l'évaporation :***

$Q=m(h_v-h_e)$
=*2 500Kg*539Kcal/Kg*
=*1 347 500Kcal.*

En considérant que les pertes thermiques sont estimées à 10% de la valeur calculée, on a

Q=1 482 250Kcal

- ***Flux de chaleur apporté à la chaudière à houblonner :***

$\Phi = Q/t$=1482250Kcal/1.5h=***988167Kcal/h***

- ***Débit de vapeur traversant la chaudière à houblonner :***

C'est le débit du fluide caloporteur qui est la vapeur d'eau, elle rentre dans la chaudière à la pression de 6bars à l'état de vapeur saturée et en sort à la pression de 1 atm sous forme de liquide à saturation.

Le débit de vapeur est :

$$\overset{\circ}{m} = \frac{\Phi}{(h_v - h_e)}$$
=988167/569
=***1737Kg/h.***

f) Récapitulatif des résultats du bilan brassage de la bière ordinaire :

Poste d'utilisation vapeur	***Débit de vapeur calculé***
Cuiseur à grains crus	*1339Kg/h*
Cuve matière	*984Kg/h*
Echangeur à eau chaude(lavage de filtres)	*2724Kg/h*
Bac tampon	*198Kg/h*
Chaudière à houblonner	*1737Kg/h*

N.B : Le deuxième cuiseur à grains crus ne fonctionne qu'en relève du premier ; pas de fonctionnement simultané des deux cuiseurs à grains crus, aussi il n'est intégré dans notre bilan que les besoins en vapeur d'un seul cuiseur à grains crus.

1.2 *Bilan du brassage de la bière Flag* :

a) Bilan chaudière à grains crus :

Matières versées :

Malt :5000kg
Maïs : 1800kg
Sucre :1000kg
Eau :90hl($9m^3$)

Paramètres :

Température initiale : 34°C, température finale : 100°C
Variation de température : ΔT=66°C
Temps de montée cumulé : 1h15mn(1,25h)
Pression :1atmosphère

- ***Chaleur apportée au versement(matières versées) :***

Versement solide(malt, maïs et sucre) :

Masse m=7800kg
Chaleur massique ou spécifique Cs=0,52Kcal/kg°C

$Q_1 = m \times Cs \times \Delta T$
$= 7800Kg * 0{,}52Kcal/kg°C * 66°C$
$= 267696Kcal$;

Versement liquide(eau) :

Masse :9000kg
Chaleur spécifique : 1Kcal/kg°C

$Q_2 = m \times Cs \times \Delta T$
$= 9000Kg * 1Kcal/kg°C * 66°C$
$= 594000Kcal$;

Pertes thermiques : 10%

Total versement :

$$Q = (Q_1 + Q_2) * 1{,}1$$
$$= \mathbf{947866Kcal}.$$

- ***Flux de chaleur reçu :***

$$\Phi = \frac{Q}{t}$$

$=94866/1,25$
$=\mathbf{758293Kcal/h}$;

- ***Débit de vapeur à travers le cuiseur :***

$$\dot{m} = \frac{\Phi}{(h_v - h_c)}$$
$=758293/569$
$=\underline{\mathbf{1333Kg/h}}$.

b) Bilan cuve matière :

Masse intrant solide(malt, maïs et sucre) : 7800Kg, Cs : 0,52Kcal/Kg°C ;
Masse eau : 24000Kg(240hl), Cs : 1Kcal/Kg°C ;
Température initiale : 38°C, mais jusqu'à 65°C la cuve matière est réchauffée par échange avec le cuiseur à grains crus (pour cela on prend la température initiale à 65°C) ;
Température finale : 78°C ;
Temps de montée cumulé : 1heure ;
Variation de température ΔT : 13°C.

- **Chaleur apportée à la cuve matière :**

Chaleur fournie aux intrants solides
$Q_1 = m \times Cs \times \Delta T = 7800Kg * 0,52Kcal/Kg°C * 13°C = 52728Kcal.$
Chaleur fournie à l'eau dans la cuve matière

$Q_2 = m \times Cs \times \Delta T$
$=24000Kg * 1Kcal/Kg°C * 13°C$
$=312000Kcal.$

Pertes thermiques : 10%
Chaleur totale fournie à la cuve :

$Q = (Q_1 + Q_2) * 1,1$
$=\mathbf{401\ 201Kcal.}$

- ***Flux de chaleur fourni à la cuve :***

$$\Phi = \frac{Q}{t}$$
$=401201Kcal/1h$
$=\mathbf{401\ 201Kcal/h.}$

- ***Débit de vapeur à travers la cuve matière :***

$$\dot{m} = \frac{\Phi}{(h_v - h_c)}$$
$=401201/569$
$=\underline{\mathbf{705Kg/h.}}$

c) Bilan chaudière à houblonner :

La chaudière à houblonner reçoit le moût qui est l'extrait liquide issu de la filtration de la solution de la cuve matière. Dans la chaudière à houblonner, on évapore l'eau en excès dans le moût dans le but de le rendre plus concentré.

Données :

Volume du moût avant ébullition : 460hl ;
Volume du moût après ébullition : 420hl ;
Masse d'eau évaporée m_e : 4000kg(40hl) ;
Temps d'ébullition : 2h10mn(2,1667heures) ;
Pression dans la chaudière : 1atm

- ***Chaleur reçue durant le temps d'évaporation :***

$$Q=m_e(h_v-h_e)\ ;$$

Où (h_v-h_e) est la différence d'enthalpies entre la vapeur d'eau et l'eau liquide à saturation.

$$Q=4000Kg*(539Kcal/Kg)$$
$$=2156000Kcal\ ;$$

En considérant les pertes thermiques à 10% de la valeur calculée, on obtient la quantité de chaleur totale :

$$Q=\mathbf{2\ 371\ 600Kcal}$$

- ***Flux de chaleur à travers la chaudière à houblonner :***

$$\Phi = \frac{Q}{t}$$
$$=2371600Kcal/2,1667h$$
$$=\mathbf{1\ 094\ 568Kcal/h.}$$

- ***Débit de vapeur circulant dans la chaudière à houblonner :***

$$\dot{m} = \frac{\Phi}{(h_v - h_e)} = 1094568/569 = \mathbf{\underline{1924Kg/h.}}$$

d) <u>Récapitulatif des résultats du bilan de brassage de la bière Flag</u> :

Poste d'utilisation de vapeur	***Débit de vapeur calculé***
Cuiseur à grains crus	*1333Kg/h*
Cuve matière	*705Kg/h*
Chaudière à houblonner	*1924Kg/h*

1.3 *Bilan du brassage de la Guiness :*

Intrants solides$(m_s=5800Kg)$:

Malt :5200Kg ;
Sucre :600Kg ;

L'intervention de la chaleur dans le processus de fabrication de la bière Guiness se fait dans la cuve matière, lors de la filtration et dans la chaudière à houblonner.

a) <u>Bilan cuve matière</u> :

Paramètres :

Température initiale : 41°C, mais là encore c'est l'échange de chaleur avec le cuiseur à grains crus qui permet d'élever la température jusqu'à 65°C.

Température finale : 77°C ;
Ecart de température ΔT : 12°C ;
Quantité d'eau dans le mélange m_e : 19300kg(193hl) ;
Cs intrant solide : 0,52Kcal/kg ;
Chaleur spécifique de l'eau Cs : 1Kcal/kg ;
Temps cumulé de montée t : 40mn(0,6668heure) ;

- ***Chaleur reçue par les intrants :***

Intrants solides(malt et sucre) :

$$Q_1 = m_s \times Cs \times \Delta T$$
$$= 5800Kg * 0,52Kcal/kg°C * 12°C$$
$$= 36192Kcal ;$$

Intrant liquide(eau) :

$$Q_2 = m_e \times Cs \times \Delta T$$
$$= 19300Kg * 1Kcal/kg°C * 12°C$$
$$= 231600Kcal$$

Pertes thermiques estimées à 10%.

Chaleur totale reçue : $Q = (Q_1+Q_2)*1,1 = \mathbf{294571Kcal}$

- ***Flux de chaleur reçu par la cuve matière :***

$$\Phi = \frac{Q}{t}$$
$$= 294571/Kcal/0,6667h$$
$$= \mathbf{441\ 835Kcal/h}$$

- ***Débit de vapeur circulant dans la cuve matière :***

$$\dot{m} = \frac{\Phi}{(h_v - h_e)}$$
$$= 441835/569$$
$$= \underline{\mathbf{777Kg/h}}.$$

b) Bilan chaudière à houblonner :

Volume début ébullition : 460hl
Volume fin ébullition : 430
Masse d'eau évaporée : 3000kg(volume de 30hl)
Durée d'ébullition : 1h30mn(1,5heures)

- ***Chaleur apportée pendant l'évaporation :***

$$Q = m_e(h_v - h_e)$$
$$= 3000Kg * 539Kcal/kg$$
$$= 1617000Kcal ;$$

Dans notre expression, h_v représente l'enthalpie de la vapeur d'eau à la pression atmosphérique,

h_e l'enthalpie de l'eau à saturation à la pression atmosphérique.

En tenant compte des pertes thermiques évaluées à 10%, on trouve :

$$Q = \mathbf{1\ 778\ 700Kcal}$$

- ***Flux de chaleur à travers la chaudière à houblonner :***

$$\Phi = \frac{Q}{t}$$
$$= 1778700Kcal/1,5h$$
$$= \mathbf{1\ 185\ 800Kcal/h.}$$

- ***Débit à travers la chaudière à houblonner :***

$$\dot{m} = \frac{\Phi}{(h_v - h_c)}$$
$$= 1185800/569$$
$$= \mathbf{2084kg/h.}$$

Ici, h_v est l'enthalpie du fluide caloporteur qui est la vapeur d'eau à 6bars.

h_e l'enthalpie du fluide caloporteur à sa sortie de l'équipement d'utilisation(eau liquide à saturation à la pression atmosphérique).

c) ***Récapitulatif bilan brassage de la bière Guiness :***

Poste d'utilisation de la vapeur	***Débit de vapeur calculé***
Cuve matière	*777kg/h*
Chaudière à houblonner	*2084kg/h*

1.3 Synthèse du bilan du brassage de la bière(fabrication) :

Nous rappelons que les besoins en vapeur de la fabrication ou brassage de la bière sont assurés par la chaudière N°1.

Le tableau ci-dessous synthétise les résultas du bilan énergétique du brassage :

Poste d'utilisation vapeur	*Débit de vapeur*				
	Brassage ordinaire	*Brassage Flag*	*Brassage Guiness*	*Débit mini*	*Débit maxi*
Cuiseur à grains crus	1339kg/h	1333kg/h		1333kg/h	1339kg/h
Cuve matière	984kg/h	705kg/h	777kg/h	705kg/h	984kg/h
Echangeur à eau chaude	2724kg/h	2724kg/h	2724kg/h	2724kg/h	2724kg/h
Bac tampon	198kg/h			0	198kg/h
Chaudière à houblonner	1737kg/h	1924kg/h	2084kg/h	1737kg/h	2084kg/h
Total brassage				***6499kg/h***	***7329kg/h***

2. BILAN ENERGETIQUE EMBOUTEILLAGE ET SIROPERIE

Ce bilan intéresse les équipements qui sont alimentés en vapeur par la chaudière N°1. Il s'agit :

- de deux(2) groupes d'embouteillage bière ayant chacun une laveuse de bouteilles et un pasteurisateur comme équipements utilisateurs de vapeur ;
- d'un groupe d'embouteillage boissons gazeuses qui dispose d'une laveuse de bouteilles comme équipement utilisateur de vapeur ;
- des cuiseurs à sirop d'une capacité totale de 30 hectolitres. ;
- d'un échangeur de production d'eau chaude pour la stérilisation des filtres à sirop.

2.1 *Bilan groupe d'embouteillage boissons gazeuses :*

L'utilisation de la vapeur pour ce groupe se fait au niveau de la laveuse de bouteilles. L'opération comprend :

- le prerinçage qui ne nécessite pas le chauffage de l'eau, donc, pas d'utilisation de vapeur ;
- le lavage qui comprend quatre(4) bains successifs à des températures respectives de 50°C, 70°C, 70°C et 60°C correspondant à un volume de $8m^3$ pour chaque bain ;
- le rinçage à 50°C dans $8m^3$ d'eau et le rinçage à 50°C dans $4m^3$ d'eau.

Nous évaluons les besoins en vapeur pour chaque opération d'abord, et enfin le cumul des besoins constituera le débit de vapeur de la laveuse du groupe boissons gazeuses.

- ***Chaleur fournie à la laveuse du groupe B.G(Q) :***

Temps moyen d'élévation de température t : 2heures

a) Prerinçage :

pas d'utilisation de vapeur

b) Lavage :

Bain 1 : volume=$8m^3$(8000Kg)

Température : eau passant de 30°C à 50°C ; soit ΔT=20°C

- $Q_1 = m \times Cs \times \Delta T$
  $=8000Kg*1Kcal/Kg°C$
  $=$***160000Kcal ;***

Bain 2 : volume=$8m^3$

Température de 30°C à 70°C, soit ΔT=40°C ;

- $Q_2 = m \times Cs \times \Delta T$
  $=8000Kg*1Kcal/Kg°C*40°C$
  $=$***320000Kcal ;***

Bain 3 : (idem bain 2)

- Q_3=***320000Kcal ;***

Bain 4 : volume=$8m^3$

Température de 30°C à 60°C, soit ΔT=30°C ;

- $Q_4 = m \times Cs \times \Delta T$
  $=8000Kg*1Kcal/Kg°C*30°C$
  $=$***240000Kcal***

b) Rinçage :

1er rinçage : volume=8m^3
Température de 30°C à 50°C, soit ΔT=20°C ;

- Q_5= m×Cs× ΔT
  =8000Kg*1Kcal/Kg°C*20°C
  =120000Kcal ;

Rinçage A : volume=4m^3
Température de 30°C à 50°C, soit ΔT=20°C ;

- Q_6= m×Cs× ΔT
  =4000Kg*1Kcal/Kg°C*20°C
  =80000Kcal ;

- ***Quantité de chaleur apportée la laveuse B.G :***

$$Q = \sum (Q_i)$$
=920000Kcal ;

- ***Flux de chaleur traversant la laveuse du groupe B.G :***

$$\Phi = \frac{Q}{t}$$
=920000Kcal/2h
=460000Kcal/h ;

- ***Débit de vapeur dans les serpentins de la laveuse B.G :***

$$\dot{m} = \frac{\Phi}{(h_v - h_c)}$$
=460000/569
=808Kg/h ;

1.4 Bilan énergétique embouteillage bière :

a) Laveuses des groupes bière :

Pour l'embouteillage de la bière, l'usine de la BRAKINA dispose de deux(2) laveuses : La première laveuse existe depuis l'installation de l'usine, et la deuxième laveuse plus récente a presque la même capacité de traitement que la première.
Par manque de données pratiques, nous avons considéré le débit de vapeur de la première laveuse à l'installation de l'usine, qui etait de 1000Kg/h. Et étant donné que la deuxième laveuse a à peu près la même capacité de traitement que la première, on considère qu'il nécessite le même débit de vapeur(1000Kg/h).

- D'où le débit total de vapeur à travers les deux laveuses de l'embouteillage de la bière est

Q=2000Kg/h ;

b) Pasteurisateurs des groupes bière :

Chaque groupe d'embouteillage bière à un pasteurisateur ; soit pour les deux(2) groupes deux pasteurisateurs.

La particularité des pasteurisateurs dans le système vapeur de la BRAKINA est qu'à leur niveau il n'y a pas de retour de condensat. La vapeur est perdue sous forme de condensat rejeté dans la nature.

L'exploitation de cette donnée nous a amené à considérer l'eau d'appoint qui est fournie au système au niveau de la bâche alimentaire. Le comptage qui est fait montre qu'on fournit à la bâche alimentaire des chaudières un débit d'eau d'appoint de 3,3m^3/h, soit 3300kg/h.

Or l'eau d'appoint est l'équivalent d'eau perdue dans le système sous forme de vapeur ou de condensât. En considérant alors que les pertes par fuite ou accidentelles sont insignifiantes, on trouve un débit de vapeur consommée par les deux pasteurisateurs de ***3300kg/h.***

$$Q=\underline{\textbf{3300Kg/h.}}$$

2.3. Bilan énergétique siroperie :

a) Cuiseurs à sirop :

Les cuiseurs à sirop sont au nombre de deux et la contenance totale est de 3000litres d'eau. L'eau y est chauffée jusqu'à 80°C, température à la quelle on peut mettre diluer la poudre et le sucre pour constituer le sirop qui servira à faire la boisson gazeuse(jus et sucrerie).

Paramètres :

Volume d'eau : 3000litres(m_e=3000Kg) ;
Température : passe de 30°C à 50°C, soit ΔT =50°C ;
Temps de montée de température : 30 mn(0,5heure).

- ***Chaleur reçue par les cuiseurs à sirop Q :***

$$Q= m_e \times Cs \times \Delta T$$
$$=3000Kg*1Kcal/kg°C*50°C$$
$$=240000Kcal\ ;$$

En tenant compte des pertes thermiques estimées à 10%, on trouve :

$$Q=\textbf{264 000Kcal}$$

- ***Flux de chaleur à travers les cuiseurs :***

$$\Phi = \frac{Q}{t}$$
$$=264000Kcal/0,5h$$
$$=\textbf{528000Kcal/h ;}$$

- ***Débit de vapeur circulant dans les cuiseurs à sirop :***

$$\overset{\circ}{m} = \frac{\Phi}{(h_v - h_e)}$$
$$=528000/569$$
$$=\underline{\textbf{928Kg/h.}}$$

b) Echangeur pour d'eau chaude de stérilisation du filtre à sirop :

L'échangeur ne fonctionne que quelques heures dans la semaine, étant donné que la stérilisation ne se fait pas tous les jours ; c'est un équipement d'entretien.
Dans le cadre du bilan, nous minimisons ce poste d'utilisation de vapeur. Aussi du fait que lors de la stérilisation du filtre à sirop(entretien), les cuiseurs à sirop sont forcément au repos, il y a dans ces conditions compensation en vapeur.

c) Bilan extraction du gaz carbonique :

Une petite quantité de vapeur est envoyée pour servir d'extraction du CO_2, lequel CO_2 va rentrer dans la fabrication des boissons gazeuses.

Les documents techniques datant de 1976(plan des services généraux : chaufferie) donnent un débit de 900Kg/h de vapeur. Mais l'extraction ne se fait que pendant quelques heures de la journée. La grande partie de la journée du travail ce poste est au repos. Pour cette raison, 50% de ce débit va rentrer dans le bilan final.

2.4 Synthèse du bilan énergétique embouteillage et siroperie :

Il faut préciser que dans la réalité la vapeur ne circule pas en continu dans les laveuses de bouteilles, car lorsque la température dans les bains atteint les points de consignes, les capteurs ouvrent ou ferment les vannes d'alimentation vapeur, selon qu'on est en dessous de la température ou elle est déjà atteinte. Donc les débits calculés ne tiennent pas compte de ce fonctionnement régulé.

Le tableau ci-dessous fait la synthèse des résultats du bilan énergétique en vapeur de l'embouteillage et de la siroperie.

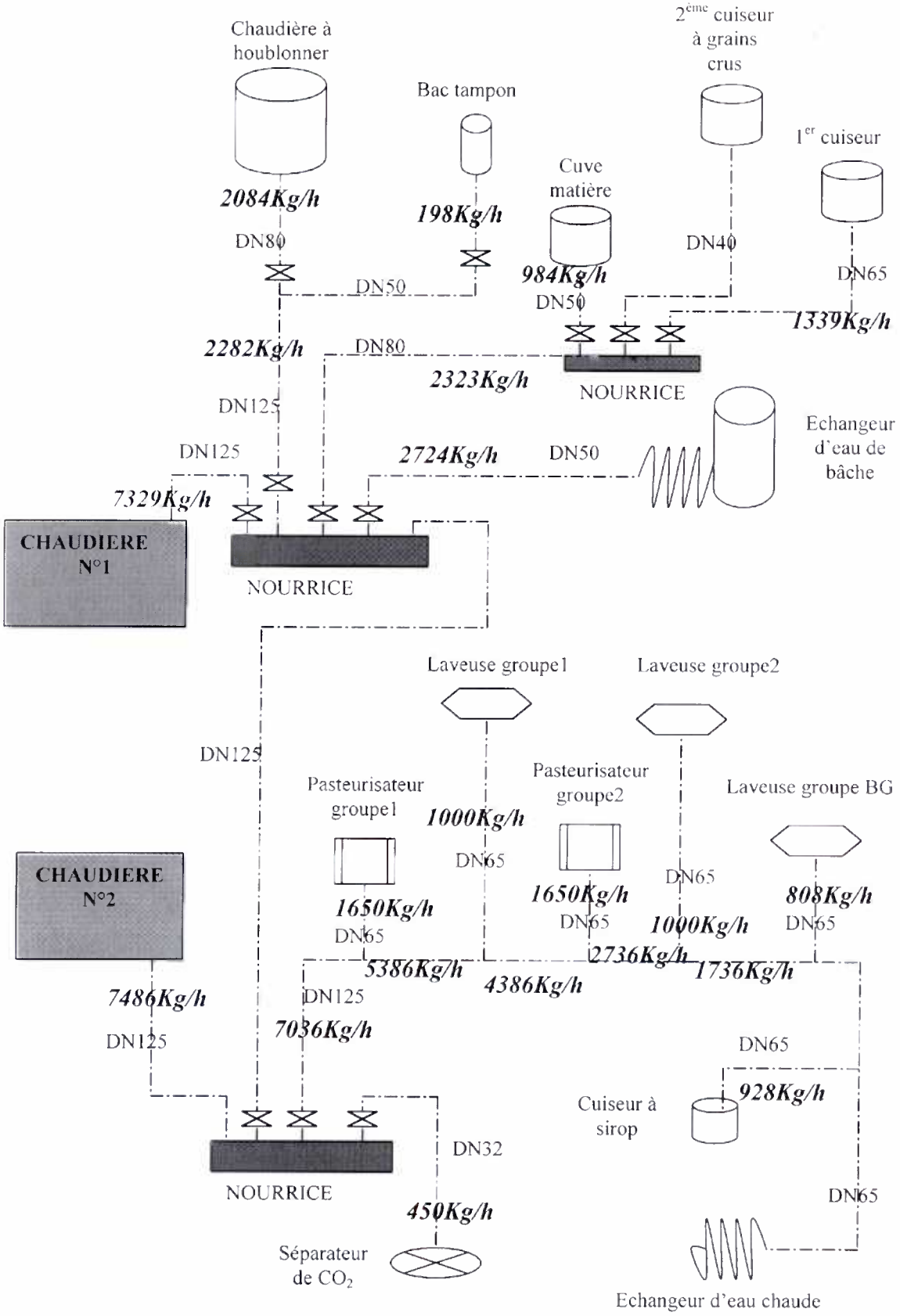
Poste d'utilisation	***Nombre***	***Débit de vapeur estimé***
Laveuses groupe bière	2	*2000Kg/h*
Laveuse groupe B.G.	1	*808Kg/h*
Pasteurisateurs	2	*3300Kg/h*
Cuiseurs à sirop	2	*928Kg/h*
Pot d'extraction	1	*450Kg/h*
Total embouteillage et siroperie		***7486Kg/h***

3. SYNTHESE DU BILAN ENERGETIQUE

De façon synthétique, le tableau ci-dessous fait le récapitulatif du bilan de tout le système vapeur pour les cas habituels de fonctionnement.

Source vapeur : chaudière N°1			**Source vapeur : chaudière N°2**		
postes	***Débit mini***	***Débit maxi***	***postes***	***nombre***	***Débit moyen***
Cuiseur à grains crus	*1 333Kg/h*	*1 339Kg/h*	*laveuses*	*3*	*2 808Kg/h*
Cuve matière	*705Kg/h*	*984Kg/h*	*pasteurisateurs*	*2*	*3 300Kg/h*
Echangeur eau	*2 724Kg/h*	*2 724Kg/h*	*Cuiseurs à sirop*	*2*	*928Kg/h*
Bac tampon	*0*	*198Kg/h*	*Séparateur de CO_2*	*1*	*450Kg/h*
Chaudière à houblonner	*1 737Kg/h*	*2 084Kg/h*			
Total brassage	***6 499Kg/h***	***7 329Kg/h***	***Total embouteillage et siroperie***		***7486Kg/h***
Total système vapeur(maxi)					***15 148Kg/h***

Débits de vapeur dans les collecteurs et sur les postes d'utilisation



VI. ANALYSE DU BILAN ET PROPOSITIONS

1. ANALYSE

Le bilan montre que les besoins en vapeur de la *BRAKINA* sont :

- 7 329 Kg/h pour le brassage de la bière,
- 7 486 Kg/h pour l'embouteillage et la siroperie.

Les deux chaudières existantes ne peuvent délivrer au maximum que 7 700Kg/h chacune. Dès lors qu'une seule chaudière est hors service, la production est paralysée car les besoins de chaleur ne sont plus assurés pour plusieurs postes.

L'installation des chaudières de la *BRAKINA* date de 1976, ce qui fait une durée de vie de plus de vingt quatre(24) ans. On peut penser que ces équipements sont déjà amortis ou sont à la limite de l'amortissement.

Les conditions de la salle de chaufferie ne respectent pas la réglementation. En effet les chaudières existantes sont de première catégorie et pour celle-ci la réglementation exige que :

- les chaudières soient installées à 10 mètres au moins de tout bâtiment fréquenté par le public ;
- la chaufferie doit être ventilée de sorte que la température n'y soit jamais exagérée ;
- la chaufferie doit être équipée d'issues offrant des moyens de retraite facile dans deux(2) directions au moins.

Or la salle des chaudières de la *BRAKINA* donne sur des bureaux installés à moins de 5 mètres, il y règne une température trop élevée(au-delà de 50°C) à cause du manque de ventilation et de circulation d'air. La chaufferie a deux issues, mais l'issue principale qui donnent au dehors de l'usine est malheureusement située à 2 mètres environ des rails du chemin de fer qui permet à l'entreprise se ravitailler en céréales et autres produits, par conséquent cette issue est souvent barrée par des wagons de train marchandises.

Il faut aussi signaler que l'aire de la salle de chaufferie ne peut plus permettre l'installation d'une nouvelle chaudière.

En conséquence de l'analyse ainsi faite, il est nécessaire de faire un certain nombre de propositions

2. PROPOSITIONS

Les propositions retenues sont les suivantes :

- l'implantation d'une nouvelle chaudière ;
- la délocalisation de la salle de la chaufferie(pour un espace offrant une meilleure sécurité).

La première proposition implique le dimensionnement de la nouvelle chaudière et la deuxième proposition, la mise en place d'un certain nombre de canalisations qui va augmenter la longueur des tronçons pour les collecteurs principaux, mais aussi quelques travaux de génie civil(dalles ou plancher de pose des chaudières et hangar).

Deuxième partie : ***Etudes d'avant projet***

VII. CHOIX DE LA NOUVELLE CHAUDIERE

Nous partons des résultats du bilan pour faire le choix de la nouvelle chaudière.

La nouvelle chaudière permettra d'assurer le relais pendant l'entretien d'une des deux(2) chaudières existantes. Par conséquent la nouvelle chaudière doit être capable d'assurer les besoins thermiques de la ligne de brassage de la bière(besoins normalement assurés par la chaudière N°1) ou les besoins thermiques de l'ensemble embouteillage siroperie.

Les paramètres de choix sont :

- le débit de vapeur ou la puissance de la chaudière ;
- la pression normale de marche ;
- le système de chauffe ;
- la catégorie de la chaudière ;
- l'encombrement.

Le constructeur a la charge de nous proposer les caractéristiques complémentaires de sa collection de chaudières qui vont avec nos besoins. (surface de chauffe, pression de timbre, pression d'épreuve)

Le bilan a donné pour les chaudières existantes,

un débit de vapeur nécessaire de *7 329 Kg/h* pour le brassage de la bière(chaudière N°1) et ;

un débit de vapeur nécessaire de *7 486 Kg/h* pour l'embouteillage et la siroperie.

Pour pouvoir assurer l'un ou l'autre des deux besoins définis(besoin du brassage bière ou besoin de l'embouteillage et la siroperie), nous proposons un débit de *7 500 Kg/h (7,5tonnes/h)* pour la nouvelle chaudière.

La pression normale de fonctionnement sera de *10 bars*, le combustible sera du fuel lourd. Le choix de ces dernières caractéristiques est justifié par l'existant car si ces caractéristiques sont différentes de celles du système existant, on risque d'avoir un fonctionnement inadéquat ; voire accidentel.

La chaudière sera alimentée avec de l'eau de la bâche alimentaire à 70°C, elle fournira de la vapeur sèche saturée à *10 bars*. Par conséquent la puissance de la chaudière sera de *5,2MW* ou *4 458 553 Kcal/h*.

La catégorie répond à une norme de sécurité. Pour harmoniser avec les chaudières existantes, nous proposons une chaudière de première catégorie, ce qui répond à une norme de sécurité moyenne.

L'encombrement de la machine doit permettre son installation dans une salle, mais aussi occuper le moins d'espace possible et faciliter l'entretien. Nous proposons les dimensions maximales suivantes : Longueur 7300 mm, largeur 2200mm et hauteur 3100 mm.

En partant des dimensions proposées, nous pouvons regarder les dimensions normalisées fournies par le constructeur. Le catalogue utilisé est celui des chaudières STEAMBLOC du constructeur Watson.

Pour les paramètres de choix arrêtés, le constructeur propose une chaudière STEAMBLOC de même type que les anciennes que dispose la *BRAKINA*.

Type	*700*
Surface de chauffe	*223,5m²*
Timbre	*15bars*
Pression d'épreuve	*22,5bars*
Capacité	*14 750Litres*
Puissance	*7,7Tonnes/h*
	4 470 000Kcal/h(5,198MW)

Encombrement ($L \times l \times h$) : *7346mm×2200mm×3100mm*

Brûleur de marque STEAMBLOC

Le tableau ci-dessous fait le récapitulatif des données de choix calculées et des dimensions standard du constructeur, pour la nouvelle chaudière.

Paramètres	***Dimensions de calcul***	***Dimensions normalisées***
Débit	7,5tonnes/h	*7,7tonnes/h*
Puissance	5,2 MW	*5,198 MW*
Pression normale de marche	10 bars	*10 bars*
Timbre		*15 bars*
Encombrement :L×l×h	7 300mm×2 200mm×3 100mm	*7 346mm×2 200mm×3 100mm*
Système de chauffe	Fuel lourd	*Fuel lourd*
Catégorie	Première	*Première*

VIII. VITESSES ET PERTES DE CHARGE DANS LES COLLECTEURS

1. VITESSE DANS LES COLLECTEURS

Il apparaît utile de vérifier les vitesses dans les différents collecteurs, ceci permettra de se rendre compte si les diamètres de ces derniers sont adaptés aux débits qui y circulent.

Généralement, on recommande pour le cas de la vapeur saturée et pour des pressions supérieures à *3 bars* des vitesses de vapeur usuelles entre *25m/s* et *40m/s*.

Par la suite, nous allons voir qu'une trop grande vitesse augmente les pertes de charge dans les collecteurs.

Même lorsque les pertes de charges importantes peuvent être acceptées, il est recommandé de ne pas dépasser certaines vitesses de vapeur. En effet des vitesses trop importantes provoquent :

- une usure rapide des tuyauteries et particulièrement des coudes et des organes internes de certaines robinetteries ;
- des risques dangereux de coup de bélier dans les tuyauteries de transport de vapeur saturée ;
- des sifflements gênants pour le personnel.

De plus, elle proscrit toute augmentation de débit lors des extensions.

Les vitesses calculées des différents collecteurs sont reportées sur le schéma pour chaque tronçon.

Pour le calcul des différentes vitesses, nous avons utilisé la formule suivante :

$$V = \frac{4 \times I \times v}{3600 \times \pi \times D^2} \ ;$$

Avec :

V *:vitesse dans le collecteur en m/s ;*

I :débit massique de vapeur en Kg/h ;

v :volume massique de la vapeur saturée à 10bars ;

D *:diamètre intérieur du collecteur ;*

Toutes les manipulations numériques et le détail de calculs sont donnés en *annexes(note de calcul).*

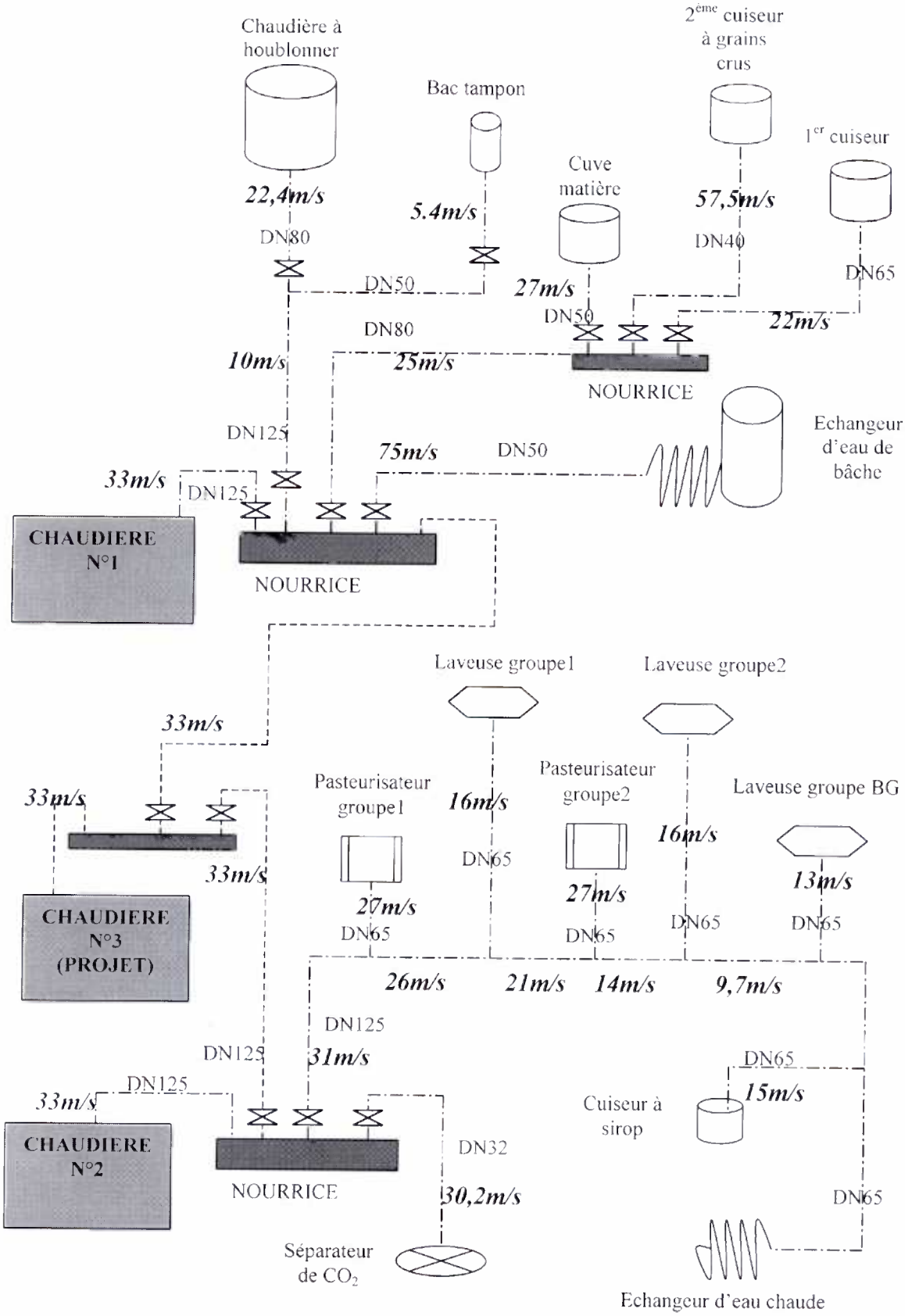
Nous rappelons que ces vitesses sont valables aussi bien pour le réseau existant que pour le réseau en projet où la seule modification qui va intervenir sur les collecteurs sera

l'extension des collecteurs principaux qui prennent leur départ des chaudières et qui alimentent les nourrices principales, du fait du déplacement de la chaufferie. Ces collecteurs seront plus longs, mais leur diamètre sera inchangé.

Le schéma de la page suivante qui fait correspondre les vitesses sur les collecteurs, fait aussi apparaître les modifications relatives au projet.

Les résultats obtenus montrent que la majorité des collecteurs sont bien dimensionnés, mais on trouve une vitesse excédentaire dans le collecteur qui dessert l'échangeur de la bâche d'eau chaude pour le lavage des filtres à presses($75m/s > 40m/s$).

Vitesses dans les collecteurs



2. PERTE DE CHARGES DANS LES COLLECTEURS

Après la connaissance des vitesses de vapeur dans les canalisations, il revient aussi d'évaluer les pertes de charges générées par la circulation de vapeur, afin de déterminer les différentes pressions au voisinage des équipements d'utilisation de vapeur.

Il faut dire que la connaissance des pressions dans les collecteurs au voisinage des équipements d'utilisation est nécessaire pour fixer les caractéristiques des détenteurs ou du moins les adapter par rapport à la pression de sortie collecteur. Dans notre cas, les détenteurs servent de tampon entre les collecteurs et les équipements d'utilisation ; étant entendu que la plupart des équipements d'utilisation vapeur fonctionnent à la pression effective de *6 bars*.

Les pertes de charge sont dues à la circulation de la vapeur dans les collecteurs, mais aussi à la présence des singularités sur le réseau vapeur ; les premières sont appelées pertes de charge linéaires et les dernières pertes de charge singulières

Il existe plusieurs méthodes pour évaluer les pertes de charge linéaires ou singulières, mais nous avons utilisé une méthode pratique.

Pour un collecteur de longueur *L[m]*, de diamètre *D[m]*, dans lequel circule un fluide de volume massique v*[m³/kg]* à la vitesse *V[m/s]*, la perte de charge linéaire ΔP est donnée par la formule :

$$\Delta P = \lambda \frac{L}{D} \mathrm{v} \frac{V^2}{2} \times 10^{-5} [\mathrm{bars}]$$

où λ le coefficient de perte de charge est fonction :

- de la vitesse du fluide ;
- du diamètre du collecteur et de sa rugosité ;
- de la viscosité cinématique du fluide.

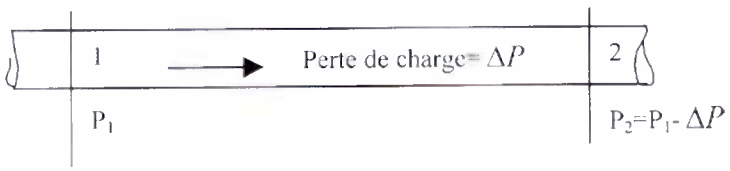
Pour la circulation de la vapeur, l'écoulement est considéré comme turbulent, d'où λ est donné par l'équation :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2\log\left[\frac{k_r}{3{,}71D} + \frac{2{,}51}{R_D\sqrt{\lambda}}\right]$$

avec $R_D = \dfrac{1000VD}{\nu}$ = nombre de Reynolds

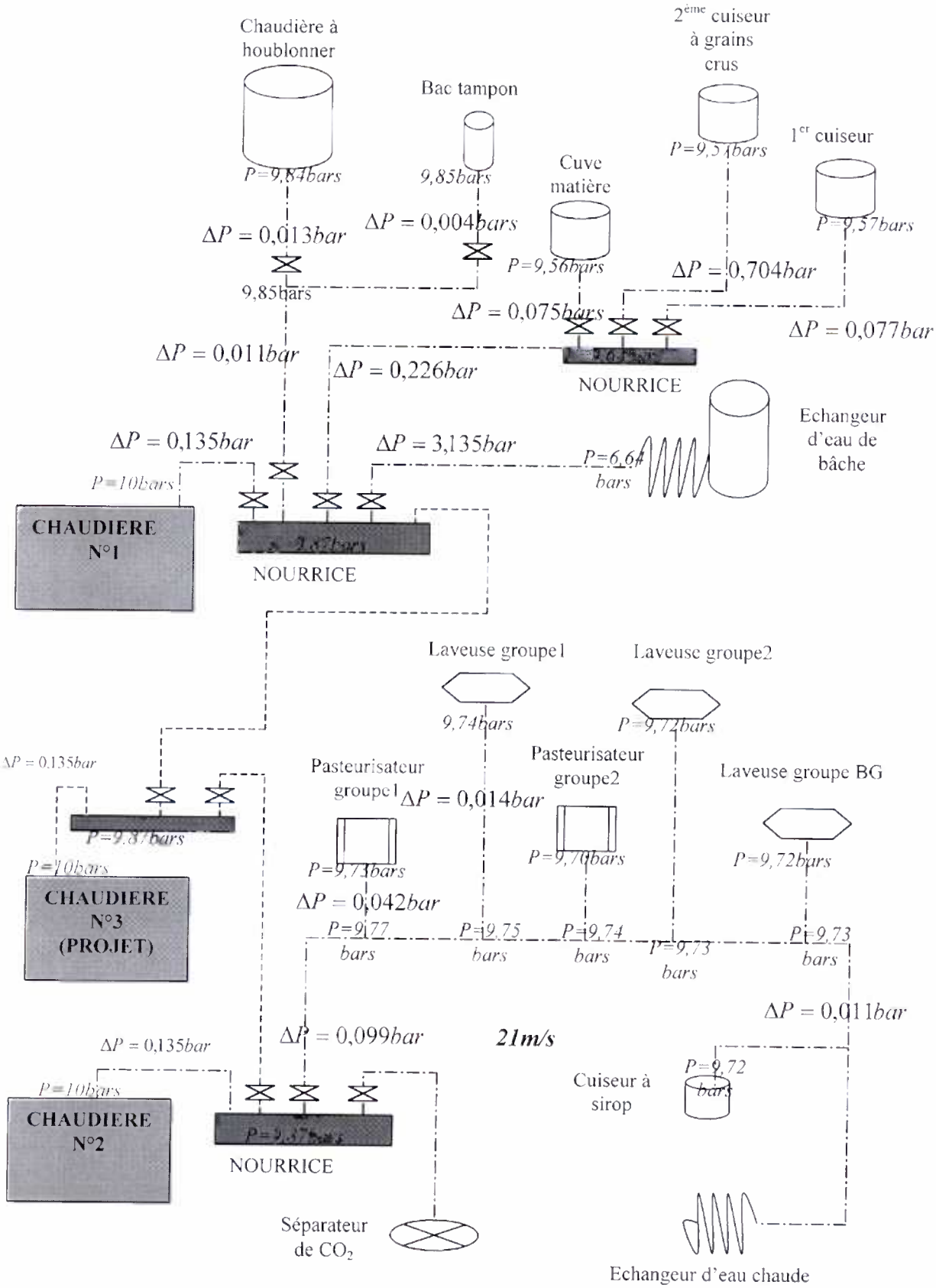
En raison des faibles chutes de pression attendues, nous considérons le volume massique comme invariant.

Pour l'évaluation des pertes de charge singulières, nous les estimons à 10% des pertes de charge linéaires.



Nous donnons les différents résultats sur le schéma général du système vapeur ci-dessous(perte de charge ΔP et pression P aux points particuliers du réseau).

Pertes de charge(ΔP) et pressions(P) aux différents tronçons et points caractéristiques du réseau



Les pertes de charge dans le réseau sont inférieures à 5% de la charge ou pression initiale, quel que soit le tronçon emprunté par la vapeur. On peut conclure que les pertes de charges sont faibles par rapport à la pression initiale.

A l'entrée de tous les équipements utilisateurs de vapeur qui fonctionnent à *6 bars*, les pressions de vapeur dans les collecteurs d'arrivée sont situées entre *9,56 bars* et *9,85 bars* ; aussi pour les détendeurs qui permettent la détente de la vapeur à *6 bars*, pression requise, on peut considérer qu'ils assurent la détente à *6 bars* d'une vapeur qui arrive à *10 bars*. Par conséquent ils seront calibrés pour détendre à *6 bars* une vapeur qui arrive à la pression de *10bars*.

3. PERTES DE CHALEUR DANS LES COLLECTEURS

L'évaluation des pertes thermiques est importante dans la mesure où ces dernières constituent une perte d'énergie, en plus les pertes thermiques sont responsables de la condensation de la vapeur dans les collecteurs.

La connaissance des pertes de chaleur permettra de quantifier le phénomène de condensation, par conséquent de déterminer de la nécessité d'installer des purgeurs supplémentaires.

Tous les collecteurs existants sont isolés avec de la laine de verre et, la qualité de l'isolation est satisfaisante. Pour les collecteurs d'extension en projet, nous prévoyons aussi une isolation à la laine de verre.

La perte de chaleur pour une conduite isolée est donnée par l'expression :

$$Q = \frac{\Delta T \times \pi \times D_{int} \times L}{\frac{D_{ext}}{k} \times \ln\left(\frac{D_{ext}}{D_{int}}\right) + \frac{1}{(\Delta T \times 0{,}065 + 8{,}62)}} [W]$$

avec

- k : conductivité thermique de la laine de verre(k=*0,06W/m°C*) ;
- $\Delta T = (T_v - T_a) = 151°C$: la différence de température entre la vapeur et l'ambiance extérieure(T_v=*180°C pour la vapeur saturée à 10 bars ; et* T_a=*29°C, température moyenne annuelle de Ouagadougou.)* ;
- D_{ext} *et* D_{int} respectivement diamètre extérieur et diamètre intérieur de l'isolant ;
- L : longueur de la conduite.

Le calcul des pertes de chaleur sur l'ensemble des collecteurs donne un flux de chaleur perdu de *5,105 kW(voir note de calcul)*. En considérant que les pertes de chaleur à l'endroit des éléments de robinetterie(vannes, brides,…) donnent le même flux de chaleur que dans les collecteurs isolés, on aboutit à un flux total perdu dans le réseau vapeur de *10,21 kW*, ce qui correspond une perte énergétique de *36 756 kilo joules* par heure.

Or la chaufferie délivre théoriquement un débit de vapeur de *15 400 kg/h* ; en ramenant à l'unité la perte de thermique, on trouve par *kilogramme* de vapeur une perte de *2,4 kilo joules*.

L'enthalpie de la vapeur d'eau saturée à 10 bars est de *2777,5 kJ/kg*. En tenant compte de la perte thermique par kilogramme de vapeur, la nouvelle enthalpie de la vapeur dans les collecteurs est à 2775,1 kJ/kg.

Le titre de la vapeur dans la nouvelle situation donné par le diagramme de Mollier est environ *0,99*. Donc moins de 1% de la vapeur fournie aux collecteurs se condense, ce qui représente moins de 2,57kilogrammes d'eau à purger par minute(2,57litres environ).

Les purgeurs existants étant suffisamment nombreux sont bien capables d'assurer une purge de *2,57 litres* de condensat dans le réseau des collecteurs en une minute.

Par conséquent on peut croire que le risque d'accident par coup de bélier occasionné par la condensation dans le réseau vapeur de la *BRAKINA* est minime.

IX. DIMENSIONNEMENT DU LOCAL DES CHAUDIERES ET DE LEUR SUPPORT DE POSE

I. LOCAL DES CHAUDIERES

Le local de chaufferie, local qui abritera les trois chaudières ou générateurs de vapeur et les accessoires sera un bâtiment qui comprendra deux(2) salles comme indiqué sur les plans en annexe.

Les dimensions sont celles d'un bâtiment installé sur un sol de fondation de bonne qualité.

Dans la première salle seront installées les trois(3) chaudières et la bâche alimentaire. Les façades donnant sur l'extérieur seront en maçonnerie de parpaings sur 3 m et grillagées au-delà de 3 m. Pour permettre une bonne aération, outre la façade partiellement grillagée, la salle des machines aura quatre(4) portes extérieures et une porte intérieure pour communiquer avec la petite salle.

La deuxième salle abritera les adoucisseurs et la pompe d'alimentation d'eau d'appoint. Elle sera équipée d'une porte extérieure de faibles dimensions.

Le bâtiment sera fondé dans le sol de deux(2) formes ; semelles filantes pour les fondations sous mur et semelles isolées pour les fondations sous poteau.

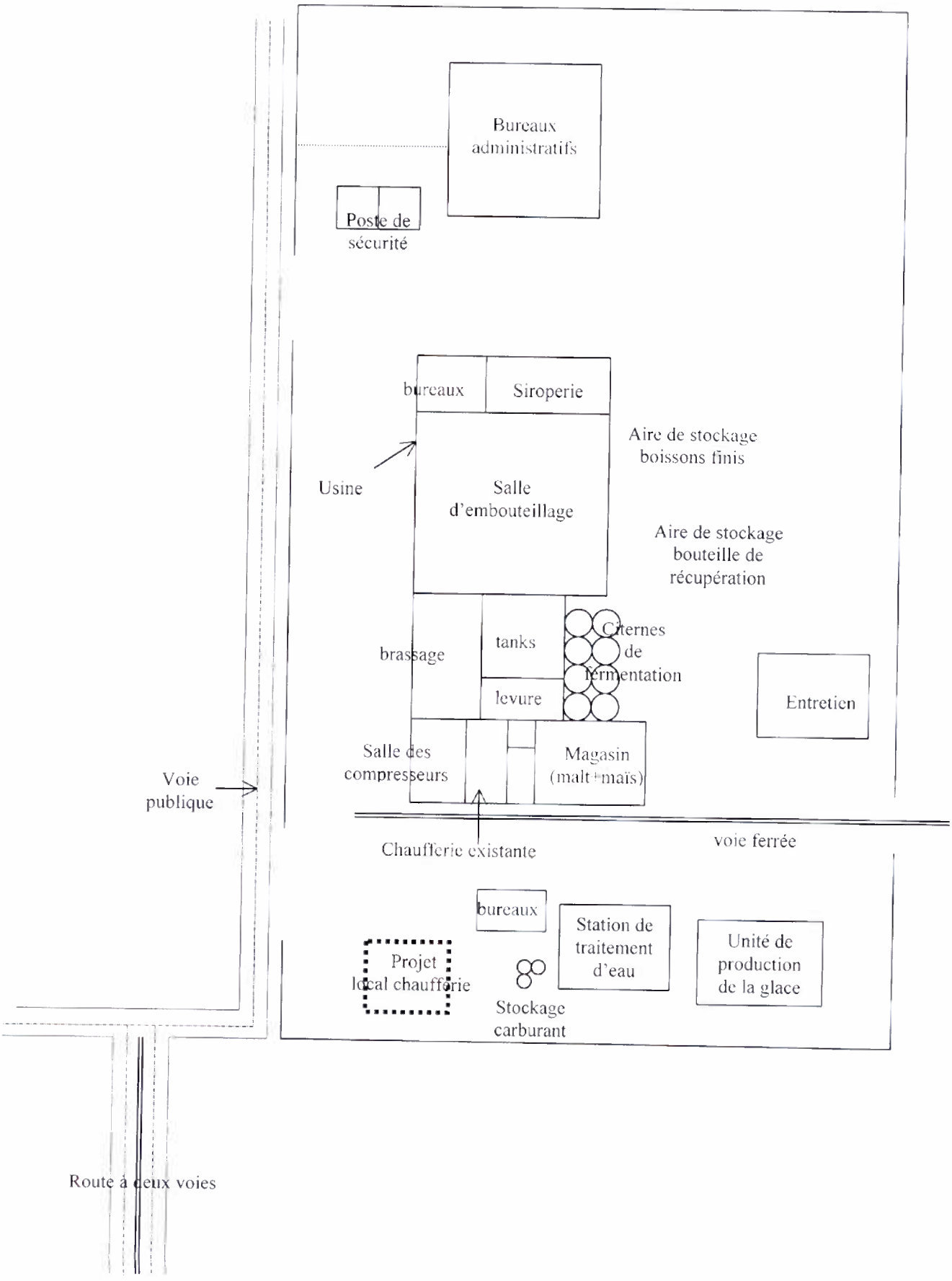
La semelle filante sera d'une largeur de 30 cm sur 30 cm d'épaisseur armée, le tout reposant sur 45 cm de gros béton et un béton de propreté de 5 cm, soit ; une profondeur totale de fondation de 80 cm(voir plans de détails en annexe).

Les semelles isolées seront de section 120cm×120cm sur une épaisseur de 30 cm et un béton de propreté de 5 cm fondée à 1 m dans le sol(détails de fondations en annexe)

Les poteaux seront de section 20cm×20cm pour une hauteur au-dessus du sol de 5 m, ils seront armés comme sur les plans techniques. Les murs seront en parpaings de 20×20×40 dosés à 300kg/m^3, ils seront recouverts d'enduits lissés à l'intérieur comme à l'extérieur, comprenant ; une couche d'accrochage dosée à 600kg/m^3 et l'enduit ordinaire dosé à 300kg/m^3 ; l'épaisseur moyenne de l'enduit sera de 2 cm.

Pour le plancher, l'épaisseur de l'aire de dallage, limité au niveau de la semelle sera de 25cm, la chape aura une épaisseur de 15 cm dosée à 350kg/m^3.

Site d'implantation du projet(usine *BRAKINA* de Ouagadougou)



2. SUPPORTS DE POSE DES CHAUDIERES

Les supports de pose des chaudières, au nombre de trois(3) seront des massifs en béton.

Le catalogue des chaudières STEAMBLOC du constructeur *Watson* donne un modèle de forme et la section indicative.

A partir de la contrainte admissible du sol, nous avons vérifié si la section du massif en béton fondé répondait aux critères d'une fondation stable.

La contrainte admissible du sol estimée à 60cm de profondeur est de *0,3Mpa(300KN/m²)*. Il faut dire qu'à cause de l'indisponibilité de l'appareil de cisaillement du laboratoire, nous avons été amenés à caractériser d'abord le sol, puis à lire la contrainte correspondante d'après le B.A.E.L.91.

Le sol rencontré sur le terrain etait bicouche bien compacte sur 1 mètre :

- de 0 à 50cm : argile pure
- de 50 à 1m : mélange d'argile et de sable fin

Ce qui nous a permis de conclure que nous sommes en présence d'un terrain non cohérent, à bonne compacité. La contrainte moyenne pour ce genre de terrain est supérieure à *0,3Mpa*, aussi pour Ouagadougou, si le sol ne repose pas sur une poubelle ou sur la tourbe, on prend généralement *0,3Mpa* en l'absence d'essais de cisaillement. La contrainte de calcul pour la vérification de la stabilité de la structure de fondation a été *0,3Mpa*.

Les dimensions adoptées du massif sont les suivantes :

- Longueur :*738cm*
- Largeur :*280cm*
- Epaisseur : *100cm*.

Pour le calcul, nous renvoyons en annexe(*Note de calcul*).

Les dimensions, la forme et la profondeur de fondation du massif en béton sont indiquées dans les plans en annexe.

Il faut signaler qu'un caniveau en béton fera office de drain(voir détail C du plan de la dalle de pose).

X. ETUDES TECHNICO-ECONOMIQUES

Dans ce chapitre, il est question du devis du projet et des avantages économiques attendus du projet.

Nous signalons qu'en raison des difficultés pour avoir les coûts de certains équipements, tels le prix estimatif d'une chaudière ou le prix du ml de conduite en acier, nous n'avons pu faire qu'un devis partiel du projet ; très approximatif d'ailleurs.

Les travaux à faire comprennent :

- le génie civil(construction du local de chaufferie, construction des supports de pose des chaudières en massif de béton) ;
- l'éclairage du local(circuit électrique et luminaires) ;
- l'installation des canalisations d'amenée d'eau dans le local ;
- l'installation des canalisations d'amenée de fuel des citernes de stockage aux brûleurs des chaudières ;
- l'installation des canalisations d'extension du réseau vapeur ;
- l'achat de la nouvelle chaudière ;
- l'installation des chaudières et des accessoires dans le nouveau local.

1. DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF DU GENIE CIVIL

Ce devis comprend les différents coûts relatifs à la construction du local et la construction des supports de chaudières en massif de béton.

Il est donné dans le tableau ci-dessous.

N°	DESCRIPTION	U	QUANTITE	P.U (en F.CFA)	P.T (en F.CFA)
I	**Terrassement :**				
	- délimitation du terrain		forfait		*50 000*
	- fouilles pour fondation	M^3	77	1750	*134 750*
	- remblais	M^3	32	150	*4 800*
II	**Bétons :**				
	béton de propreté(150kg/m^3)	M^3	5.6	35 500	*196 000*
	gros béton(200kg/m^3)	M^3	72.7	75 000	*5 452 500*
	béton armé(350kg/m^3)	M^3	76	120 000	*9 120 000*
	maçonnerie agglos creux	M^2	171	6 000	*1 026 000*
	enduit	M^2	342	1 500	*513 000*
III	**Menuiserie :**				
	- portes coulissantes	U	3	520 000	*1 560 000*
	- porte pivotante	U	1	300 000	*300 000*
	Grillage de façade	M^2	170	5000	*500 000*
	charpente	M^2	170	25 000	*4 250 000*
	toiture(bac Alu)	M^2	170	7000	*1 190 000*
	peinture	M^2	342	3 000	*1 026 000*
	TOTAL				***25 323 050***

2. DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF DE L'ECLAIRAGE LOCAL

Ce devis ne concerne uniquement que l'éclairage du local de chaufferie.

Nous donnons le tableau ci-dessous les quantités de matériel électrique nécessaires et leur coût.

N°	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	P.U. (F.CFA)	P.T. (F.CFA)
01	Double allumage encastré	U	4	4 490	*17 960*
02	Prise force encastrée	U	4	5 105	*20 420*
03	Prise lumière encastrée	U	4	4 945	*19 780*
04	Boîte de dérivation encastrée	U	6	3940	*23 640*
05	Barrette de domino de 20	U	3	2 910	*8 730*
06	Barrette de domino de 6	U	3	625	*1 875*
07	Disjoncteur Melin Gerin(20-50A)	U	1	200 000	*200 000*
08	Gaine isognès ϕ11	m	500	400	*200 000*
09	Réglettes de 1.20m	U	20	12 325	*246 500*
10	Tubes fluo de 1.20m	U	20	1 575	*31 500*
11	Boîtiers carrés	U	15	940	*14 100*
12	Câble VGV de 1.5x3fils	m	200	670	*134 000*
13	Câble VGV de 2.5x3fils	m	200	890	*178 000*
14	Tableau de fixation disjoncteur	U	1	15 000	*15 000*
Total(avec TVA à 18% incluse)					***1 311 580***

Le coût de la main d'œuvre pour l'éclairage représente 20% du coût d'acquisition du matériel électrique. Soit ; un coût estimatif de la main d'œuvre à *263 000 F.CFA.*

3. DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF D'INSTALLATION DES NOUVELLES CONDUITES

Ici nous donnons les coûts et les quantités qui intéressent l'installation des conduites suivantes :

- collecteurs d'extension du système vapeur(départ vapeur et retour condensat) ;
- isolation des collecteurs d'extension vapeur ;
- conduites d'alimentation en eau venant de la station de traitement ;
- conduites d'alimentation en fuel venant des citernes de stockage.

Les prix ont été évalués par rapport à la référence des prix appliqués par la maison DIACFA. Mais nous tenons à faire cet avertissement ; les caractéristiques des conduites pour le circuit vapeur sont très exigeantes, ce qui fait que ces conduites adaptées au circuit vapeur sont presque introuvables sur le marché local, aussi les prix appliqués dans le cadre de ce devis sont très approximatifs.

N°	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	P.U. (F.CFA)	P.T. (F.CFA)
1	Tubes acier(vapeur) ϕ125	m	75	20 750	*1 556 250*
	Isolation des conduites vapeur	ml	75	50 000	*3 750 000*
2	Tubes acier galva(condensat et eau) ϕ40	m	35	3775	*113 750*
3	Tube en acier galva(circuit fuel) ϕ32	m	10	3250	*32 500*
	TOTAL(TVA à 18% incluse)				***5 758 950***

Le coût estimatif de la main d'œuvre étant de 20% du devis quantitatif, équivaut à la somme de *1 152 000 F.CFA.*

4. DEVIS DU PROJET HORS INSTALLATION DE LA NOUVELLE CHAUDIERE

Il faut signaler qu'en raison du manque d'informations sur le coût d'une chaudière industrielle, nous avons trouvé judicieux de faire un devis qui n'inclut pas l'installation de la nouvelle chaudière, ni les coûts relatifs à l'installation des autres chaudières(transport et circuits de commande électrique des chaudières).

Le devis estimatif du projet tel que défini est provisoirement fixé à ***33 809 000 F.CFA.***

Il intègre :

- les travaux de génie civil ;
- l'éclairage du nouveau local de chaufferie ;
- l'extension du réseau vapeur ;
- l'installation de la canalisation d'alimentation en eau de la chaufferie ;
- l'installation de la canalisation d'alimentation en fuel.

5. INTERET ECONOMIQUE DU PROJET

Le projet s'inscrit plus dans un cadre de rééquipement de l'entreprise, l'outil de travail doit être renouvelé. Aussi nous pensons que l'intérêt économique dans un tel contexte est évident, car il y va de la survie même de l'entreprise.

Dans la situation de sans projet, à court terme :

- le nombre de brassages par jour va diminuer, et forcement la production de la *BRAKINA* va baisser ;
- la qualité de la boisson produite à l'usine sera diminuée ;
- le lavage des bouteilles et la pasteurisation de la bière qui sont des paramètres de sécurité sanitaire du produit seront moins efficaces ;
- le personnel travaillant dans les salles voisines de la chaufferie sera toujours exposé en cas d'explosion des chaudières

Aussi il faut signaler que les chaudières existantes sont déjà vieilles de plus de 20 ans, elles ne sont donc pas à l'abri d'une panne qui peut arrêter la production de vapeur, et donc la production de l'usine.

Le projet a l'avantage de sécuriser la production au rythme actuel, de prévoir une augmentation de la capacité de production, de permettre régulièrement l'entretien des chaudières existantes.

Il aurait été intéressant de procéder par une analyse financière pour évaluer le gain monétaire que pourrait engendrer le projet, mais il faut dire qu'une telle étude demanderait encore plus de données, données comptables, résultats économiques de l'entreprise ; des données qui sont généralement du secret des entreprises, et donc inaccessibles.

XI. CONCLUSION

Ce travail démontre combien il est important de maîtriser tous les paramètres de production dans une usine, surtout il nous montre encore la place primordiale qu'occupe l'énergie dans l'activité industrielle.

La Société des Brasseries du Burkina, pour son usine de Ouagadougou a besoin d'une production globale de vapeur de *15 148Kg/h*, vapeur qui est essentiellement utilisée comme chaleur pour le brassage de la bière, le lavage des bouteilles, la pasteurisation de la bière et le chauffage de l'eau à travers quelques échangeurs de chaleur.

En raison de la vétusté des chaudières existantes et du manque de suivi de l'évolution des besoins, les besoins en vapeur ne sont plus assurés quotidiennement et efficacement. Ce problème est accentué par la capacité de production de vapeur actuelle, *15 400Kg/h* au maximum ; une production trop limite pour pouvoir mettre en repos les chaudières quelques temps afin qu'elles soient entretenues régulièrement.

Les solutions retenues sont les suivantes :

- Délocalisation de la chaufferie ;
- Implantation d'une nouvelle chaudière de 5,2MW.

Des solutions qui nécessitent un certain nombre de travaux et l'achat d'une nouvelle chaudière.

L'investissement pour les travaux de délocalisation de la chaufferie est provisoirement arrêté à *33 809 000 F.CFA.*

A cela, il faut ajouter le coût d'acquisition de la nouvelle chaudière, coût que nous n'avons pas pu estimer à cause de l'insuffisance d'informations.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[01] La vapeur d'eau industrielle.
Connaissance. Production. Etudes des tuyauteries.
R. POSITELLO.
[02] Diagnostics énergétiques et maintenance(Concepts, méthodes, outils)
A.T.E.E(Association Technique pour les Economies d'Energie)
Energie Plus, Revue de l'A.T.E.E(avril 1987).
[03] Cours de Béton Armé B.E.A.L. 91
Calcul des éléments simples et des structures de bâtiments.
[04] Rapport du séminaire sur l'efficacité énergétique ;
IEPL(Séminaire de Libreville de décembre 1999).
[05] Cours d'échanges thermiques, EIER ; Yves JANNOT.
[06] Chaudières industrielles ; CMINFOR ; DOSSO AROUNA.
[07] Catalogue chaudières STEAMBLOC ; Watson 1975.
[08] Conduite des chaudières industrielles, tome II, IV, VIII, IX ;
CETE Apave, Ecole de chauffe, Formation professionnelle.

ANNEXES

NOTE DE CALCUL

Calcul des vitesses dans les collecteurs :

La formule utilisée est la suivante :

$$V=\frac{4\times I\times v}{3600\times\pi\times D^2} \quad ;$$

V : est la vitesse de vapeur dans le collecteur ;
I : le débit massique de vapeur en kg/h ;
D : le diamètre du collecteur en m ;
v : le volume massique en m^3/kg ;
π =3,14

Etant donné que les débits de vapeur circulant dans les collecteurs sont restés inchangés, et d'autres part la formule montre que la vitesse dans le collecteur ne dépend pas de la longueur du collecteur, les vitesses qui sont calculées ici sont aussi bien valables pour l'installation ancienne que pour l'installation en projet.

- *Vitesse dans les canalisations à la sortie des chaudières(ligne A) :*

Les paramètres sont les suivants :
Diamètre *D*=0,125m ;
Débit calculé *I*=7500kg/h ;
volume massique *v*=0,1944m^3/kg

$$V=\frac{4\times 7500\times 0{,}1944}{3600\times\pi\times 0{,}125^2}=33 \text{ m/s}$$

V=33 m/s

NB : Pour le volume massique, il dépend de la pression de la vapeur. Nous considérons pour des raisons pratiques que la vapeur dans tous les collecteurs circule à la pression effective de10 bars. Pour cette pression le débit massique de la vapeur sèche à saturation est de *0,1944 m^3/kg*. Par la suite nous utiliserons cette valeur de *v* pour le calcul des vitesses dans tous les collecteurs.

- *Vitesse dans le collecteur de desserte commune chaudière à houblonner et bac tampon(ligne A1) :*

Paramètres :
Diamètre *D*=0,125m ;
Débit calculé *I*=2282kg/h ;

$$V=\frac{4\times 2282\times 0{,}1944}{3600\times\pi\times 0{,}125^2}=\underline{10\text{m/s}}$$

- *Vitesse dans le collecteur de desserte chaudière à houblonner(ligne A2) :*

Paramètres :
D=0,080m et *I*=2080kg/h ;

$$V=\frac{4\times 2080\times 0{,}1944}{3600\times\pi\times 0{,}080^2}=22{,}4\text{m/s}$$

- *Vitesse dans le collecteur de desserte du bac tampon(ligne A3) :*

  Paramètres :

  D=0,050m et I=198kg/h ;

  $$V=\frac{4\times198\times0,1944}{3600\times\pi\times0,050^2}=5,4\text{m/s}$$

- *Vitesse dans le collecteur d'alimentation de la nourrice des cuiseurs et cuve matière(ligne A4) :*

  Paramètres :

  D=0,080m et I=2323kg/h ;

  $$V=\frac{4\times2323\times0,1944}{3600\times\pi\times0,080}=25\text{m/s}$$

- *Vitesse dans la canalisation d'entrée cuve matière(ligne A5) :*

  Paramètres :

  D=0.050m et I=984kg/h ;

  $$V=\frac{4\times984\times0,1944}{3600\times\pi\times0,050^2}=27\text{m/s}$$

- *Vitesse à l'entrée du détendeur du 1^{er} cuiseur à grains crus(ligne A6) :*

  Paramètres :

  D=0,065m et I=1339kg/h ;

  On trouve V=22m/s

- *Vitesse à l'entrée du $2^{ème}$ cuiseur à grains crus(ligne A7) :*

  Paramètres :

  D=0,040m, I=1339kg/h ;

  on trouve V=57,5m/s

- *Vitesse dans la canalisation d'alimentation de l'échangeur pour l'eau de lavage(ligne A8) :*

  Paramètres :

  D=0,050m, I=2084m/s

  On trouve V=75m/s

- *Vitesse de la vapeur dans la canalisation à la sortie de la sortie des chaudières(ligne B) :*

  V=33m/s

- *Vitesse dans canalisation d'alimentation du séparateur de gaz carbonique(ligne B1) :*

  Paramètres :

  D=0,032m ; I=450kg/h

On trouve : V=30,2m/s

- *Vitesse dans la canalisation départ embouteillage et siroperie(ligne B2) :*

Paramètres :

D=0,125m ; I=7036kg/h

On trouve V=31m/s

- *Vitesse à l'entrée des détendeurs des laveuses des groupes bière(ligne B3) :*

Paramètres :

D=0,065m ; I=1000kg/h

O n obtient V=16m/s

- *Vitesse dans les collecteurs d'entrée de chaque pasteurisateur des groupes bière(ligne B4) :*

Paramètres :

D=0,065m ; I=1650kg/h

Ce qui donne par calcul V=27m/s

- *Vitesse dans la canalisation d'entrée de laveuse du groupe Boissons gazeuses(ligne B5) :*

Paramètres :

D=0,065m ; I=808kg/h

D'où V=13m/s

- *Vitesse à l'entrée des cuiseurs à sirop(ligne B6) :*

Paramètres :

D=0,065m ; I=928kg/h

Cxe qui donne V=15m/s

- *Vitesse dans le 1er tronçon intermédiaire de l'embouteillage(ligne B7) :*

Paramètres :

D=0,125m ; I=5850kg/h

Ce qui donne : V=26m/s

- *Vitesse dans le 2ème tronçon intermédiaire de l'embouteillage(ligne B8) :*

Paramètres :

D=0,125m ; I=4850kg/h

D'où V=21m/s

- *Vitesse dans le 3ème tronçon intermédiaire de l'embouteillage(ligne B9) :*

Paramètres :

D=0,125m ; I=3200kg/h

On obtient : V=14m/s

- *Vitesse dans le 4ème tronçon intermédiaire de l'embouteillage(ligne B10) :*

Paramètres :

D=0,125m ; I=2200kg/h

On trouve : V=9,7m/s

Calcul des pertes de charges dans les collecteurs :

Pour le calcul des pertes de charge en ligne, il a été utilisé la formule suivante :

$$\Delta P = \lambda \times \frac{L}{D} \times \frac{1}{v} \times \frac{V^2}{2} \times 10^{-5} [bars].$$

Dans la formule,

ΔP : perte de charges en bars ;
L :longueur du collecteur en m ;
D :diamètre du collecteur en m ;
V :vitesse du fluide en m/s ;
λ :coefficient de perte de charge ;
v :volume massique du fluide.

Pour avoir le paramètre v, nous avons utilisé la formule *colebook* pour les écoulements turbulents :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2\log[\frac{kr}{3,71D} + \frac{2,51}{R_D\sqrt{\lambda}}] ,$$

Où R_D le nombre Reynolds est $R_D = \frac{1000VD}{\nu}$, avec ν la viscosité cinématique du fluide.

Pour contourner la formule de *colebook*, le diagramme $\lambda = f(R_D, \frac{kr}{D})$ a été utile. (Voir les dernières pages de l'annexe).

Pour la vapeur, les conduites étant en acier, la valeur de kr est de l'ordre de 0,1 à 0,2mm. Si la vapeur est de bonne qualité, les dépôts et incrustations dans les tubes seront faibles ou inexistantes, et d'une manière générale, compte tenu des légères corrosions possibles, on posera $kr=0,2$.

Nous considérons de façon pratique que la vapeur dans les collecteurs, est saturante à la pression absolue de 10 bars. Sa viscosité ν est alors ν=3cSt.

Les pertes de charges singulières sont estimées à 10% des pertes de charges régulières.

Nous donnons dans le tableau suivant, les résultats de perte de charges pour chaque collecteur.

Nota : Les collecteurs sont désignés A, A1 A2, ...,Ai,..., B, B1, B2, ..., Bi, ...(voir la correspondance sur le calcul des vitesses).

N° du tronçon	Longueur *L(en m)*	Coefficient (λ)	Diamètre *D(en mm)*	Vitesse *V(en m/s)*	Perte de charge (en bars)
A	25	0,022	125	33	0,14
A1	22	0,022	125	10	0,011
A2	3	0,024	80	22,4	0,013
A3	8	0,03	50	5,4	0,004
A4	34	0,03	80	25	0,226
A5	6	0,03	50	27	0,075
A6	14	0,026	65	22	0,077
A7	10	0,03	40	57,5	0,704
A8	34	0,029	50	75	3,135
B	25	0,022	125	33	0,14
B2	20	0,022	125	31	0,099
B3	5	0,025	65	16	0,014
B4	5	0,026	65	27	0,042
B5	5	0,026	65	13	0,01
B6	5	0,026	65	15	0,011
B7	6	0,022	125	26	0,02
B8	7	0,022	125	21	0,015
B9	6	0,022	125	14	0,005
B10	5	0,022	125	9,7	0,002

Calcul des pertes de chaleur dans les collecteurs :

Le flux de chaleur perdu pour une conduite isolée, est donné par l'expression pratique suivante :

$$Q = \frac{\Delta T \times \pi \times D_{int} \times L}{\frac{D_{ext}}{k} \times \ln\left(\frac{D_{ext}}{D_{int}}\right) + \frac{1}{\Delta T \times 0{,}065 + 8{,}62}} [W]$$

avec

- k : conductivité thermique de la laine de verre($k=0.06 W/m°C$) ;
- $\Delta T = (T_v - T_a) = 151°C$: la différence de température entre la vapeur et l'ambiance extérieure(T_v=*180°C pour la vapeur saturée à 10 bars ; et* T_a=*29°C, température moyenne annuelle de Ouagadougou.)* ;
- D_{ext} *et* D_{int} respectivement diamètre extérieur et diamètre intérieur de l'isolant ;
- L : longueur de la conduite.

Le tableau ci-dessous fait la synthèse des calculs sur les différents collecteurs du réseau.

N° du tronçon	Longueur *L(en m)*	Diamètre intérieur *(D_{int} en m)*	Diamètre extérieur *(D_{ext} en m)*	Perte de chaleur *(en Watts)*
A	25	0,125	0,225	656,4
A1	22	0,125	0,225	577,7
A2	3	0,080	0,180	45,8
A3	8	0,050	0,150	67,7
A4	34	0,080	0,180	518,8
A5	6	0,050	0,150	50,8
A6	14	0,065	0,165	165
A7	10	0,040	0,140	64
A8	34	0,050	0,150	288
B	25	0,125	0,225	656,4
B2	20	0,125	0,225	525,1
B3	5x2	0,065	0,165	108
B4	5x2	0,065	0,165	108
B5	5	0,065	0,165	59
B6	5	0,065	0,165	59
B7	6	0,125	0,225	157,5
B8	7	0,225	0,225	183,8
B9	6	0,125	0,225	157,5
B10	5	0,125	0,225	131,3
C	20	0,125	0,225	525,1
Total flux thermique perdu				***5105***

Vérification de la stabilité du support en béton(stabilité de la fondation et capacité à supporter le poids des chaudières) :

Pour que le massif en béton puisse jouer son rôle qui est de support pour la chaudière, il doit avoir un poids supérieur à la charge supportée, ensuite sa surface fondée dans le sol doit permettre de répartir la charge sans dépasser la contrainte admissible du sol.

La charge admissible estimée du sol rencontré est q_a=*0,3Mpa(300KN/m^2)*.

En considérant que le calcul de fondation se fait aux états limites ultimes, la charge sur le sol sera :

N_u=1,35G+1,5Q, avec;

G :charge permanente ;

Q :charge d'exploitation.

Le massif aura les dimensions suivantes : Longueur:738cm, largeur:280cm et hauteur:100cm, soit ; une section fondée de 20,6m^2.

La charge permanente comprend le poids du massif et le poids de la chaudière à vide : soit 800,6KN

La charge d'exploitation sera le poids de l'eau dans la chaudière : 147,5KN au maximum.

La condition de stabilité de la fondation est : $S \geq \frac{N_u}{q_a}$, S pris comme section de fondation.

L'application numérique donne la valeur minimale de la section S de fondation est :

$$S = \frac{1302,1KN}{300KN/m^2} = 4,34 m^2.$$

Or la section de notre fondation est de 20,6m^2, ce qui donne à notre fondation une très bonne stabilité.

Par ailleurs, le poids du massif en béton est bien supérieur aux charges supportées ; en effet en considérant que le poids volumique du béton est de 24KN/m^3, on trouve que le massif en béton a un poids de 495,6KN contre un poids de 452,5KN pour les charges supportées.

Par conséquent les massifs en béton qui servent de supports pour les chaudières sont bien dimensionnés.

Figure 3-28

Diagramme $\lambda = f\left(R_D, \frac{K_r}{D}\right)$

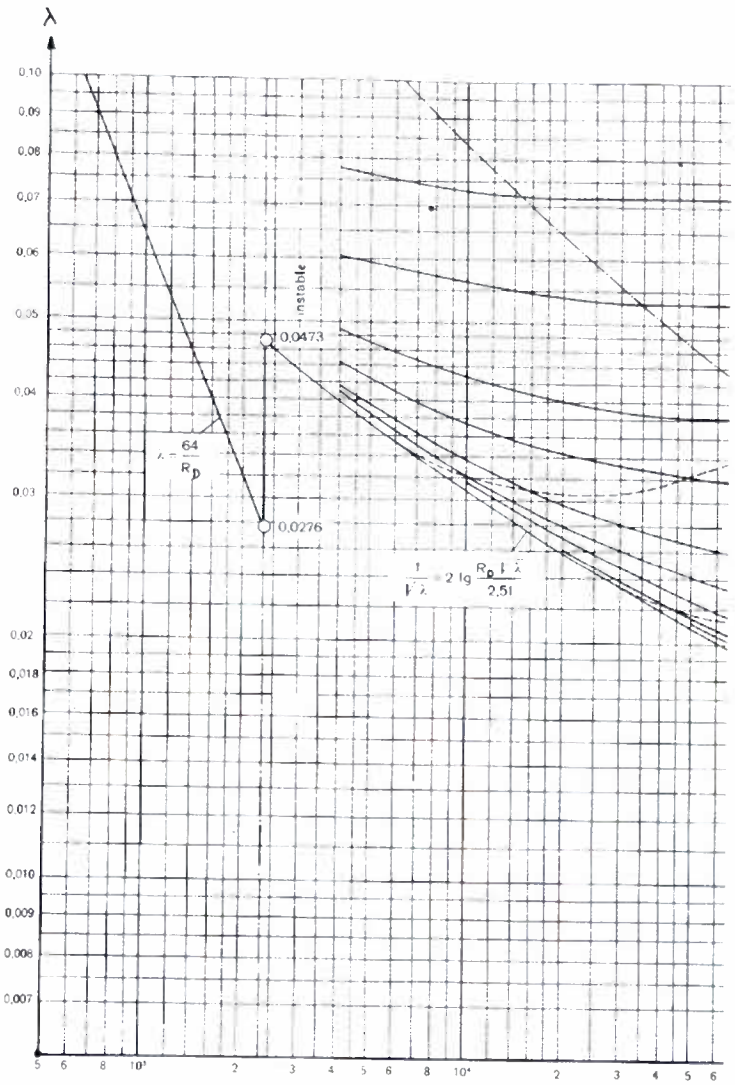
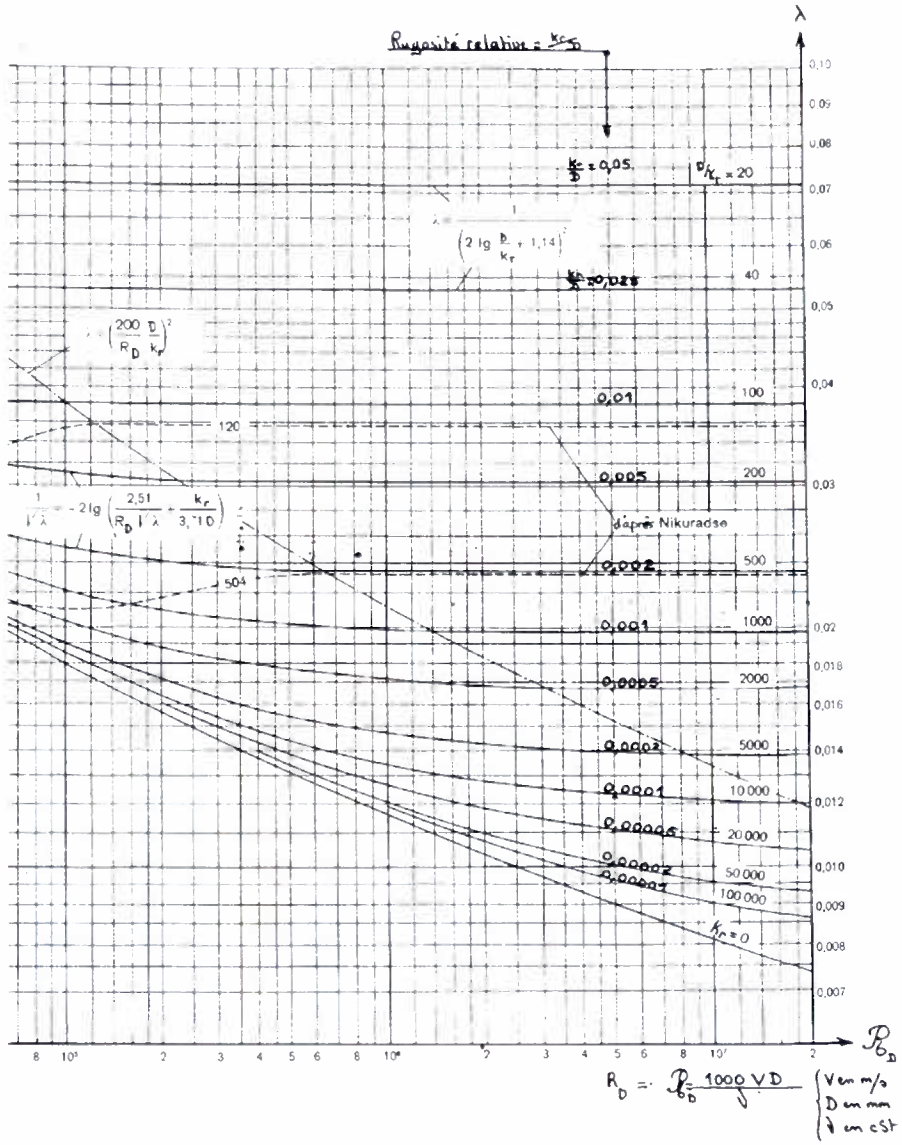


Figure 3.28 (suite)



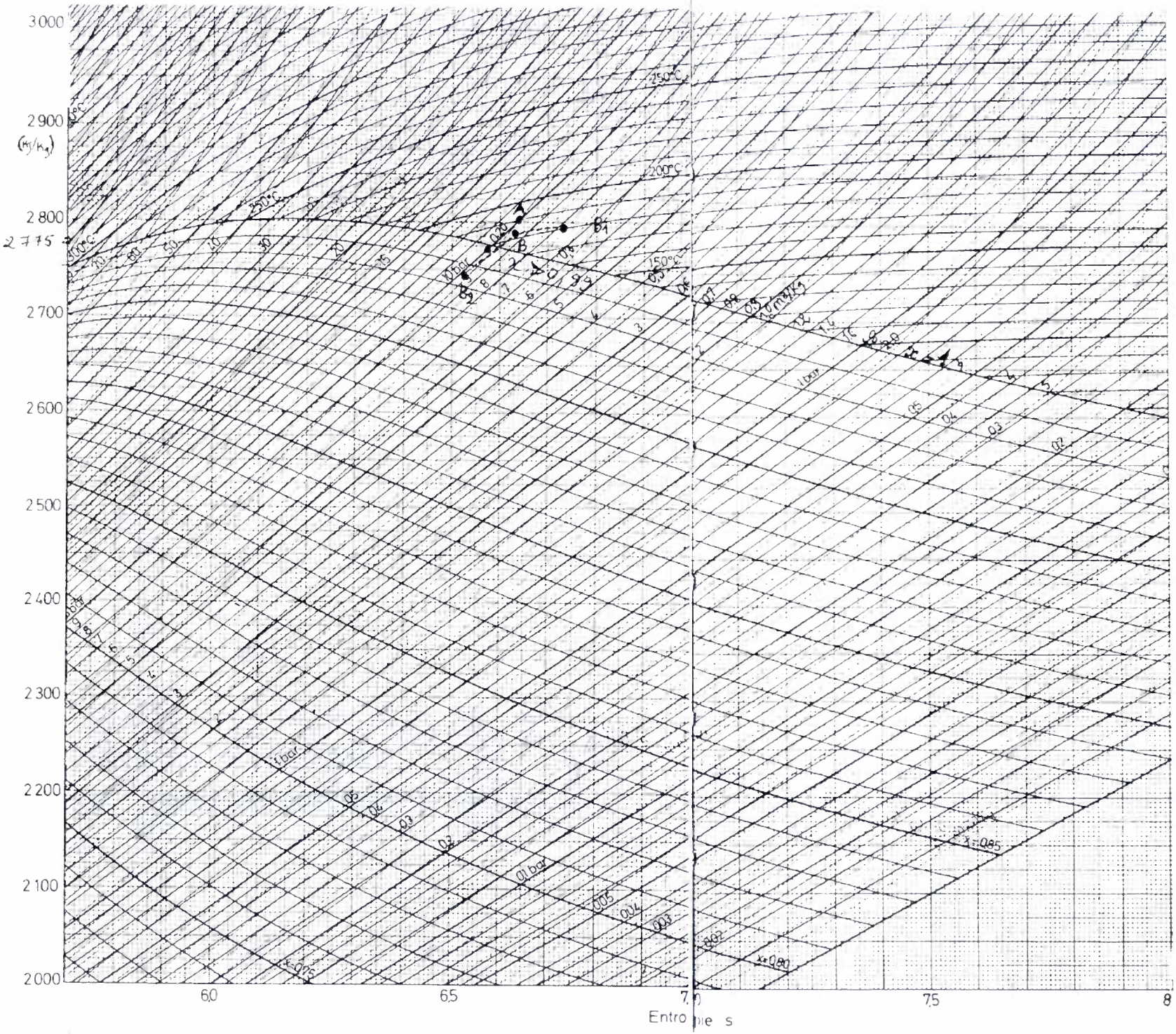
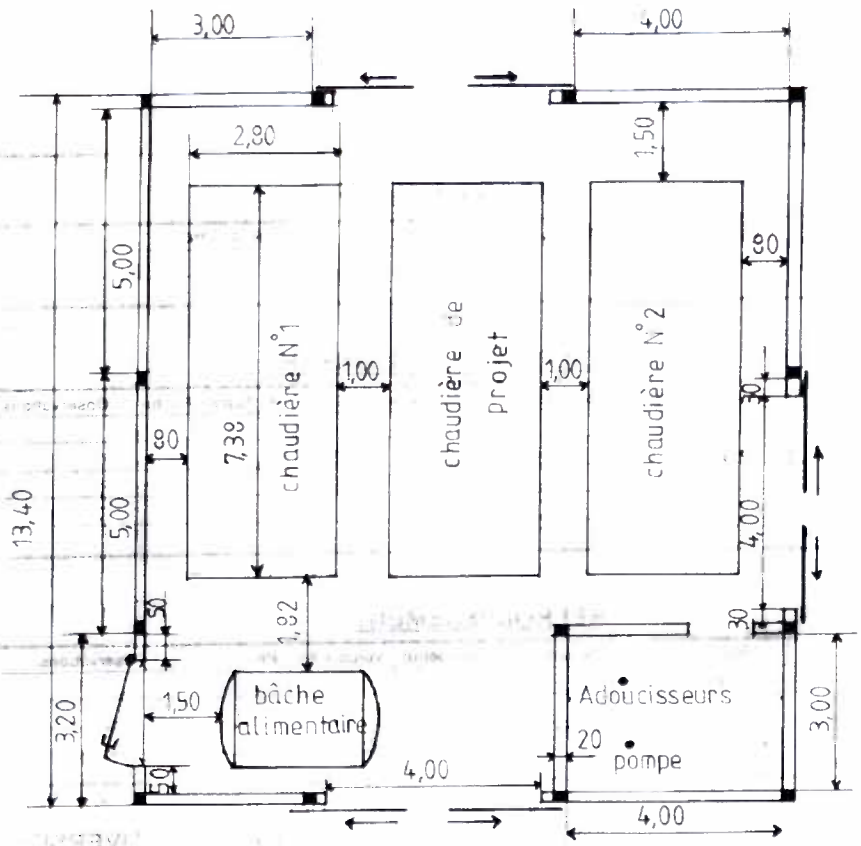
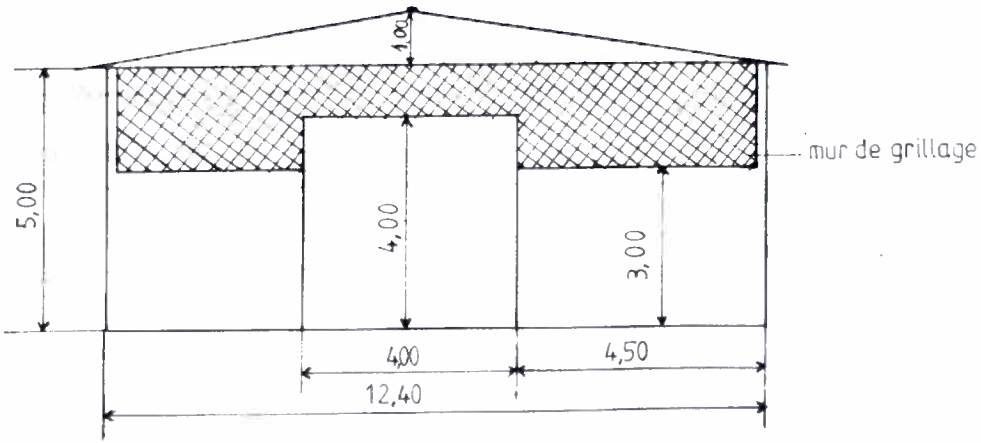


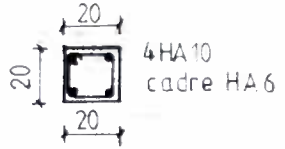
Figure 6-51
Diagramme de Mollier (extrait)

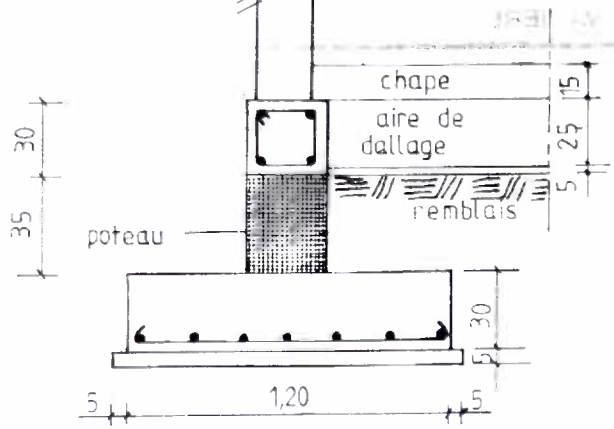




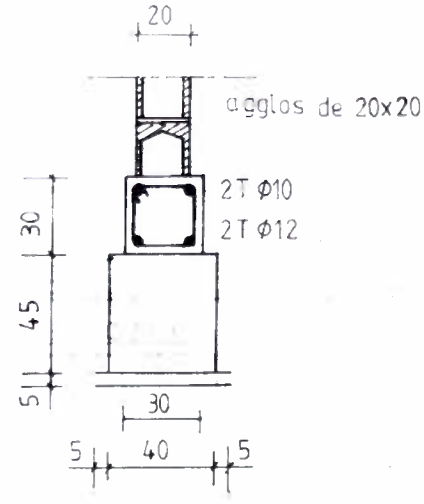
DETAILS FONDATIONS

echelle: 1/20





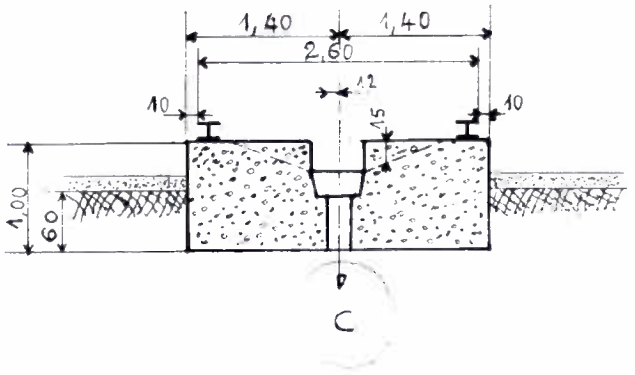
semelle isolée



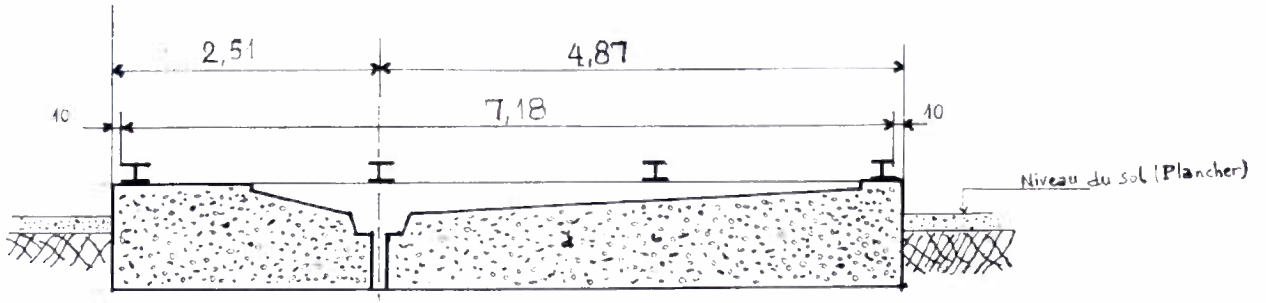
semelle filante

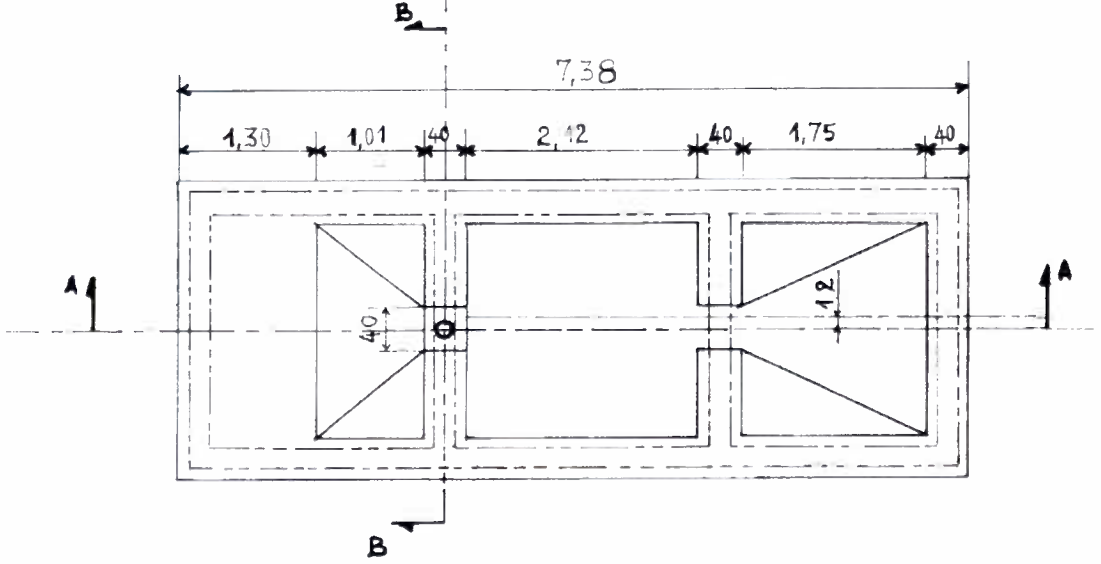
Echelle : 1/100	Société des Brasseries du Burkina (BRAKINA)
LOCAL CHAUFFERIE (plans et disposition des équipements)	05-06-2000
	NGANZIAMI - C.
	E.I.E.R

COUPE BB



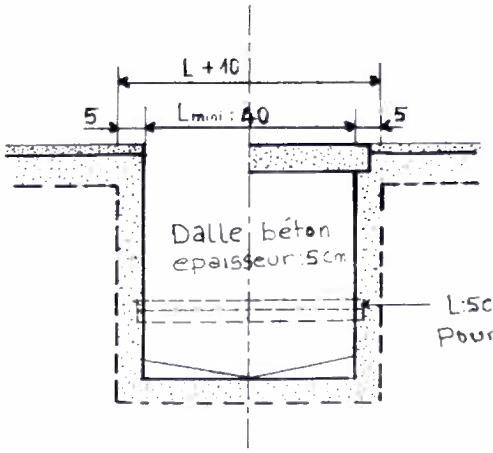
COUPE AA





CANIVEAU - DRAIN

(détail C)



ECHELLE : 1/50	SOCIETE DES BRASSERIES DU BURKINA (BRAKINA)
MASSIF EN BETON DE POSE CHAUDIERE	05 - 6 - 2000
	NGANZIAMI - C.

FABRICATION (BRASSAGE)

BRAKINA

NOM :

DATE : 03-04-2000

TYPE BIERE : ORO

N° BRASSIN : 193

N° TOD : 04

VERSEMENT :

Malt : 4000kg

Gritz : 2000kg

Sucre : /

HOUBLON GRANULE : /

HOUBLON CONCENTRE : 04 kg

SULFATE DE ZINC : /

FILTRASE : 02 kg

HITEMPASE : 1,2 kg

CALCIUM : 07 kg

ANALYSE MOUTURE MALT				ANALYSE MOUTURE MAÏS			
	Enveloppes	Gruaux	Farine		Semoule	Farine Grossière	Farine Fine
				%	73,34	25,60	1,06
%	24,52	49,92	25,56				
Normes	10 - 17 %	48 - 68%	25 - 32%	Normes	75% Maxi	25% Maxi	1,5% Maxi

CHAUDIERE A GRAINS CRUS

OPERATION	T° C	Début	Fin	Volume	PH	Observations
EMPATAGE	34	14H20	14H45	100	5,82	
MONTER A	85	14H45	15H00			
PALIER	85	15H00	15H20			
MONTER A	94	15H20	15H35			
PALIER	94	15H35	15H55			
MONTER A EBULITION	100	16H00	16H15			
MAINTIEN A EBULITION						
POMPAGE DE LA TREMPE	100	16H20				

CUVE MATIERE

OPERATION	T° C	Début	Fin	Volume	PH	Observations
EMPATAGE	40	16H00	16H20	130		
MONTER A	50	16H20	16H25			
PALIER	50	16H25	16H45		5,50	
MONTER A	69	16H45	17H05			
PALIER	69	17H05	17H20		5,40	
MONTER A	72	17H20	17H25			
PALIER	72	17H25	17H55		5,39	
SACCHARIFICATION						
MONTER A	78	17H55	18H05			
PALIER						
POMPAGE AUX FILTRES	78	18H40		240		

FILTRATION DU MOUT

FILTRE I								
OPERATION	DEBUT	FIN	PR-DEB	PR-FIN	T° C	DENSITE	VOLUME	PH
POMPAGE	18H45	19H50						
RECYCLAGE								
1er BOUILLON						21,8		5,37
RECYCLAGE								
LAVAGE	19H50	21H30				1,0		6,44
SURLAVAGE								
RETOUR DU TRUB								
VIDANGE FILTRE								
DEDRECHAGE								

FILTRE II								
DEBUT	FIN	PR-DEB	PR-FIN	T° C	DENSITE	VOLUME	PH
18H50	19H50						
					21,8		5,37
					1,0		6,11

BAC TAMPON

OPERATION	DEBUT	FIN	DENSITE	PH	OBSERVATIONS
POMPAGE	18H45	20H20			
CHAUFFAGE	18H45	20H30			

CHAUDIERE A HOUBLONNER

OPERATION	Début	Fin	Densité début	Densité fin	Vol. début	Vol. fin	PH. début	PH. fin	Observations
REMPLISSAGE	20H20	21H50				460			
EBULITION	21H55	23H20	9,2	10,2	460	435	5,41	5,25	
HOUBLON 1									
HOUBLON 2									
POMPAGE WHIRPOOL	23H25	23H45	10,2			435	5,26	5,23	

REFROIDISSEMENT

OPERATION	Début	Fin	Densité	Volume début	Volume fin	PH	T° C	Observations
REFROIDISSEMENT	24H10	03H05	10,2	435	409	5,40	10	
VIDANGE TRUB	3H05	3H10						
EAU FROIDE	3H10	3H15						
SOUDE CAUSTIQUE	3H10	3H15						

ADDITIFS

	Cuiseur	C. Matière	Chaudière	Observations
CHLORURE DE CALCIUM		3kg	4kg	
SULFATE DE CALCIUM				
HITEMPASE	1,2kg			
FILTRASE	1kg	2kg		

ANALYSES DIVERSES

PH Eau d'empâtage		Observations
Chlore dans les eaux d'empâtage		
Levure		DMP4 de 21

CALCUL DU RENDEMENT

EXTRAITS THEORIQUES		
EXTRAITS MALT		
EXTRAITS GRAINS CRUS		
EXTRAITS AUTRES		
EXTRAITS AUTRES		
TOTAL EXTRAITS	4540	
EXTRAITS REELS	4426,56	
RENDEMENT	98%	un fond de WHIRPOOL

Emis par

Vérifié par

FABRICATION (BRASSAGE)

BRAKINA

NOM :

DATE : 30 - 03 - 2000

TYPE BIERE : FLAG

N° BRASSIN : 62

N° TOD : 02

VERSEMENT :

Malt : 5000 kg

Gritz : 1800 kg

Sucre : 1000 kg

HOUBLON GRANULE : 05 kg

HOUBLON CONCENTRE : 04 kg

SULFATE DE ZINC : /

FILTRASE : 03 kg

HITEMPASE : 1,2 kg

CALCIUM : 07 kg.

ANALYSE MOUTURE MALT			
	Enveloppes	Gruaux	Farine
	8,77/15,68	31,26/17,87	10,50/15,82
%	24,45	49,23	26,32
Normes	10 - 17 %	48 - 68%	25 - 32%

ANALYSE MOUTURE MAÏS			
	Semoule	Farine Grossière	Farine Fine
%	70,23	27,44	2,33
Normes	75% Maxi	25% Maxi	1,5% Maxi

CHAUDIERE A GRAINS CRUS

OPERATION	T° C	Début	Fin	Volume	PH	Observations
EMPATAGE	34	04H25	04H40	90		
MONTER A	85	04H40	05H15			
PALIER	85	05H15	05H35			
MONTER A	94	05H35	05H50			
PALIER	94	05H50	06H10			
MONTER A EBULITION	100	09H45	10H10			
MAINTIEN A EBULITION						
POMPAGE DE LA TREMPE	100	10H30				

CUVE MATIERE

OPERATION	T° C	Début	Fin	Volume	PH	Observations
EMPATAGE	38	09H50	10H30	150		
MONTER A	50	10H30	10H40			
PALIER	50	10H40	10H55		5,48	
MONTER A	69	10H55	11H25			
PALIER	69	11H25	11H30		5,39	
MONTER A	72	11H30	11H35			
PALIER	72	11H35	12H05		5,38	
SACCHARIFICATION						
MONTER A	78	12H05	12H20			
PALIER						Changement des toiles des filtres.
POMPAGE AUX FILTRES	78	15H20		250		

FILTRATION DU MOUT

FILTRE I

OPERATION	DEBUT	FIN	PR-DEB	PR-FIN	T° C	DENSITE	VOLUME	PH
POMPAGE	15H25	16H25						
RECYCLAGE								
1er BOUILLON						22,4		5,30
RECYCLAGE								
LAVAGE	16H25	17H50				1,1		6,37
SURLAVAGE								
RETOUR DU TRUB								
VIDANGE FILTRE								
DEDRECHAGE								

FILTRE II

DEBUT	FIN	PR-DEB	PR-FIN	T° C	DENSITE	VOLUME	PH
16H25	17H50						
					22,4		
17H50	19H55				1,0		6,31

BAC TAMPON

OPERATION	DEBUT	FIN	DENSITE	PH	OBSERVATIONS
POMPAGE					
CHAUFFAGE					

CHAUDIERE A HOUBLONNER

OPERATION	Début	Fin	Densité début	Densité fin	Vol. début	Vol. fin	PH. début	PH. fin	Observations
REMPLISSAGE	15H25	15H45	22,4			460			Compris de
EBULITION	20H15	23H35		12,3	460	420	5,35		Courant
HOUBLON 1		20H15						04 kg	21H40 - 22H30
HOUBLON 2		21H25						05 kg.	
POMPAGE WHIRPOOL	23H40	24H00	12,3			420			

REFROIDISSEMENT

OPERATION	Début	Fin	Densité	Volume début	Volume fin	PH	T° C	Observations
REFROIDISSEMENT	24H20	03H15	12,3	420	393		8	
VIDANGE TRUB	03H15	03H20						
EAU FROIDE	03H15	04H40						
SOUDE CAUSTIQUE	03H30	03H50						

ADDITIFS

	Cuiseur	C. Matière	Chaudière	Observations
CHLORURE DE CALCIUM		3kg	4kg	
SULFATE DE CALCIUM				
HITEMPASE	1,2kg			
FILTRASE		3kg		
charbon actif	1kg.			

ANALYSES DIVERSES

PH Eau d'empâtage		Observations
Chlore dans les eaux d'empâtage		
Levure		

CALCUL DU RENDEMENT

EXTRAITS THEORIQUES	
EXTRAITS MALT	
EXTRAITS GRAINS CRUS	
EXTRAITS AUTRES	
EXTRAITS AUTRES	
TOTAL EXTRAITS	6 150
EXTRAITS REELS	5 197,25
RENDEMENT	85 %

Emis par

Vérifié par

FABRICATION (BRASSAGE)

BRAKINA

NOM :

DATE : 03-04-2000

TYPE BIERE : GUINNESS

N° BRASSIN : 24

N° TOD : 10

VERSEMENT :

Malt : 5200 kg

Gritz : /

Sucre : 600 kg

HOUBLON GRANULE : /

HOUBLON CONCENTRE : 2,1 kg

SULFATE DE ZINC : /

FILTRASE : 0,3 kg

HITEMPASE : /

CALCIUM : 0,7 kg

ANALYSE MOUTURE MALT				ANALYSE MOUTURE MAÏS			
	Enveloppes	Gruaux	Farine		Semoule	Farine Grossière	Farine Fine
		49,92		%			
%	24,52	45,92	25,56				
Normes	10 - 17 %	48 - 68%	25 - 32%	Normes	75% Maxi	25% Maxi	1,5% Maxi

CHAUDIERE A GRAINS CRUS

OPERATION	T° C	Début	Fin	Volume	PH	Observations
EMPATAGE						
MONTER A						
PALIER						
MONTER A						
PALIER						
MONTER A EBULITION						
MAINTIEN A EBULITION						
POMPAGE DE LA TREMPE						

CUVE MATIERE

OPERATION	T° C	Début	Fin	Volume	PH	Observations
EMPATAGE	41	11H20	12H10	150		
MONTER A	50	12H10	12H20			
PALIER	50	12H20	12H30		5,52	
MONTER A	69	12H30	12H55			
PALIER	69	12H55	13H00		5,49	
MONTER A	71	13H00	13H05			
PALIER	71	13H05	13H35		5,38	
SACCHARIFICATION						
MONTER A	77	13H35	13H45			
PALIER						
POMPAGE AUX FILTRES	77	14H10		193		

FILTRATION DU MOUT

FILTRE I								
OPERATION	DEBUT	FIN	PR-DEB	PR-FIN	T° C	DENSITE	VOLUME	PH
POMPAGE	14H15	15H05						
RECYCLAGE								
1er BOUILLON						21,7		5,30
RECYCLAGE								
LAVAGE	15H05	16H10				1,3		5,91
SURLAVAGE								
RETOUR DU TRUB								
VIDANGE FILTRE								
DEDRECHAGE								

FILTRE II								
DEBUT	FIN	PR-DEB	PR-FIN	T° C	DENSITE	VOLUME	PH
14H15	15H10						
					21,7		
15H10	16H20				1,5		5,73

BAC TAMPON

OPERATION	DEBUT	FIN	DENSITE	PH	OBSERVATIONS
POMPAGE					
CHAUFFAGE					

CHAUDIERE A HOUBLONNER

OPERATION	Début	Fin	Densité début	Densité fin	Vol. début	Vol. fin	PH. début	PH. fin	Observations
REMPLISSAGE	15H20	16H25							
EBULITION	16H35	16H55	14,5	18,4	460	450	5,20	5,08	Coupure de courant : 16H55 - 18H00.
HOUBLON 1		16H35							
HOUBLON 2									
POMPAGE WHIRPOOL	15H15	16H35	18,4			450			

REFROIDISSEMENT

OPERATION	Début	Fin	Densité	Volume début	Volume fin	PH	T° C	Observations
REFROIDISSEMENT	19H58	23H30	18,3	450	410		11	
VIDANGE TRUB	23H30	23H35						
EAU FROIDE	24H10	24H20						
SOUDE CAUSTIQUE	23H35	24H05	2,25%					

ADDITIFS

	Cuiseur	C. Matière	Chaudière	Observations
CHLORURE DE CALCIUM		3 kg	4 kg	
SULFATE DE CALCIUM				
HITEMPASE				
FILTRASE		3 kg		

ANALYSES DIVERSES

PH Eau d'empâtage		Observations
Chlore dans les eaux d'empâtage		
Levure		

CALCUL DU RENDEMENT

EXTRAITS THEORIQUES	
EXTRAITS MALT	
EXTRAITS GRAINS CRUS	
EXTRAITS AUTRES	
EXTRAITS AUTRES	
TOTAL EXTRAITS	8800
EXTRAITS REELS	8536,32
RENDEMENT	97% un fond de GUINNESS

Emis par

Vérifié par