

SESSION 2011

---

**CAPLP**  
**CONCOURS EXTERNE**

Section : GÉNIE CIVIL  
Option : ÉQUIPEMENTS TECHNIQUES - ÉNERGIE

**ÉCRIT 2**  
**ÉTUDE D'UN SYSTÈME, D'UN PROCÉDÉ**  
**OU D'UNE ORGANISATION**

Durée : 5 heures

---

*Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.*

*L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.*

*Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.*

*De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.*

**NB :** *Hormis l'en-tête détachable, la copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.*

**Tournez la page S.V.P.**

A

## ATTENTION :

**Arrêté du 28 décembre 2009 fixant les sections et les modalités d'organisation des concours du Certificat d'Aptitude au Professorat de L'enseignement Professionnel**

Article 15

*Les épreuves sont notées de 0 à 20. Pour toutes les épreuves, la note zéro est éliminatoire. Lorsqu'une épreuve comporte plusieurs parties, **la note zéro obtenue à l'une ou l'autre des parties est éliminatoire.***

## RAPPELS :

**Circulaire N°99-186 du 16 novembre 1999**

*Le matériel autorisé comprend toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante.*

*Le candidat n'utilise qu'une seule machine sur la table. Toutefois, si celle-ci vient à connaître une défaillance, il peut la remplacer par une autre.*

*Afin de prévenir les risques de fraude, sont interdits les échanges de machines entre les candidats, la consultation des notices fournies par les constructeurs ainsi que les échanges d'informations par l'intermédiaire des fonctions de transmission des calculatrices.*

## Consignes générales

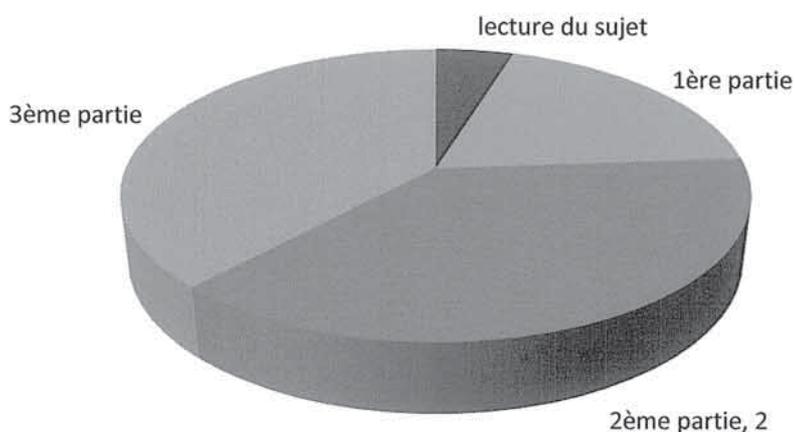
Le sujet est composé de 3 parties complètement indépendantes. Chaque partie devra être traitée sur une copie différente.

Le sujet se décompose en 3 dossiers :

- le premier avec le travail demandé,
- le second avec la documentation technique (DT),
- le troisième avec les documents réponses (DR).

Il est conseillé de consacrer du temps à chaque partie suivant son importance d'après le graphique suivant :

### répartition du travail



Les résultats numériques ne seront pris en compte qu'avec leurs unités.

Il est rappelé que la présentation de la copie est un indicateur évalué par le jury.

### DOCUMENTS A RENDRE :

- une feuille par partie et sous-partie
- l'ensemble des documents réponses
- l'ensemble des documents techniques

**remarque** : toutes les pages devront être numérotées.

# Présentation de l'étude

Votre étude porte sur une fromagerie.

Les conditions extérieures de base sont :

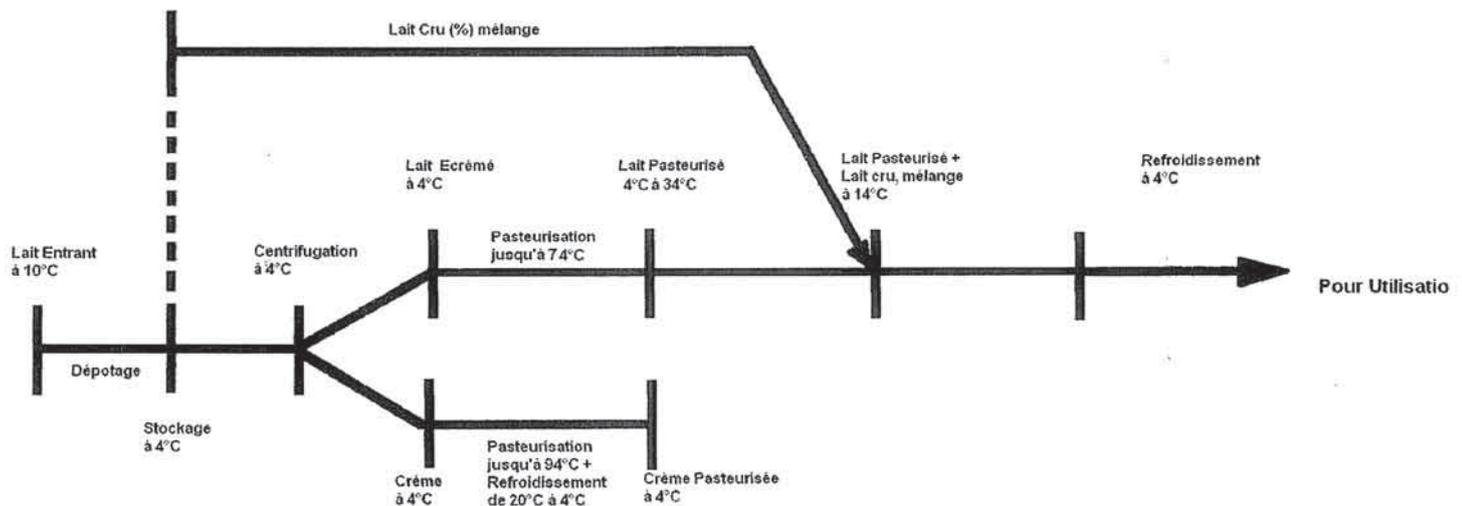
- l'été : 31°C / 35%
- l'hiver : -7°C / 90%

Les besoins énergétiques du site sont variés :

Type de besoin	Besoin calorifique	Besoin frigorifique
Conditionnement d'air des locaux de process (numérotés 2 à 9)	oui	oui
Chauffage des locaux de stockage (12 à 14)	oui	non
Rafraîchissement du local Déchets (11)	non	oui
Chauffage cuisine, laboratoire biologique, buanderie, vestiaires	oui	non
Chauffage local N.E.P.	oui	non
Climatisation salle de dégustation	oui	oui
Pasteurisation du lait	oui	oui
Chambre froide	non	oui
Eau chaude sanitaire destinée à la consommation humaine	oui	non
Eau chaude destiné au nettoyage des locaux	oui	non

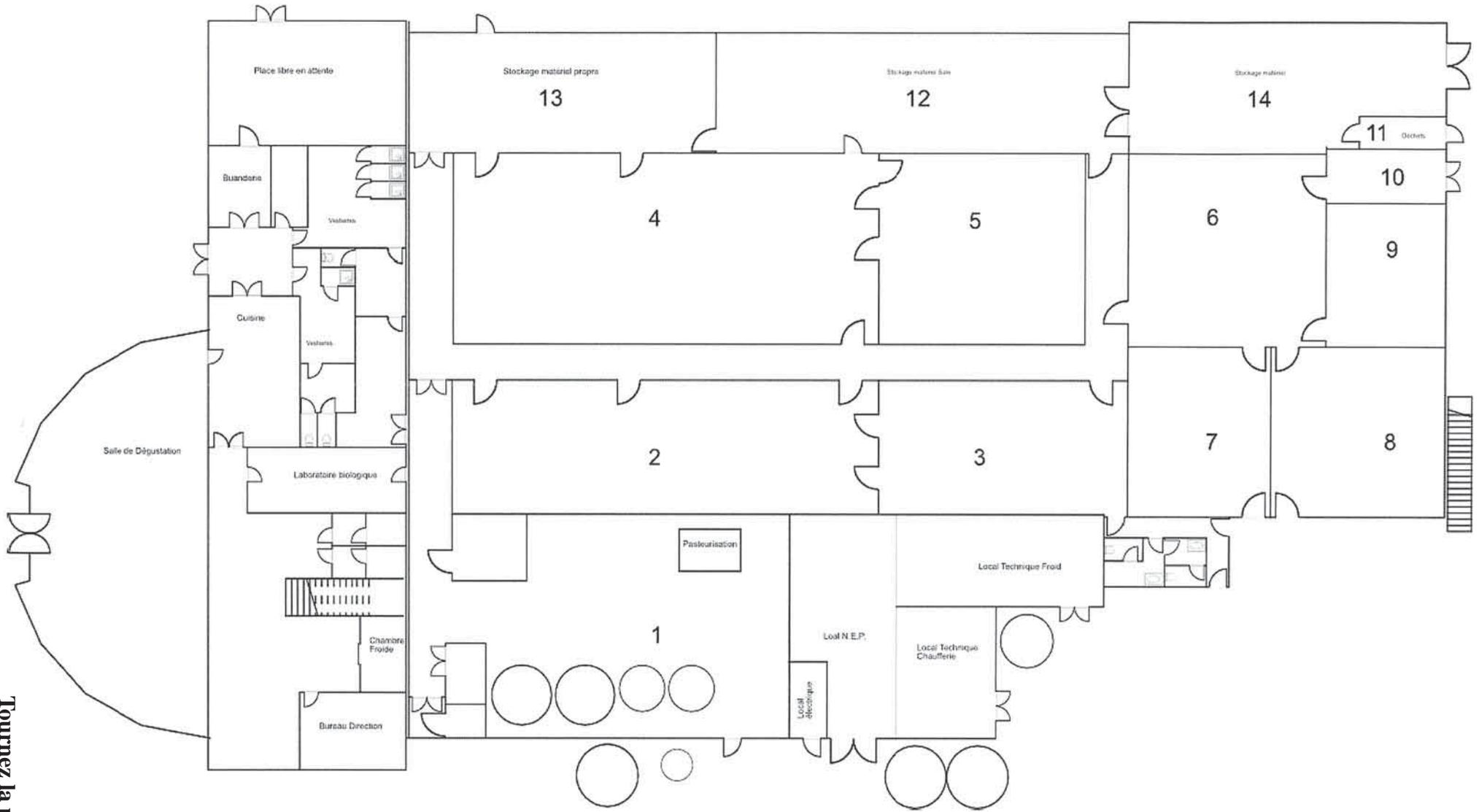
Le process se décompose en deux étapes principales :

- la préparation du lait et de la crème (cf. schéma ci-dessous)
- conditionnement des locaux dédiés (numérotés 2 à 9) pour maîtriser la formation du fromage.



Dans cette étude, nous allons nous intéresser :

- au conditionnement d'air du local n°4 (partie I)
- au process de pasteurisation du lait (partie II)
- à la production calorifique et frigorifique (partie III).



# Travail demandé

## Partie I – Étude de la diffusion d'air

On désire préparer et étudier la diffusion d'air dans la salle de moulage (local 4). Pour cela, nous allons :

- effectuer un choix technologique,
- vérifier les critères de dimensionnement,
- tracer sur le diagramme de l'air humide les évolutions de l'air.

On donne les renseignements suivants :

- température du local : 20°C (hygrométrie non contrôlée)
- puissances thermiques installées: 6 kW chaud
- puissances frigorifiques installées: 12 kW froid
- régime d'eau glycolée : +3/+7°C
- régime eau chaude : +32/+38°C
- débit de soufflage 8750 m<sup>3</sup>/h en tout air repris ( $\rho_{air}=1,2\text{kg/m}^3$ )
- dimensions 12,3 x 8,3 x 3,7 m
- pression disponible en sortie d'évaporateur : 200Pa

### Question 1 - Choix Technologique

En étudiant la documentation technique DT1, expliquez pourquoi il est opportun de placer une gaine textile dans la salle de moulage (local 4). Dans le tableau DR1, donnez l'avantage principal de ce système et l'inconvénient principal.

Parmi les différents types de gaines, choisissez celui qui vous paraît le plus adapté en justifiant votre réponse.

### Question 2 - Vérification des pressions dans les gaines textiles

Expliquez en quelques lignes pourquoi la pression statique ( $p_{statique}$ ) doit être supérieure à la pression dynamique ( $p_{dyn}$ ).

En vous aidant des abaques et de la documentation DT1, vérifiez que  $p_{statique} > 2,5 \cdot p_{dyn}$

### Question 3 - Traitement de l'air

- a) La salle de moulage a une hygrométrie de 50% avant utilisation. On vous demande de tracer les évolutions de l'air sur le DR2 à travers les batteries pour les cas été et hiver.
- b) Le moulage des fromages engendre un apport d'humidité de 15kg/h, y-aura-t-il des désagréments notables l'hiver ? L'été ? Justifiez votre réponse et proposez des solutions le cas échéant.

## Partie II – Étude du pasteurisateur

Nous allons étudier le pasteurisateur de lait. Dans cet objectif, nous allons :

- choisir une technologie pour les échangeurs,
- étudier la régulation des pressions dans les échangeurs et le report d'informations vers une GTC,
- dimensionner le chambreur,
- déterminer l'économie réalisée par l'ajout d'une section économiseur.

La pasteurisation se fait en plusieurs étapes :

- Chauffage à 74°C le lait cru à l'aide d'un échangeur à plaques alimenté en eau chaude à 95°C.
- Passage dans le chambreur : le chambreur est un tube dont la longueur permet de maintenir durant au moins 30 secondes le lait au-delà de 72°C.
- Refroidissement du lait.

Le schéma synoptique du pasteurisateur se trouve DR4.

Données complémentaires :

- débit de lait pasteurisé : 8000l/h durant 2 heures par jour.
- masse volumique du lait : 1 025 g/l
- capacité calorifique du lait : 3,94 kJ/kg.K
- le COP moyen de la machine frigorifique est de 2,19

### Question 1 - Choix Technologique

Deux solutions sont envisagées lors de la conception du pasteurisateur pour la section de refroidissement :

**Solution 1 :** Utilisation d'eau glycolée en régime -3/+2°C avec un échangeur à plaques PROTECT « double paroi » permettant d'éviter tout contact entre l'eau glycolée et le lait (cf. DT2)

**Solution 2 :** Utilisation d'eau provenant d'un réservoir de glace en régime 0,5/2°C avec un échangeur à plaque « simple paroi ».

Sans calcul, remplissez les 3 premières lignes du tableau des avantages/inconvénients de chaque solution DR3.

### Question 2 - Graphes de régulation

Le client décide de retenir la solution n°2. La solution retenue présente un risque de contamination du lait en cas de fissure d'un échangeur. La réglementation impose qu'en cas de fuite d'un échangeur, le lait (cru ou déjà pasteurisé) ne soit pas contaminé. La pression du lait doit donc toujours être supérieure à celle des circuits d'eau (eau chaude ou eau glacée).

- Pour éviter une contamination du lait pasteurisé, un pressostat de sécurité (PDZL) compare la pression entre le circuit d'eau glacée et le circuit de lait pasteurisé. Réalisez sur le DR3 le graphe statique de cet équipement en précisant les valeurs numériques de réglage :
  - consigne : 1,5 bar
  - différentiel de 0,5 bar.
- Lorsque le lait pasteurisé n'est pas à une température supérieure à 72°C en sortie du chambreur, celui-ci ne peut pas être utilisé pour la production de fromage. Il est alors dérivé par une vanne 3 voies vers un ballon de stockage. Réalisez sur le DR3 le graphe statique de régulation en précisant les valeurs numériques de réglage.

### Question 3 - Gestion technique centralisée

Le DR4 présente un schéma synoptique (simplifié). Le système technique choisi pour la régulation de la pression d'eau glacée (vase d'expansion avec contrôle précis de la pression d'air) est présenté sur le DT3.

Pour déterminer le nombre de points physiques gérés par la GTC, il faut repérer les actionneurs et les capteurs de l'installation.

- Sur le DR4 repérez ces éléments et placez pour chacun le nombre de points physiques correspondants conformément aux deux exemples repérés (M) et TSL sur le schéma.
- Quel est le nombre de points physiques total sur ce schéma ?
- Expliquez en brièvement ce qu'est un point virtuel puis donnez un exemple pour cette installation.

Nota : le DT4 donne la signification des codes mnémoniques de l'instrumentation.

### Question 4 - Dimensionnement du chambreur

Le lait entre à 74°C dans le chambreur et doit impérativement en sortir à une température supérieure à 72°C. Le tube a un diamètre extérieur et une épaisseur de : 51x1,25 mm.

- Quelle doit être la longueur du tube pour que le lait y circule durant 30 secondes ?
- La perte calorifique du tube non calorifugé est estimée à 180 W/m. Calculez le flux de chaleur dans ces conditions en l'absence de calorifuge. Quelle sera alors la température du lait en sortie du chambreur ?
- Concluez sur l'opportunité d'ajouter un calorifuge.

### Question 5 - Amélioration du système

Le schéma en DT5 montre une amélioration du système de pasteurisation initial. On ajoute un échangeur permettant la récupération d'énergie sur le lait pasteurisé pour préchauffer le lait cru.

On donne les puissances des trois sections d'échangeurs :

- section récupération : 503 kW
- section chauffage : 126 kW
- section refroidissement : 81 kW

On donne DR5 une ligne piézométrique du circuit de lait qui sera à compléter.

- Expliquez en quelques lignes l'utilité de la pompe placée sur le circuit du lait après le chambreur. Est-elle correctement dimensionnée ?
- Complétez la ligne piézométrique du circuit lait DR5, sachant que :
  - le constructeur indique une perte de charge de 41 kPa pour un débit de 6000 l/h de lait,
  - Les caractéristiques hydrauliques du lait cru sont très proches de celles du lait pasteurisé.
- Déterminez l'énergie calorifique économisée grâce à l'ajout de la section de récupération.
- Déterminez l'énergie électrique économisée pour la production frigorifique grâce à l'ajout de la section de récupération.
- Concluez sur les avantages et inconvénients de cette modification.

# Partie III – Production calorifique et frigorifique

Vous allez étudier dans cette partie la chaufferie d'une part et la production frigorifique d'autre part. Ces deux parties sont indépendantes l'une de l'autre.

## Sous-partie 3.a- Etude de la chaufferie

La chaufferie (cf. DR6) est composée de :

- une chaudière Atlantic Guillot FBG 1160 sous un régime 95/75°C (cf.DT6)
- un brûleur gaz Cuenod C.160 300mbar (cf.DT7)
- une pompe de recyclage sur le circuit primaire
- un collecteur-distributeur alimentant :
  - un réseau de climatisation et pasteurisation à 95°C,
  - un réseau de moulage-pressurage à 70°C,
  - un réseau pour production d'ECS à 95°C,
  - un réseau pour les process à 40°C.

On donne :

- le pouvoir calorifique inférieur du gaz naturel : 10,4kWh/m<sup>3</sup> dans les CNTP.
- la puissance utile nécessaire : 1160kW
- les dimensions de la chaufferie : L=7m ; l=6m ; HSP=3m

### Question 1 - Choix Technologique

- a) A l'aide de la documentation technique, justifiez l'intérêt de la mise en place de la pompe repérée ①.
- b) Le montage réalisé sur le réseau moulage-pressurage limite la plage d'utilisation de la vanne 3 voies. On vous demande de modifier sur le DR6 le schéma de principe du réseau moulage-pressurage afin :
- de garantir à l'entrée de la vanne 3 voies une température de 70°C lorsque la charge thermique est maximale
  - de permettre à la vanne 3 voies de moduler de 0 à 100% pour s'adapter au changement de charge.

Vous justifierez la démarche aboutissant à votre choix (méthode pour le dimensionnement, la mise en place, le(s) réglage(s)...).

### Question 2 - Brûleur gaz

- a) Le brûleur (cf. DT7) mis en place est d'une technologie modulante. Indiquez les avantages qu'il y a à moduler la puissance, aussi bien du point de vue économique, écologique que pratique.

- b) Le réseau gaz du compteur au brûleur mesure 17m. Sélectionnez à l'aide de l'abaque (cf. DT8) le diamètre de la canalisation (cf. DT9), sachant que la longueur équivalente totale des singularités présentes sur le réseau est de 13m.
- c) Après avoir justifié l'intérêt d'une capacité tampon sur le réseau gaz, vous déterminerez le volume de cette bouteille tampon à mettre en place (cf. DT10). Quelle solution proposez-vous de mettre en place (taille, position...)?

### Question 3. Chaudière

- a) L'eau utilisée sur le site a un titre hydrotimétrique de 43°f. Déterminez une solution qui permette d'obtenir un titre à la limite de l'acceptable au remplissage de la chaudière.
- b) La chaufferie doit être équipée d'une ventilation basse et d'une ventilation haute. Celles-ci se feront naturellement par passage à travers les parois extérieures, les ouvertures étant protégées par des grilles.

La ventilation basse se détermine par :  $S_b \text{ (dm}^2) \geq \frac{P \text{ (kW)}}{23}$   
avec  $P = P_{\text{utile}}$

La ventilation haute se détermine par :  $S_h \text{ (dm}^2) \geq \frac{A \text{ (m}^2)}{10}$   
avec  $A$  la surface au sol de la chaufferie et  $S_h \geq 2,5 \text{ dm}^2$

Après avoir déterminé les sections à mettre en place, justifiez l'écart obtenu entre ces deux sections.

- c) Le bureau d'études chargé de cette installation propose de mettre en variante un récupérateur à condensation simple étage TOTALECO (cf. DT11) afin de préchauffer un circuit d'eau de process fonctionnant sous un régime 40/30°C. Après avoir sélectionné le modèle, vous indiquerez :

- le rendement escompté à pleine charge et donc le gain de puissance obtenu,
- le rendement escompté à demi-charge et donc le gain de puissance obtenu à demi-charge,
- le débit d'eau minimum à mettre en place et la température d'eau en sortie à pleine charge.
- le sens de variation de la performance du récupérateur lorsque le débit d'eau augmente.

d) La notice technique du récupérateur indique :

- que dans le cas d'une chaudière fioul, il faut faire 2 entretiens/nettoyages par an alors qu'au gaz, un seul suffit. Expliquez les raisons.
- qu'il est nécessaire de prévoir une évacuation impérativement en PVC. Pour quelle(s) raison(s) ?
- qu'il faut corriger les rendements en fonction de l'excès d'air et de la température des fumées en sortie de chaudière. Pour quelle(s) raison(s) ?

### Sous-Partie 3-b - Étude de la production frigorifique

Dans cette sous-partie, nous allons étudier la production frigorifique. Toutes les réponses seront fournies sur le document réponse.

Dans cet objectif, vous devez :

- Justifier le stockage de glace
- Étudier l'impact environnemental du fluide frigorigène
- Étudier le principe de fonctionnement de la production frigorifique

Données complémentaires :

- Puissance frigorifique dédiée au stockage de glace : 50 kW
- L'installation frigorifique fonctionne avec 350 kg de fluide frigorigène
- Le R404A a un PRP<sub>100</sub> (GWP) de 3750
- Durée de vie estimée : 25 ans
- Taux de fuites : 3% par an et récupération de 90% de fluide en fin de vie de l'installation.
- COP électrique moyen annuel de cette installation : 2,19
- Quantité de CO<sub>2</sub> rejetée par EDF pour 1 kWh consommé :  $\beta=0,3$  kgCO<sub>2</sub>/kWh
- besoin frigorifique annuel total estimé : 1004480 kWh (frigorifiques) / an
- Chaleur latente de fusion de l'eau : 332 kJ/kg
- Période tarifaire creuse pour l'électricité : 23h à 7h

### Question 1 - Étude de la production frigorifique

- a) Les schémas synoptiques (DT12 et DT13) de l'installation sont proposés. Vérifiez si ces schémas sont conformes au cahier des charges en remplissant le tableau sur le document réponse DR7.
- b) Le client souhaite un stockage d'énergie frigorifique pour limiter la puissance frigorifique installée. Expliquez sommairement sur le DR7 quel est l'intérêt d'un stockage latent vis à vis d'un stockage sensible ?

## Question 2 - Étude de l'impact environnemental

- a) Sachant que le R404A est un HFC, quel est son potentiel d'action sur l'ozone (PAO ou ODP) ? Complétez le DR7?

En vous aidant éventuellement du formulaire DT14 :

- b) Déterminez l'effet de serre direct du fluide de cette installation.  
c) Déterminez l'effet de serre indirect du fluide de cette installation.  
d) Déduisez des deux valeurs précédentes le TEWI de cette installation.  
e) Que pensez-vous de la proportion d'effet de serre direct (DR 7)?

## Question 3 - Étude du stockage de glace

Le document réponse présente les besoins horaires liés au process. Ces besoins sont intégralement affectés au stockage de glace. On prévoit une puissance de charge de 50 kW. L'installation est prévue pour être soit en stockage soit en déstockage, mais l'on ne souhaite pas faire les deux simultanément.

Travail demandé :

- a) A partir du graphique présentant les besoins horaires, calculez en kWh l'énergie de stockage nécessaire sur une journée complète (DR8).  
b) Calculez le temps de fonctionnement journalier du circuit de charge (DR8).  
c) Représentez en rouge les moments de charge sur le graphique présentant les besoins (DR8).  
d) Calculez dans ce cas la masse de glace nécessaire à 9h du matin (DR8).

# CA / PLP

## Concours Externe

Section : GENIE CIVIL

Option : Équipements Techniques – Énergie

---

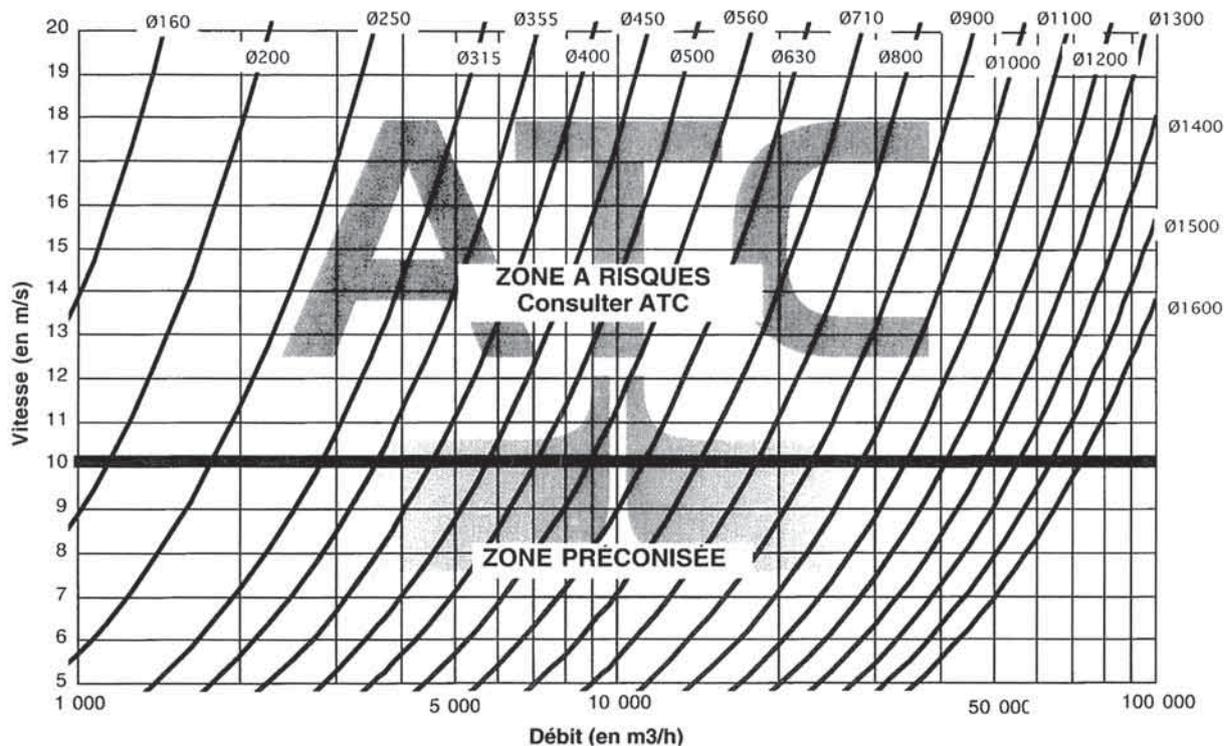
### Étude d'un **S**ystème, d'un **P**rocédé ou d'une **O**rganisation

## DOCUMENTS TECHNIQUES

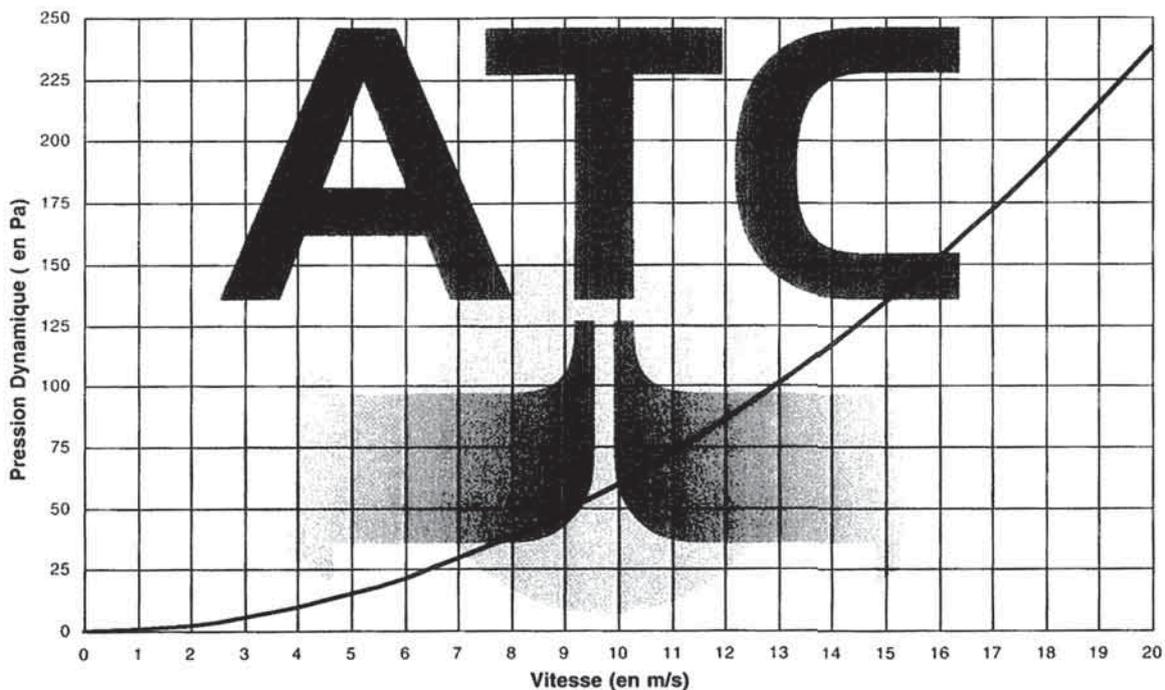
DT1 : Sélection et caractéristique des gaines textiles.....	p2-3
DT2 : Echangeur à plaques.....	p4
DT3 : Principe de régulation de la pression du circuit d'eau.....	p5
DT4 : Extrait de la norme EN1861.....	p6
DT5 : Schéma de principe de l'installation de pasteurisation améliorée.....	p7
DT6 : Chaudière FBG 1160.....	p8-9
DT7 : Brûleur C160.....	p10
DT8 : Dimensionnement des canalisations au gaz naturel.....	p11
DT9 : Diamètres normalisés pour l'acier.....	p12
DT10 : Dimensionnement de la capacité tampon.....	p12
DT11 : Récupérateur TOTALECO.....	p13-16
DT12 : Schéma de principe général de la production frigorifique.....	p17
DT13 : Schéma synoptique de la centrale de compression frigorifique.....	p18
DT14: Rappel des indicateurs du réchauffement climatique.....	p19

# DT1 : Sélection et caractéristiques des gaines textiles

Choix du diamètre des conduits  
en fonction de la vitesse et du débit



Pression Dynamique - Vitesse Frontale



Le diamètre du conduit est déterminé avec l'abaque n°1 :

En fonction du débit d'air total, déterminer un diamètre de conduit dans la zone préconisée.

Vérifier avec l'abaque n°2 que la pression statique dont vous disposez est bien 2,5 fois supérieure à la pression dynamique.

## Diffusion totale ou partielle par porosité du tissu TEXTI-SOFT

### PRINCIPE-CARACTERISTIQUES

Diffusion à très basse vitesse ( $V < 0,3$  m/s), à l'aide d'un tissu poreux, basée sur le phénomène du déplacement d'air en fonction des différences de température.

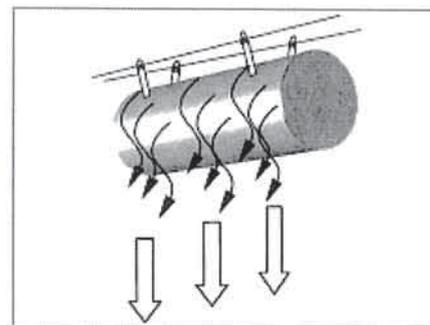
- Diffusion très uniforme, confort excellent.
- Portées de diffusion faibles.
- Convient pour la ventilation ou le rafraîchissement de locaux de faible hauteur.

### APPLICATION

Locaux tertiaires de faible hauteur, industrie agro-alimentaire, salles blanches.

### LIMITES D'UTILISATION

Utilisé uniquement en rafraîchissement et pour des hauteurs inférieures à 4 m. Portées de diffusion  $< 3$  m.



## Diffusion à moyenne induction par bandes diffusantes (gaine à fentes) TEXTI-PULSE

### PRINCIPE-CARACTERISTIQUES

Diffusion par mélange à vitesse moyenne ou élevée ( $4$  m/s  $< V < 10$  m/s), par des bandes linéaires de tissu grillagé (fentes).

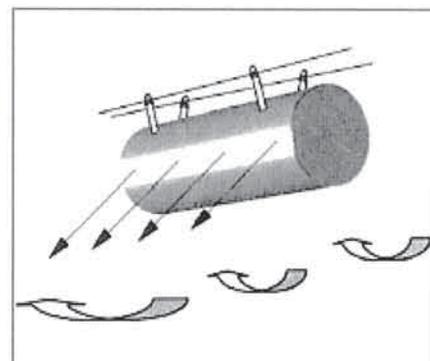
- Diffusion homogène, les portées obtenues sont fonction des vitesses d'émission au travers des fentes.
- Utilisation principale pour le froid industriel.
- Convient pour la ventilation ou le chauffage de grands volumes.

### APPLICATION

Froid industriel, Conditionnement d'air de locaux industriels de moyenne hauteur ( $< 5$  m), Chauffage de locaux industriels ( $< 8$  m).

### LIMITES D'UTILISATION

Ne pas utiliser en mode réversible chaud-froid pour des hauteurs supérieures à 5 m. Efficacité limitée pour hauteurs supérieures à 8 m, en chauffage.



## Diffusion à très haute induction par micro-perforations TEXTI-JET

### PRINCIPE-CARACTERISTIQUES

Diffusion par mélange à très haute vitesse ( $7$  à  $15$  m/s) au travers de perforations dont le diamètre et la position sont déterminés selon le projet.

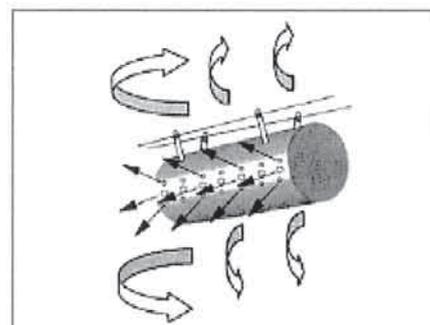
- Taux d'induction très élevé.
- Maîtrise des vitesses d'air résiduelles.
- Excellent confort, même avec de forts  $\Delta T$ .

### APPLICATION

Conditionnement d'air de grands volumes (ERP). Chauffage de locaux de stockage, Conditionnement d'air de locaux de production sensibles (imprimerie, électronique...).

### LIMITES D'UTILISATION

Ne pas utiliser pour locaux de faible hauteur ( $< 4$  m).



## Documents Annexes (extrait doc Atlantic)

## Echangeur à plaques



### Les plaques

#### • OPTIMUM : le concentré de technologie

Ce concept possède des caractéristiques remarquables car l'OPTIMUM est :

##### une plaque à canaux asymétriques

- elle double les possibilités de mixage des plaques
- elle peut générer des pertes de charge identiques même avec des débits différents

##### une plaque à joints semi-collés

- elle offre une meilleure étanchéité
- elle simplifie l'entretien

#### • PROTECT : à double paroi

La plaque PROTECT a été spécialement conçue pour supprimer tout risque de mélange entre les fluides. La juxtaposition de deux plaques assure une parfaite protection. Si une plaque vient à percer, le fluide est directement évacué vers l'extérieur. Elle vous garantit une parfaite sécurité dans la séparation des fluides.

#### • LYCE : à canaux larges

La plaque LYCE possède des canaux d'une largeur de 15 mm, son profil assure de fortes turbulences et son coefficient d'échange est élevé. Elle répond aux échanges avec fluides visqueux ou chargés. Elle est spécialement adaptée aux applications à fort débit.



##### Orientation maximum

Les flèches indiquent les possibilités d'orientation de l'OPTIMUM

##### Echange OPTIMUM

##### Étanchéité OPTIMUM

Effort de pression sur la fibre neutre du joint colle " contact "



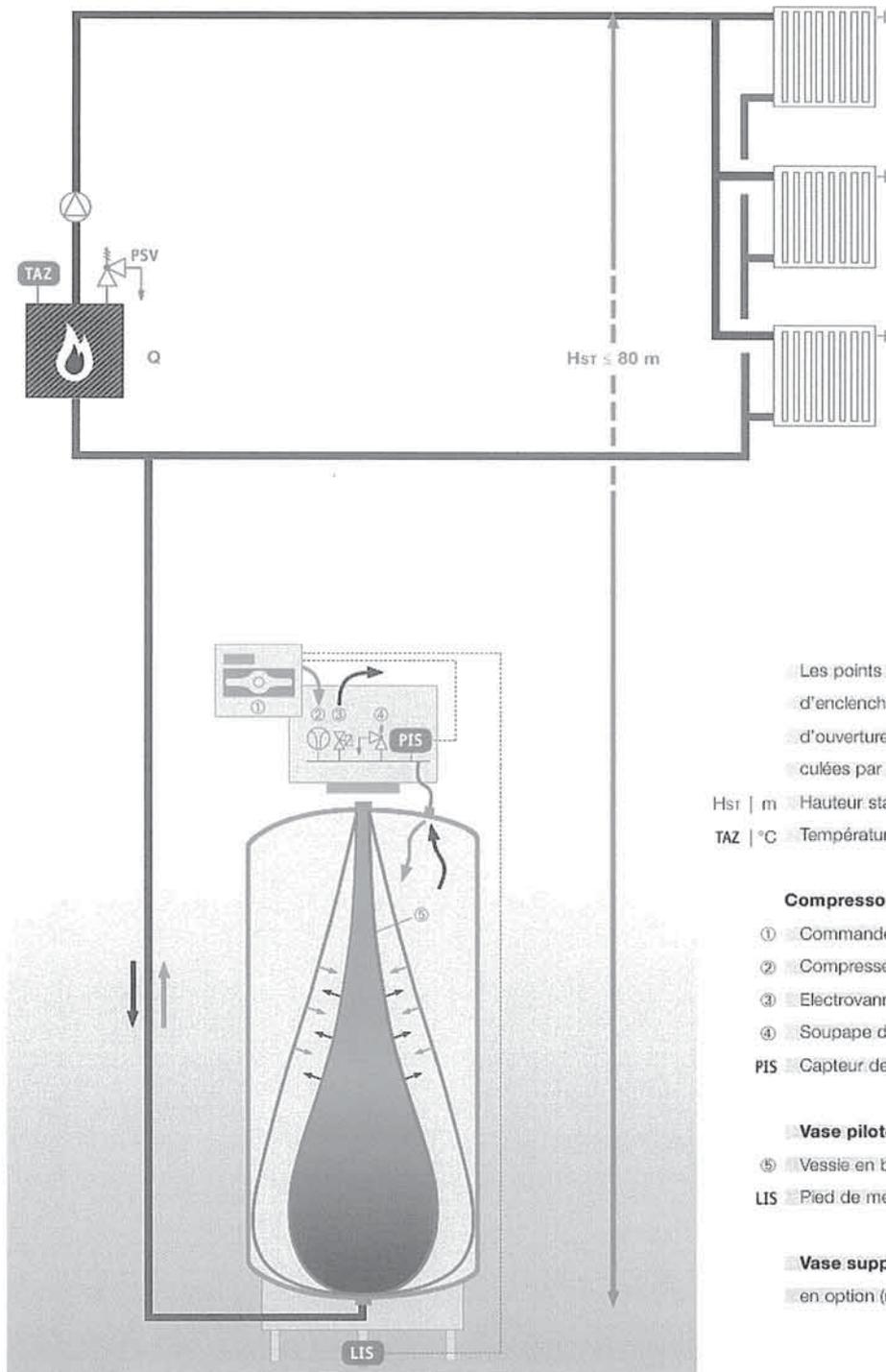
Les flèches indiquent le passage du fluide vers l'extérieur en cas de perforation de la surface d'échange.

Le relief de la plaque forme de larges canaux de circulation



# DT3

## Principe de régulation de la pression du circuit d'eau



Les points de commutation pour la pression d'enclenchement du compresseur  $p_a$  et la pression d'ouverture de l'électrovanne de décharge  $p_e$  sont calculées par la BrainCube à partir des données suivantes:

Hst | m | Hauteur statique  
TAZ | °C | Température de sécurité

### Compresso TecBox

- ① Commande BrainCube
  - ② Compresseur, pression d'enclenchement  $p_a$
  - ③ Electrovanne de décharge, pression d'ouverture  $p_e$
  - ④ Soupape de sécurité, pression admissible du Compresso
- PIS | Capteur de pression

### Vase pilote Compresso

- ⑤ Vessie en butyle étanche à l'air airproof
- LIS | Pied de mesure de la contenance

### Vase supplémentaire Compresso

en option (non illustré)

# DT4

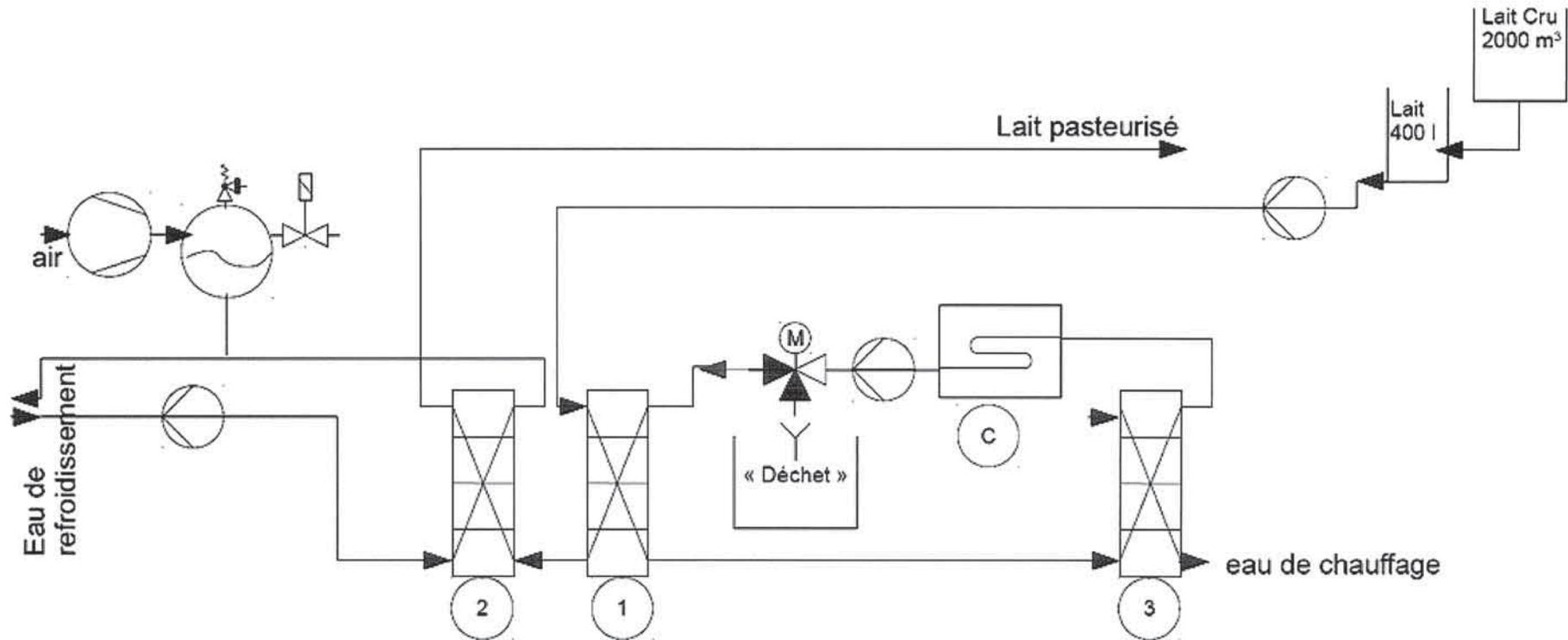
## Extrait de la norme EN1861

Extrait de la norme EN 1861 (Annexe B) - Code mnémorique pour l'identification des fonctions des instruments.

1	2	3	4
	Première lettre 1)		Lettre suivante 1)
	Variable initiale ou mesurée 5)	Modificateur	Affichage ou résultat
A			Alarme
C			Commande
D	Masse volumique	Différence	
E	Toutes variables électriques 2)		
F	Débit	Rapport	
G	Etalonnage, position ou longueur		
H	Manuel (initié manuellement) 6)		
I			Indication
J		Balayage	
K	Durée ou programme de durées		
L	Niveau 6)		
M	Buée ou humidité		
N	Choix utilisateur 3)		
O	Choix utilisateur 3)		
P	Pression ou vide		
Q	Qualité 2) (par exemple Analyse, Concentration, Conductivité)	Intégration ou totalisation	Intégration ou sommation
R	Rayonnement nucléaire		Enregistrement
S	Vitesse ou fréquence		Commutation
T	Température		Transmission
U	Variable multiple 4)		
W	Masse ou force		
Y	Choix utilisateur 3)		
Z			Action de secours ou de sûreté
<p>1) Les lettres majuscules sont utilisées pour la variable mesurée ou initiale et les lettres suivantes pour l'affichage ou le résultat. Il est préférable d'utiliser les lettres majuscules pour les modificateurs mais les minuscules peuvent être adoptées lorsqu'elles facilitent la compréhension.</p> <p>2) Une note complémentaire spécifie la propriété mesurée.</p> <p>3) Lorsqu'un utilisateur a une exigence pour une variable mesurée ou initiale qui n'a pas été allouée et qu'il est nécessaire de répéter sur un contrat particulier les lettres allouées au choix de l'utilisateur peuvent être utilisées pourvu qu'elles soient identifiées ou définies pour une variable particulière mesurée ou initiée et réservées pour cette variable. Lorsqu'un utilisateur a une exigence pour une variable mesurée ou initiée qui peut être utilisée soit une fois soit un nombre de fois limité, la lettre X peut être utilisée pourvu qu'elle soit convenablement identifiée ou définie.</p> <p>4) La lettre U peut être utilisée à la place d'une série de premières lettres lorsqu'une multiplicité d'entrées représentant des variables dissemblables alimentent une seule unité.</p> <p>5) Lorsqu'un instrument peut avoir deux variables mesurées ou initiales, le code de la lettre de la fonction première est d'abord, par exemple contacteur de pression avec indication locale PIS.</p> <p>6) Si exigé les lettres H et L utilisées pour indiquer haut/max. ou bas/min. peuvent être associées au symbole de l'instrument, voir tableau B.3. Lorsqu'elles sont utilisées, elles peuvent être placées à l'intérieur d'un cercle ou à l'extérieur du cercle et adjacent à celui-ci.</p>			

La présente annexe B donne le code mnémorique pour l'identification des fonctions des instruments ainsi que des exemples de symboles de mesurage et de commande, conformes aux prescriptions des normes internationales ISO 3511-1 et ISO 3511-2.

## DT5 : schéma de principe de l'installation de pasteurisation améliorée

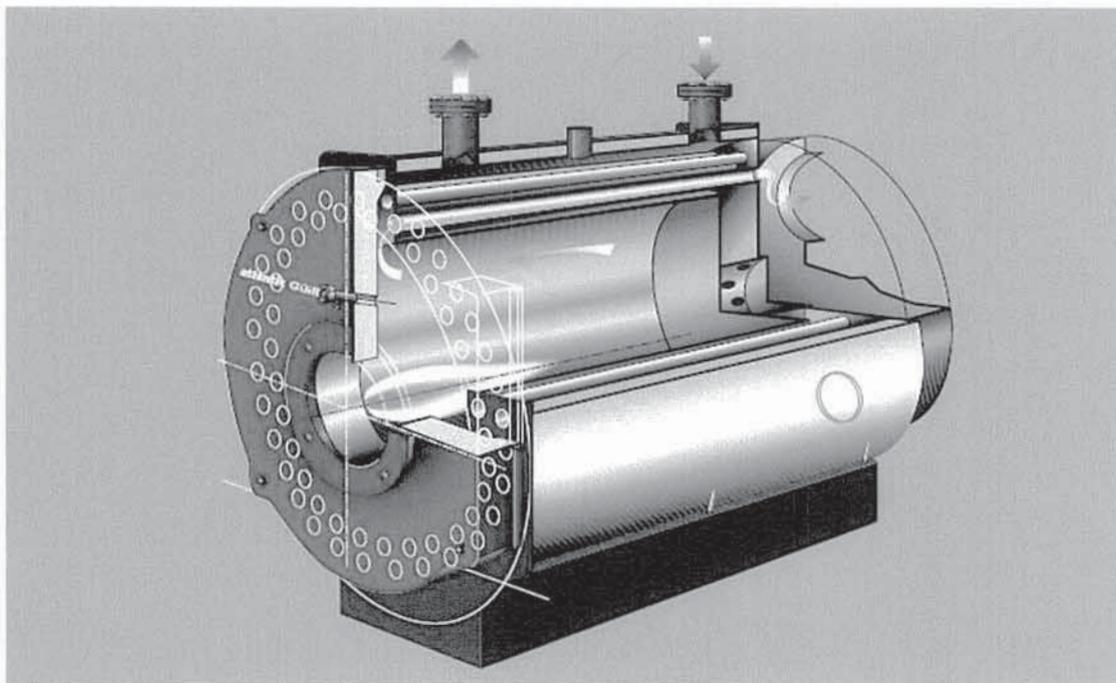


- ① Section récupération
- ② Section chauffage
- ③ Section refroidissement
- Ⓒ Chambreur

# DT6

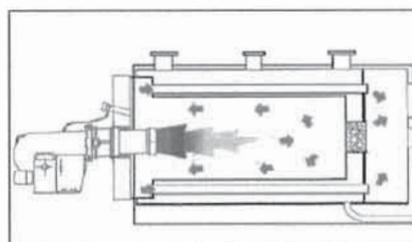
## Chaudière FBG 1160

### FBG



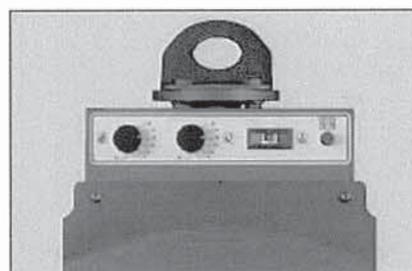
#### ■ Détail de la fourniture commune FBG - FBG Unit

- Jaquette montée avec calorifuge (60 mm).
- Porte avec garnissage fibre céramique, ouverture de gauche à droite (réversible nous consulter).
- Plaque façade brûleur (usinée à la demande).
- Fibre céramique pour garnissage annulaire tête brûleur.
- Anneaux de levage.
- Viseur de flamme intégré dans la porte.
- Pression de service standard 4 bar jusqu'à FBG 1160, (nous consulter pour des pressions supérieures).



#### ■ Fourniture supplémentaire pour FBG Unit

- Brûleur standard deux allures : fioul domestique gaz naturel (20 ou 300 mbar) ou gaz propane.
- Alimentation électrique du brûleur triphasée à partir du modèle FBG Unit 465.
- Mise en service incluse pour les brûleurs gaz et fioul.
- Coffret de contrôle comprenant :
  - deux aquastats de régulation (température maximale 90 °C), un par allure,
  - un limiteur de sécurité,
  - un thermomètre eau.



**atlantic Guïllot**

## Caractéristiques FBG

Modèles FBG	Puissance utile en kW	Puissance utile en th/h	Poids à vide en kg	Volume eau litres	Résistance circuit gaz* daPa	Pertes de charge circuit d'eau** daPa
FBG 150	150	129	375	265	32	125
FBG 175	175	151	394	255	26	200
FBG 200	200	172	430	305	30	100
FBG 230	230	198	448	295	25	150
FBG 265	265	228	472	340	25	250
FBG 300	300	258	500	330	25	300
FBG 350	350	301	600	390	30	250
FBG 405	405	348	625	465	30	300
FBG 465	465	400	728	635	40	200
FBG 540	540	464	775	615	40	300
FBG 620	620	533	869	755	45	450
FBG 710	710	611	915	730	50	450
FBG 815	815	701	1081	870	55	250
FBG 940	940	808	1132	845	58	300
FBG 1080	1080	929	1226	930	62	400
FBG 1160	1160	1000	1253	915	65	440

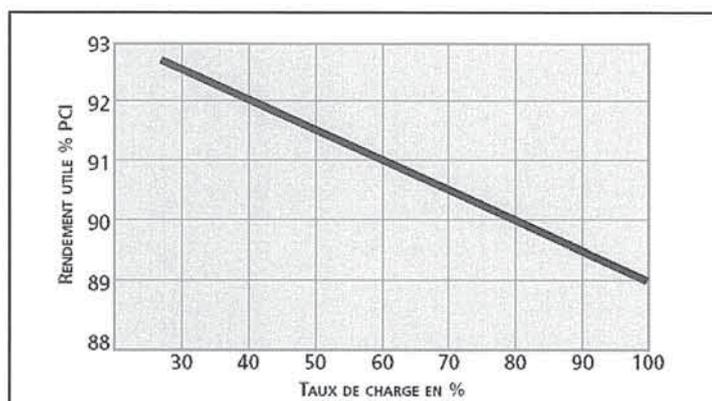
\* Résistance circuit gaz donnée pour un excès d'air de 20 %.

\*\* Pertes de charge circuit eau données pour un  $\Delta T$  de 20 K.

## Rendement utile

Les rendements sont donnés pour un taux d'excès d'air de 20 %, aussi bien en gaz qu'en fioul domestique, c'est à dire un taux de CO<sub>2</sub> de 12,7 % au fioul et de 9,6 % au gaz.

Les taux de charge mini peuvent varier en fonction du réglage du brûleur, sous réserve de respecter les limites basses des températures de fumées (95 °C au gaz et 120 °C au fioul domestique à la buse de fumées du générateur).

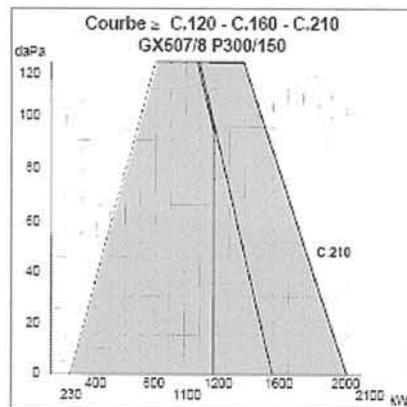
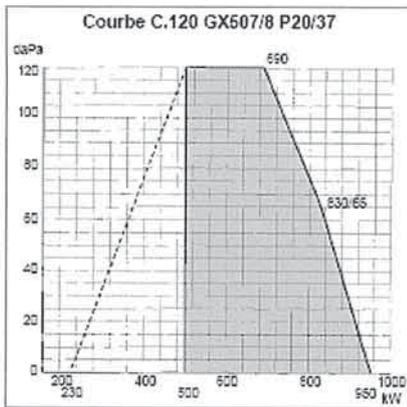


## Installation

- Conformément à l'Accord Intersyndical de 1969, il faut assurer un débit d'irrigation dans la chaudière compris entre P/45 et P/5, P/20 s'il y a production d'eau chaude sanitaire (débit en m<sup>3</sup>/h et P puissance chaudière th/h).
- La température des eaux de retour dans la chaudière doit être maintenue au-dessus des valeurs suivantes :
  - gaz naturel : 55 °C minimum,
  - fioul domestique : 50 °C minimum.
- La température minimale des gaz de combustion à la sortie de la chaudière doit être maintenue au-dessus des valeurs suivantes :
  - gaz naturel : 95 °C minimum,
  - fioul domestique : 120 °C minimum.
- **Eau de remplissage** : lors du remplissage d'une installation neuve, ou lorsque celle-ci a été complètement vidangée, l'eau doit être conforme aux caractéristiques suivantes : TH < 10 °f.
- **Eau d'appoint** : elle doit faire l'objet d'une surveillance particulière et la présence d'un compteur est obligatoire. L'eau d'appoint doit correspondre au paramètre suivant : TH < 1 °f.
- **Eau du réseau** : elle peut être à l'origine de phénomènes de corrosion liés à l'acidité du milieu, à la présence d'oxygène, à l'hétérogénéité des métaux en présence. Pour éviter ces phénomènes, il faut respecter les paramètres suivants : pH de 8,2 à 9,5 et réducteur d'oxygène en excès. Les produits chimiques employés doivent faire l'objet d'une mise en oeuvre précise et rigoureuse. Nous conseillons de faire appel aux sociétés spécialisées sur les questions de traitement d'eau : elles proposeront le traitement approprié à l'installation ainsi qu'un contrat de suivi et de garantie de résultat.

# DT7 Brûleur C160

## Courbes et performances.



## Puissances.

Puissance	C.120 CE 49 BM 3426		C.160 CE 49 BM 3427	C.210 CE 49 BM 3428
	20 mbar	300 mbar		
Brûleur (kW)	230 - 950	230 - 1200	230 - 1600	260 - 2100
Chaudière* (kW)	210 - 875	210 - 1105	210 - 1475	240 - 1935

\* Puissance calculée avec un rendement moyen (92 %).

## Puissances moteurs et protection circuit triphasé.

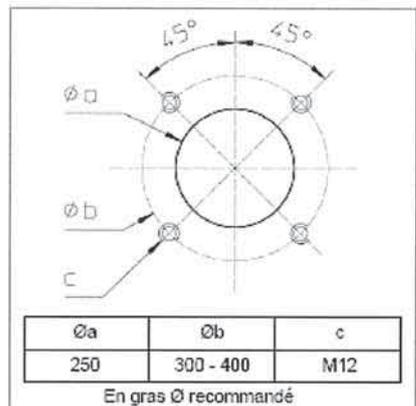
Brûleur		C.120	C.160	C.210
Puissances motrice	(kW)	2,2	2,2	2,7
Calibre fusible (A)	230 V	16	16	16
	400 V	8	8	10

## Colisage.

Le brûleur est livré sur une palette en trois colis d'un poids variable de 92 à 94 kg suivant le modèle.

- Le corps du brûleur :
  - la platine électrique intégrée, La pochette de documentation comprenant :
  - la notice d'emploi,
  - les schémas électrique et hydraulique.
- La tête de combustion bas NO<sub>x</sub> :
  - le joint de façade chaudière, un sachet de vis de fixation, deux axes charnière.
- La rampe gaz précâblée est entièrement testée en usine et comprend : filtre, pressostat, vannes de sécurité et principale, régulateur de proportion.

## Perçage de la plaque de façade.



## Encombrement et dimensions.

**Encombrement et dimensions.**  
Respecter une distance libre minimum de 0,80 mètre de chaque côté du brûleur pour permettre les opérations de maintenance.

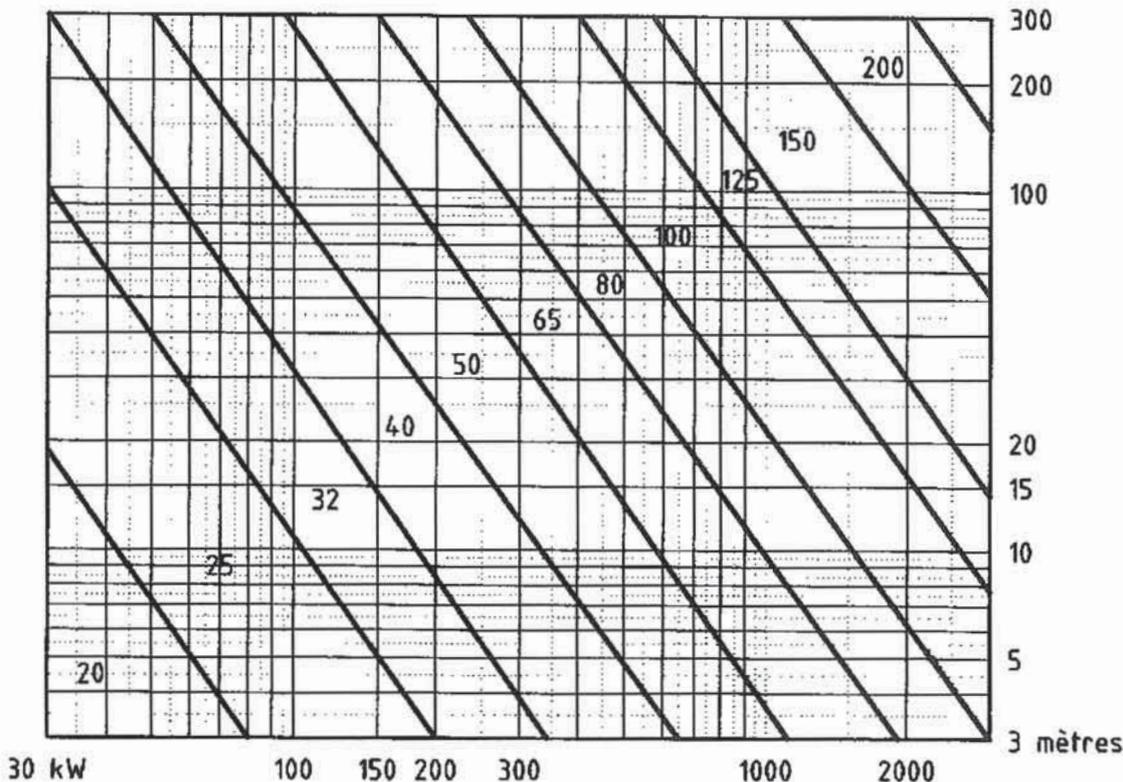
**Ventilation chaufferie.**  
Le volume d'air neuf requis est de 1,2 m<sup>3</sup>/kWh produit au brûleur.

**Rampe gaz.**  
S'implante uniquement à l'horizontale à droite ou à gauche.

**Nota :** Le brûleur peut-être installé volute en haut ou en bas.

# DT8

## Dimensionnement des canalisations au gaz naturel

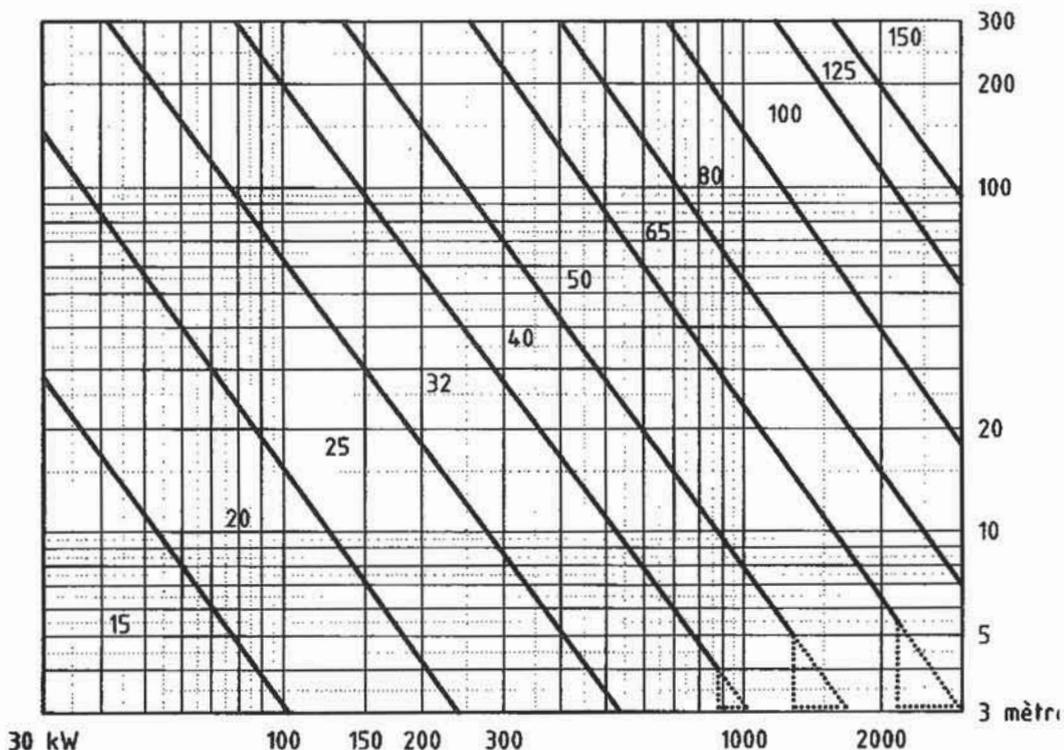


**Abaque de dimensionnement des canalisations au gaz naturel en BP ( $p \leq 50 \text{ mbar}$ )**

*La puissance à prendre en compte est la puissance totale des appareils susceptibles d'être utilisés simultanément.*

*La longueur à prendre en compte est la longueur totale de la canalisation à partir du compteur, à laquelle on ajoutera les longueurs équivalentes des singularités rencontrées.*

**Abaque de dimensionnement des canalisations au gaz naturel en MP ( $50 < p \leq 400 \text{ mbar}$ )**



## DT9

### Diamètres normalisés pour l'acier

diamètre extérieur (mm) × épaisseur (mm)	DN	repère de filetage	ancienne appellation	diamètre intérieur (mm)	section intérieure (mm <sup>2</sup> )
13,5 × 2	8	1/4"	8 × 13	9,5	70,88
17,2 × 2	10	3/8"	12 × 17	13,2	136,85
21,3 × 2,3	15	1/2"	15 × 21	16,7	219,04
26,9 × 2,3	20	3/4"	20 × 27	22,3	390,57
33,7 × 2,9	25	1"	26 × 34	27,9	611,36
42,4 × 2,9	32	1"1/4	33 × 42	36,6	1052,09
48,3 × 2,9	40	1"1/2	40 × 49	42,5	1418,63
60,3 × 3,2	50	2"	50 × 60	53,9	2281,75
70 × 3,2		2"1/4		63,6	3176,90
76,1 × 3,2	65	2"1/2	66 × 76	69,7	3815,53
88,9 × 3,2	80	3"	80 × 90	82,5	5345,62
108,0 × 3,6				100,8	7980,15
114,3 × 3,6	100	4"	102 × 114	107,1	9008,84
165,1 × 4,5	150			156,1	19137,96

## DT10

### Détermination de la capacité tampon

Le volume de gaz contenu dans la canalisation reliant le détendeur au premier point d'utilisation doit être au moins égal à :

Pression de distribution	$P \leq 50$ mbar	$50 < P < 400$ mbar
Volume capacité tampon en l	$Q_v / 500$	$Q_v / 1000$

avec  $Q_v$  = Débit total de gaz en [m<sup>3</sup>/h]

# DT11

## Récupérateur TOTALECO

### CARACTÉRISTIQUES THERMIQUES

#### Détermination du TOTALECO

Le TOTALECO est conçu pour être installé avec une chaudière dont la puissance correspond aux limites indiquées ci-dessous :

Modèles TOTALECO	Puissance mini en kW	Puissance maxi en kW
1	95	170
2	150	260
3	230	400
4	350	620
7	540	940
10	815	1430
14	1240	1630
18	1630	2150
24	2150	2800
32	2800	3700
42	3700	4900
56	4900	6470

Pour les puissances extrêmes, on choisira le modèle inférieur; si le problème financier est primordial, et le modèle supérieur pour obtenir les performances maximales et les pertes de charge minimales.

**Exemple :** Pour une chaudière de 160 kW, on choisira le modèle 2 pour obtenir les performances maximales ou le modèle 1 si on tient compte uniquement de l'aspect financier:

#### Performances Gaz

– Le **diagramme 1** indique le rendement global "Chaudière + Récupérateur" pour un ensemble "Chaudière-Brûleur" correctement sélectionné, dans les conditions nominales suivantes :

- Rendement générateur 90 % sur P.C.I.,
- Température des fumées 220°C,
- Excès d'air 20 %,
- Taux de charge 100 %.

La courbe inférieure indique les performances pour les limites supérieures de puissance de chaque TOTALECO. La courbe supérieure indique les performances pour les limites inférieures de puissance de chaque TOTALECO.

**Nota :** Fréquemment, le brûleur est réglé à une puissance inférieure à la puissance nominale de la chaudière.

Les performances sont alors définies en fonction de la puissance effective du générateur:

– Le **diagramme 1 bis** indique les performances obtenues avec le récupérateur dans les conditions suivantes :

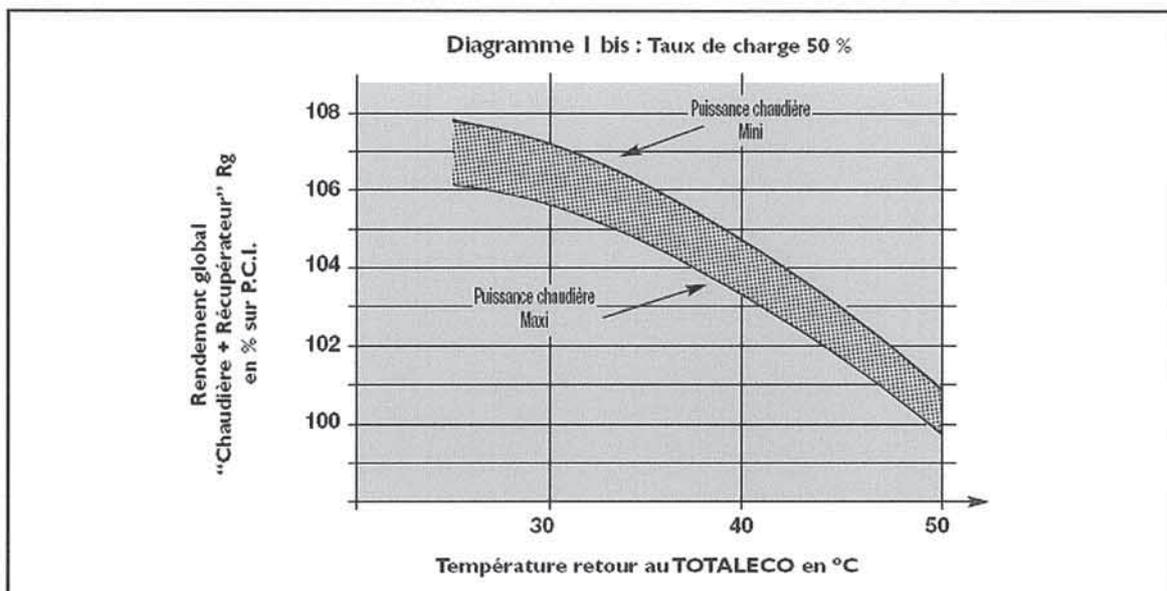
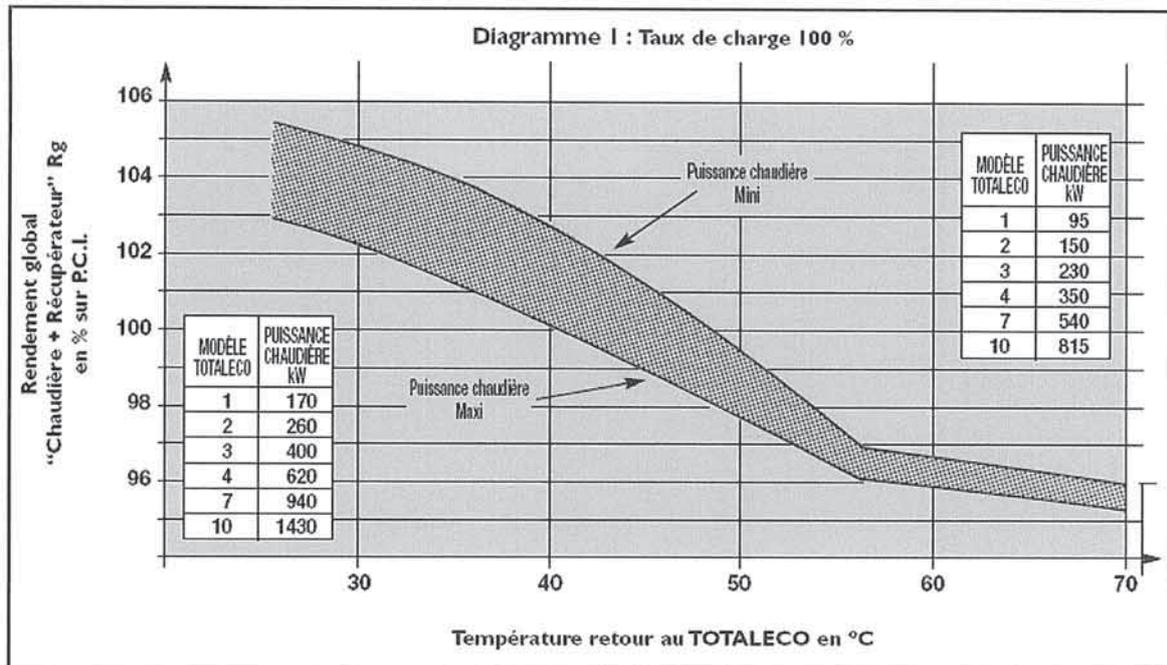
- Rendement générateur 93,5 % sur P.C.I.,
- Température des fumées 145°C,
- Excès d'air 20 %,
- Taux de charge 50 %.

– Les **diagrammes 2 et 3** indiquent les coefficients correcteurs à appliquer pour des conditions de fonctionnement différentes.

**atlantic Guïllot**

# Rendement de l'ensemble chaudière-récupérateur pour le gaz\*

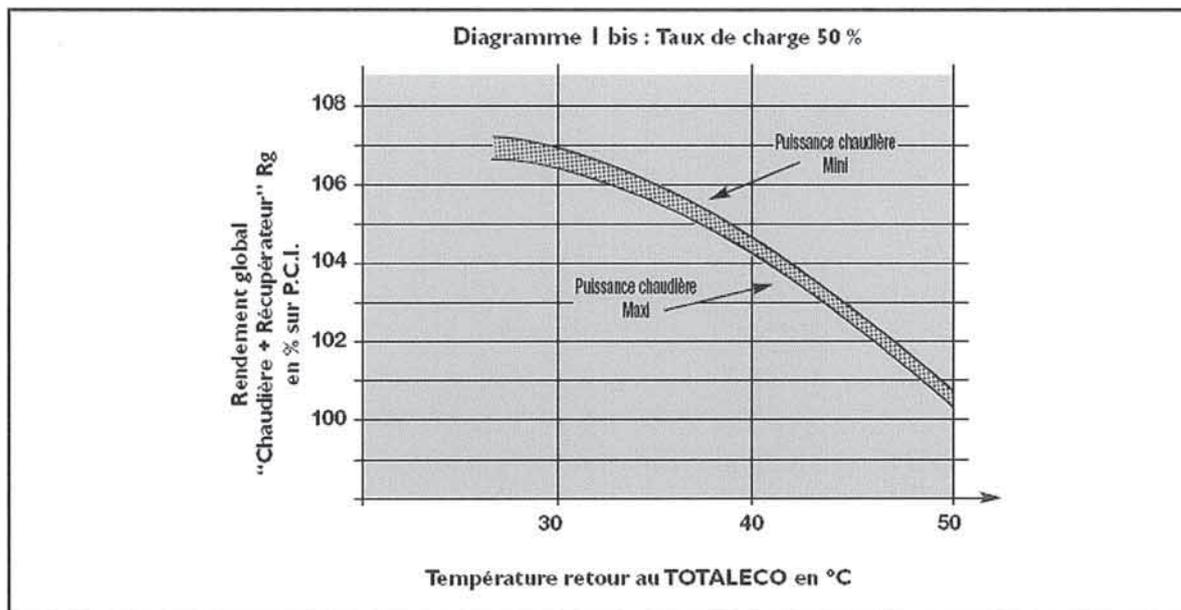
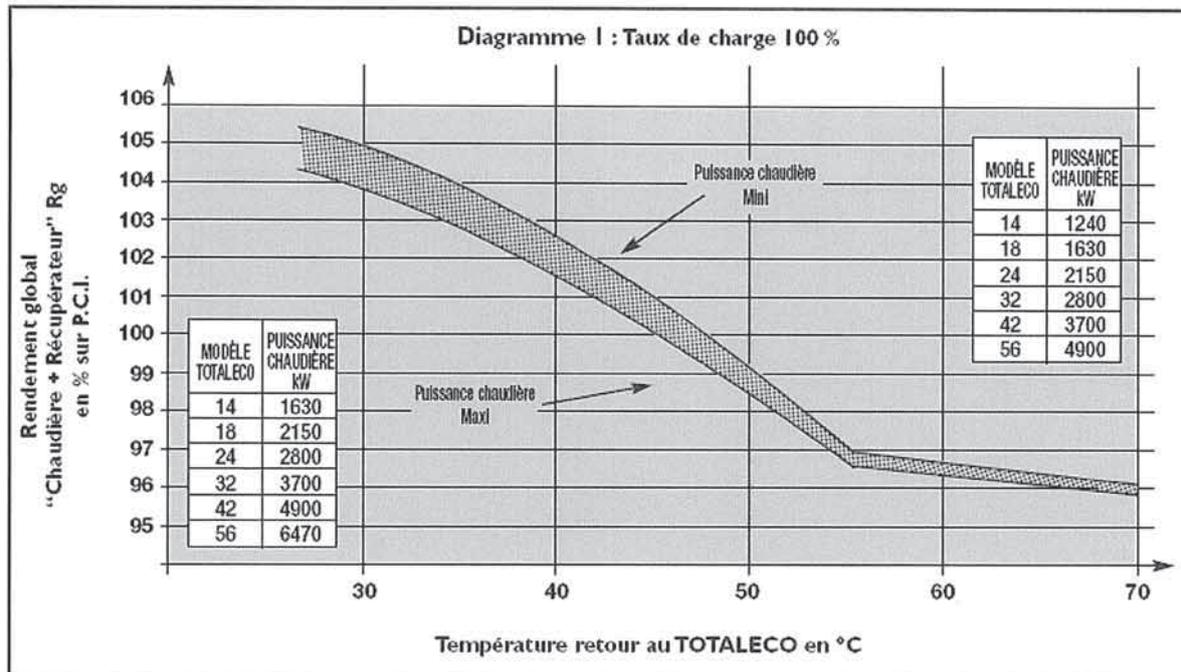
## Modèles I à 10 simple étage



\* pour un fonctionnement au flou domestique : nous consulter.

# Rendement de l'ensemble chaudière-récupérateur pour le gaz \*

## Modèles 14 à 56 simple étage



\* pour un fonctionnement au fioul domestique : nous consulter.

**Pertes de charge pour des valeurs moyennes dans les conditions nominales :**

- Température fumées ..... 220°C
- Excès d'air ..... 20 %
- Taux de charge ..... 100 %

Les pertes de charge fumées sont données pour un échangeur propre.

Type TOTALECO Simple étage	1	2	3	4	7	10
Puissance chaudière en kW	130	200	300	465	710	1080
Pertes circuit fumées en mm CE	3	3	3	17	17	17
Débit d'eau en m <sup>3</sup> /h	6,50	10	15	20	30	45
Pertes circuit eau en m CE	0,25	0,50	1,00	0,75	1,40	1,60

Type TOTALECO Simple étage	14	18	24	32	42	56
Puissance chaudière en kW	1430	1870	2440	3230	4260	5630
Pertes circuit fumées en mm CE	17	17	17	18	18	18
Débit d'eau en m <sup>3</sup> /h	52	59	66	79	93	120
Pertes circuit eau en m CE	1,70	1,75	1,80	1,82	1,87	1,87

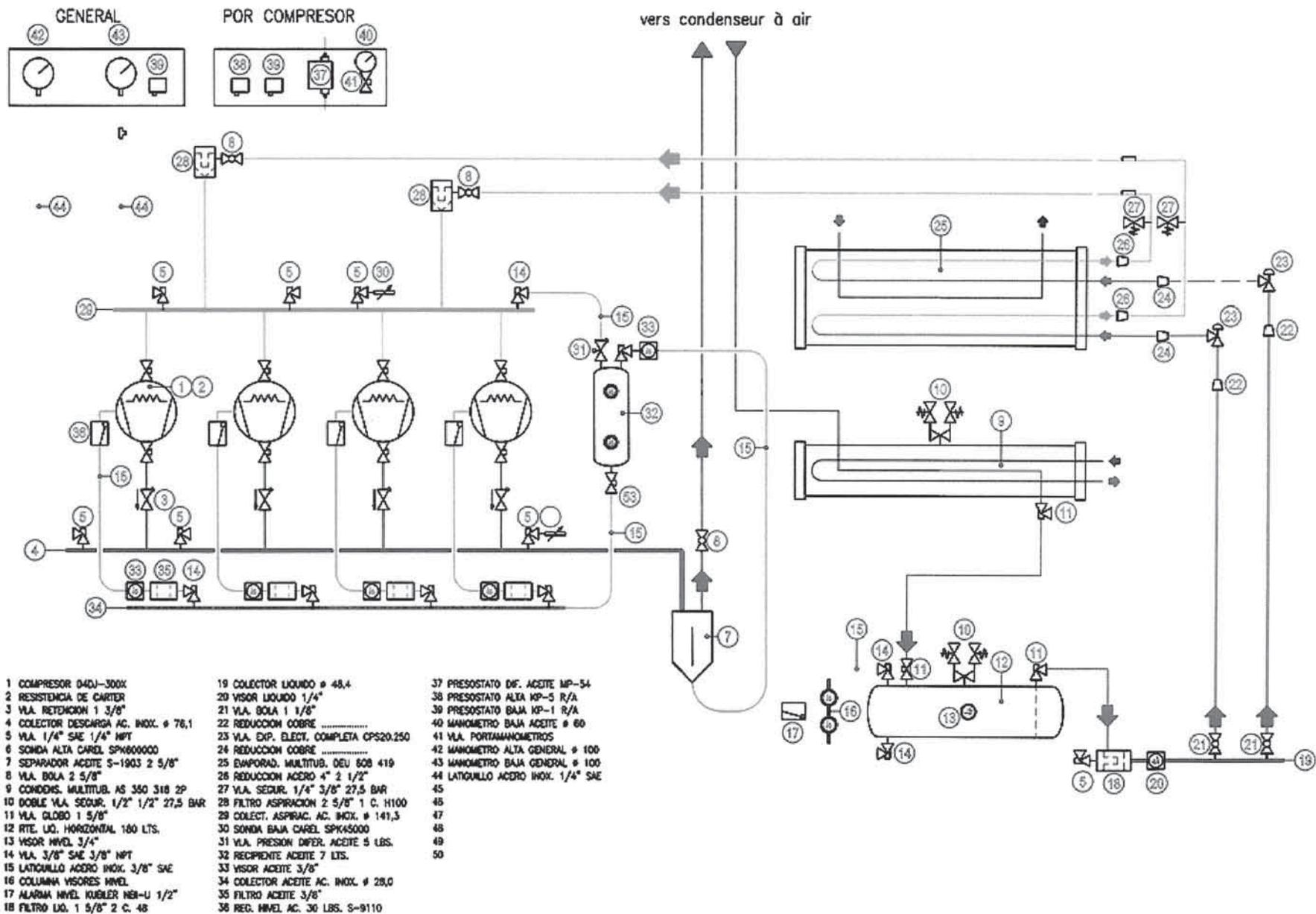
## Circuit eau

Pour obtenir des performances stables et optimales, le débit d'irrigation du TOTALECO doit être situé dans la plage suivante :

Modèles TOTALECO	Débit mini en m <sup>3</sup> /h	Débit maxi en m <sup>3</sup> /h
1	3	7
2	4	11
3	6	17
4	8	26
7	12	39
10	19	60
14	25	80
18	33	104
24	42	136
32	56	180
42	74	237
56	97	313



# DT13 schéma synoptique de la centrale de compression frigorifique



# DT14

## Rappel des indicateurs du réchauffement climatique

On rappelle que, par convention, le réchauffement par effet de serre provoqué par 1 kg de CO<sub>2</sub> est de 1 GWP (Global Warming Potential soit potentiel de réchauffement global, il est parfois appelé PAES : Potentiel d'Action sur l'Effet de Serre ou PRP : Potentiel de Réchauffement Planétaire).

On rappelle que le TEWI (Total Equivalent Warming Impact) est la somme de l'effet de serre direct et de l'effet de serre indirect d'une installation sur sa durée de vie. Le TEWI est défini comme étant la somme de l'incidence directe des émissions de fluides frigorigènes et de l'incidence indirecte des émissions de CO<sub>2</sub> (dus à l'énergie primaire utilisée pour le fonctionnement de la pompe à chaleur).

$$\text{TEWI} = \underbrace{(\text{PRP}_{100} \times L \times n)}_{\text{Effet de serre direct}} + \underbrace{(\text{PRP}_{100} \times m \times (1 - \alpha_{\text{recovery}})) + (n \times E_a \times \beta)}_{\text{Effet de serre indirect}} \quad [\text{kg CO}_2]$$

$\text{PRP}_{100}$  = Potentiel de réchauffement planétaire du  
fluide frigorigène [ $\text{kg}_{\text{equiv}} \text{CO}_2$ ]

$L$  = Quantité annuelle de fluide frigorigène perdu par  
fuite [kg/an]

$n$  = Durée de vie de l'installation [an]

$m$  = Quantité de fluide frigorigène présent dans la  
pompe à chaleur à son installation [ $\text{kg}_R$ ]

$\alpha_{\text{recovery}}$  = Taux de récupération de fluide frigorigène lors  
du démontage de la pompe à chaleur [-]

$E_a$  = Consommation annuelle en énergie [kWh/an]

$\beta$  = Emissions en CO<sub>2</sub> due à la production d'énergie  
[ $\text{kg CO}_2/\text{kWh}$ ]

NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE

Académie : \_\_\_\_\_ Session : \_\_\_\_\_

Concours : \_\_\_\_\_

Spécialité/option : \_\_\_\_\_ Repère de l'épreuve : \_\_\_\_\_

Intitulé de l'épreuve : \_\_\_\_\_

NOM : \_\_\_\_\_

*(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)*

Prénoms : \_\_\_\_\_ N° du candidat

*(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)*

EFE GCE 2

## DOCUMENTS REPONSES

DR1 : Choix technologiques.....	page 2
DR2 : Diagramme de l'air humide.....	page 3
DR3 : Étude du pasteurisateur.....	page 4
DR4 : Gestion Technique Centralisée.....	page 5
DR5 : Ligne piézométrique du circuit lait.....	page 6
DR6 : Schéma de principe de la chaufferie.....	page 7
DR7 : Vérification du cahier des charges.....	page 8
DR8 : Etude du stockage de glace.....	page 9

NE PAS DÉGRAFER CETTE LIASSE

NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

### DR1 : Choix technologiques

	Soufflage par gaines textiles	Soufflage direct (grille)
Avantage(s)		
Inconvénient(s)		

**Choix d'une technologie de gaine textile dans le cas présent :**

Texi-Soft

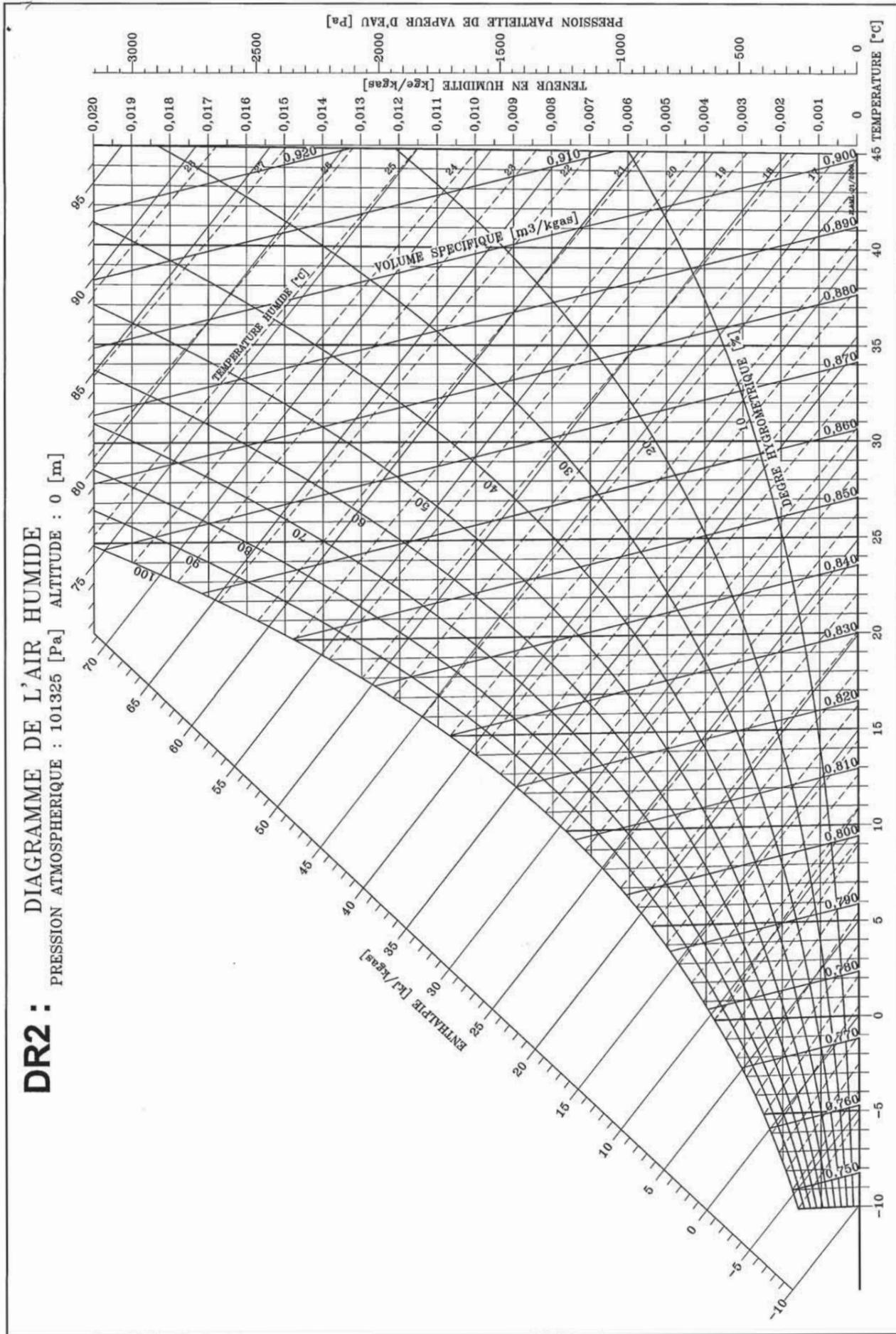
Texi-Pulse

Texi-Jet

Justifications :

NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE



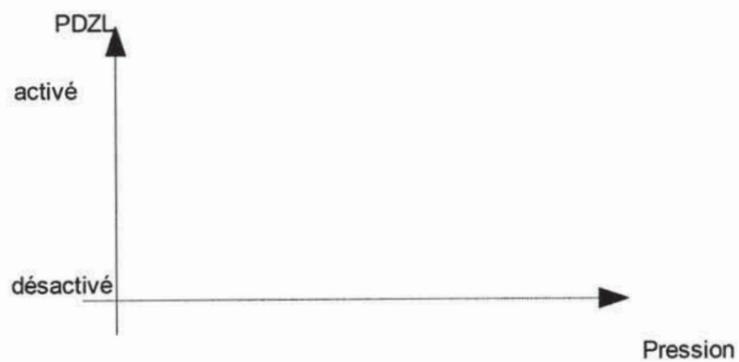
NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

### DR3 : Etude du pasteurisateur

Critère	Avantageux Solution 1	Avantageux Solution 2	Équivalent dans les deux solutions	Nécessite une étude spécifique
Taille pompe				
Consommation pompe				
Risque de gel du lait				
Risque de contamination entre fluides				
Nombre de plaques nécessaire				
Coût de l'échangeur				
Risque de corrosion de l'échangeur				
COP de la machine frigorifique				

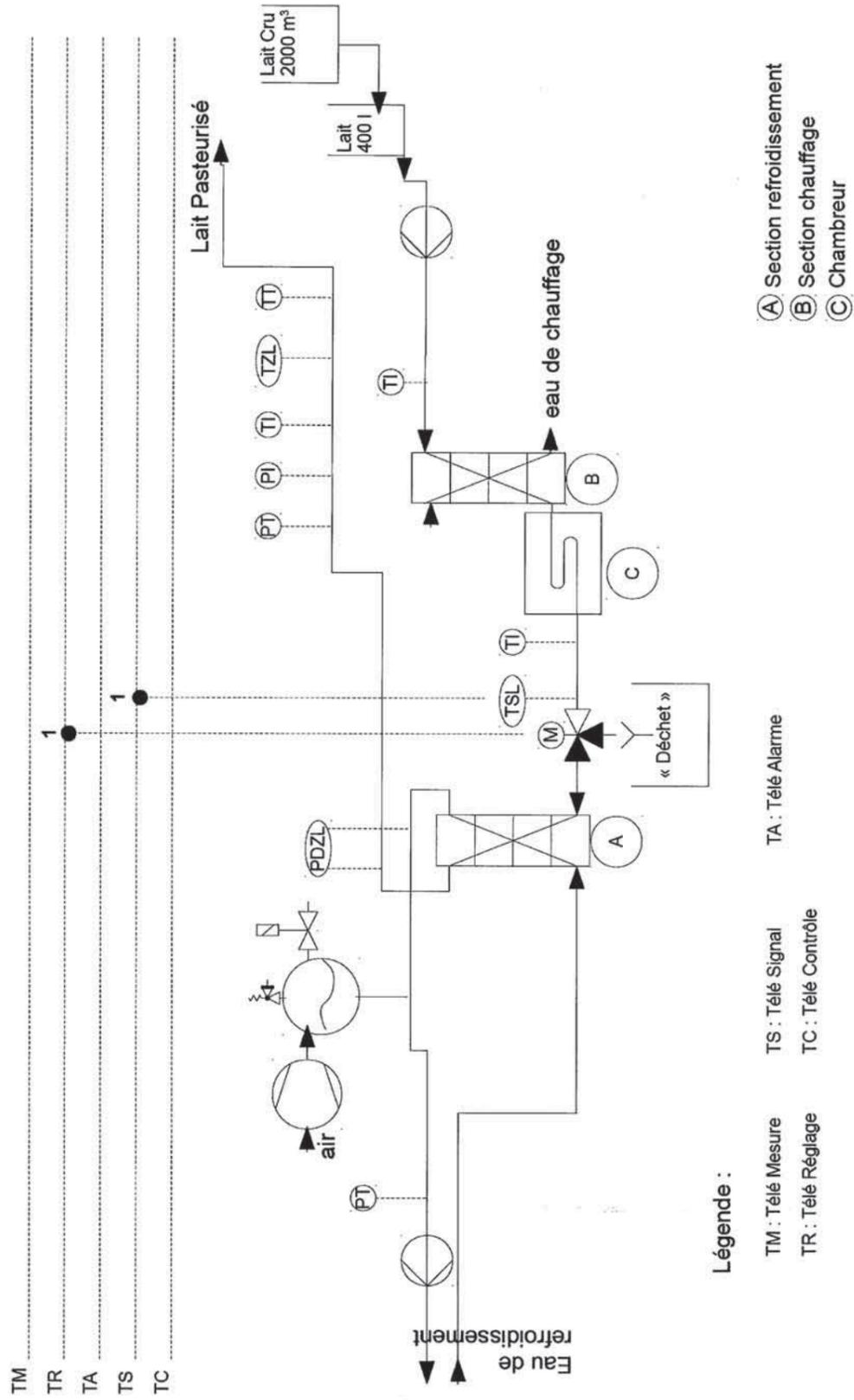
Pour chaque critère, cochez la case correspondante.



NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

## DR4 : Gestion technique Centralisée

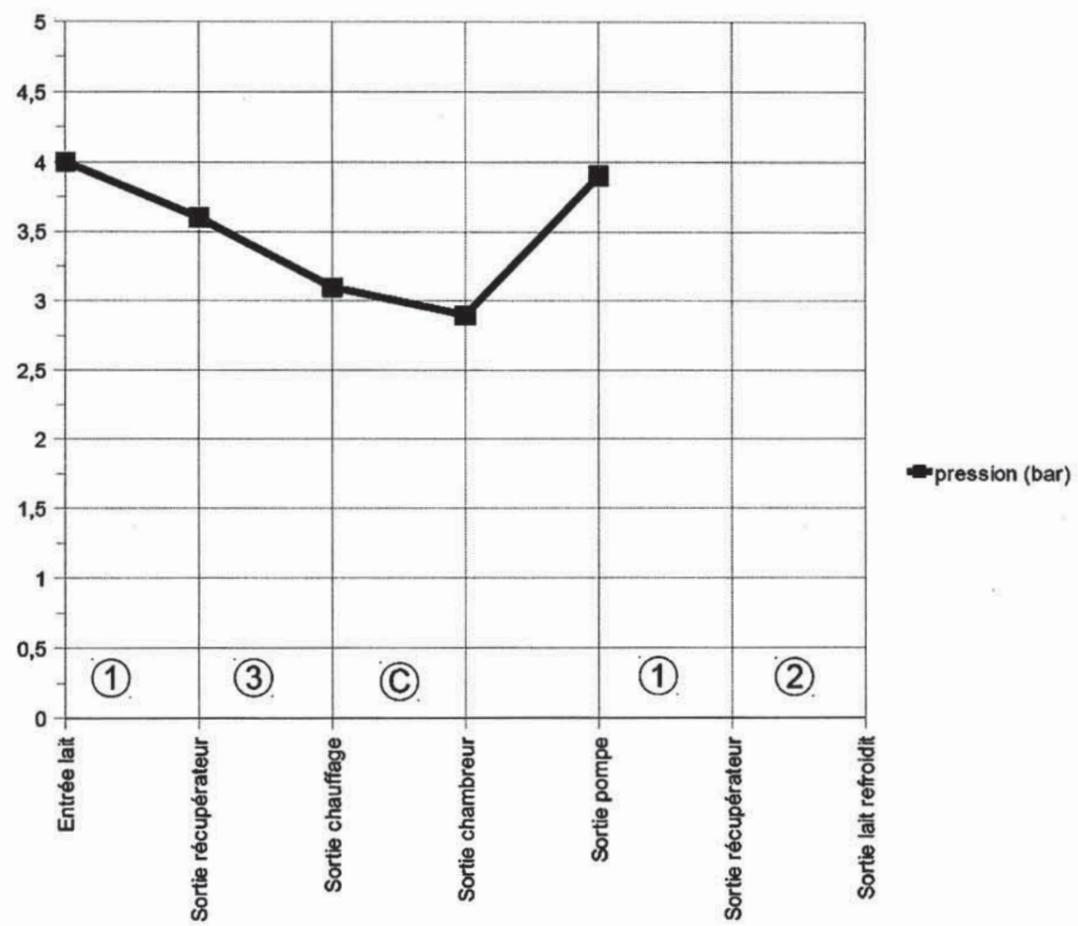


TM  
TR  
TA  
TS  
TC

NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

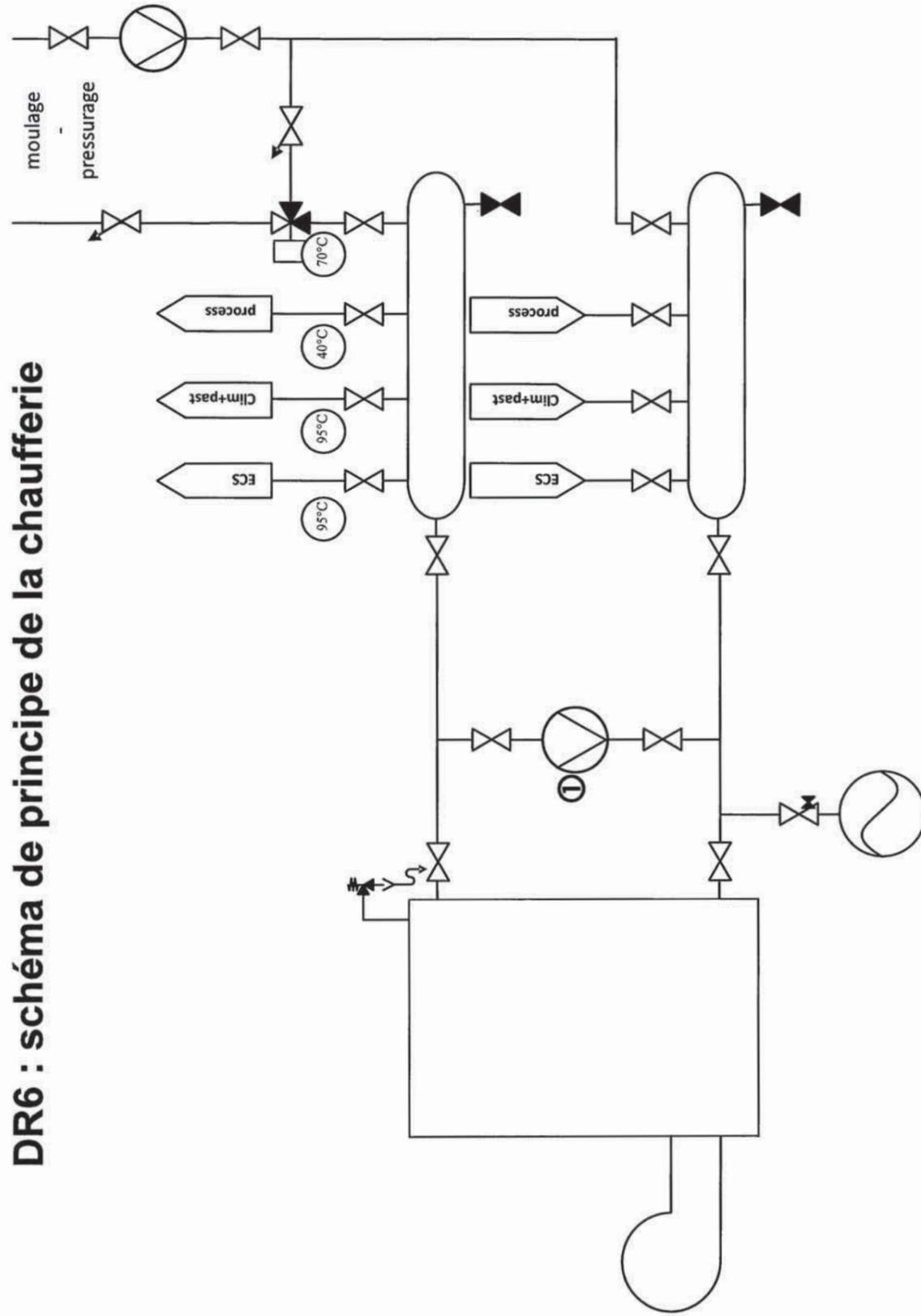
### DR5 : Ligne piézométrique du circuit lait



NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

### DR6 : schéma de principe de la chaufferie



NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

## DR7 : vérification du cahier des charges

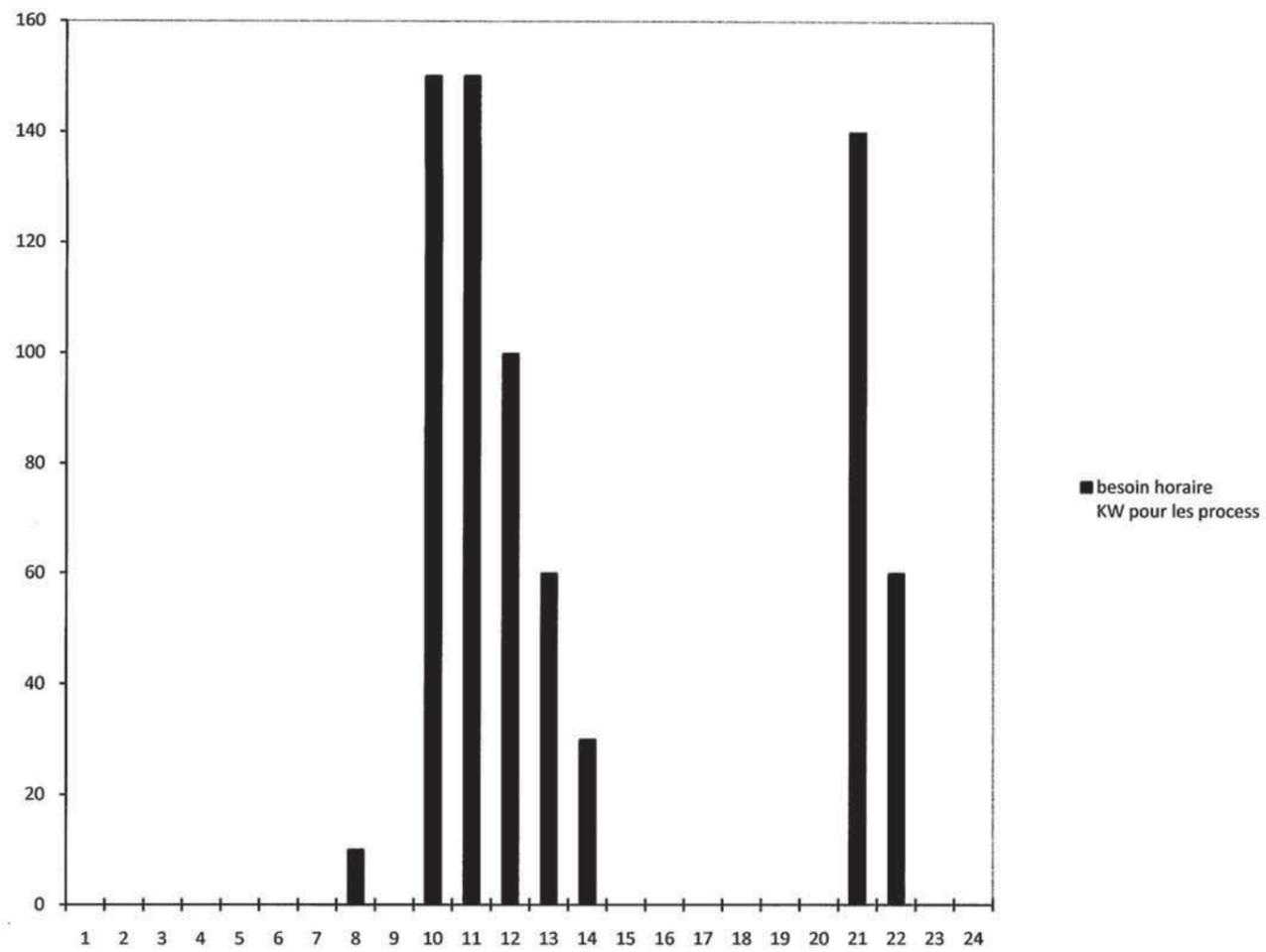
La production frigorifique comprend :	Le schéma est conforme	Le schéma est non conforme
Une centrale de compression située dans le local technique		
Un évaporateur multitubulaire qui comportera deux circuits frigorifiques, chacun étant alimenté par un détendeur dédié.		
Un condenseur à air situé en toiture		
Deux circuits d'eau glycolée (MPG) au départ d'un ballon tampon alimentent : <ul style="list-style-type: none"><li>- la production de glace (régime -7,3/-2°C)</li><li>- les besoins frigorifiques des locaux process (régime -2/+2°C)</li></ul>		
Une récupération d'énergie sera prévue grâce à un échangeur fluide frigorigène/eau. Celui-ci devra fonctionner en priorité pour optimiser la récupération.		
Un bac à glace permettra de fournir de l'eau froide à une température de 0,5°C. Un brassage de l'eau du bac devra être prévu.		
Les pompes seront de type double. Chaque pompe pouvant fonctionner en secours de l'autre.		
Conformément à la réglementation, l'installation frigorifique sera protégée par deux soupapes de sécurité de façon à ce que le circuit ne puisse jamais être isolé des deux soupapes simultanément.		

Intérêt du stockage latent :	
------------------------------	--

ODP du R404A	kg <sub>eq</sub> R11	
Effet de serre direct	kg <sub>eq</sub> CO <sub>2</sub>	%
Effet de serre indirect	kg <sub>eq</sub> CO <sub>2</sub>	%
TEWI	kg <sub>eq</sub> CO <sub>2</sub>	100,00%
Vos conclusions		

~~NE RIEN ÉCRIRE  
DANS CE CADRE~~

### DR8 : Étude du stockage de glace.



Besoin énergétique journalier total :	kWh
---------------------------------------	-----

Temps de charge nécessaire :	heures et minutes
------------------------------	-------------------

Masse de glace totale à 9h :	
------------------------------	--