

FABRICATION DE LA BIÈRE

N.B.: les annexes 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8 sont à rendre avec la copie

PROCÉDÉ DE FABRICATION

Pour faire de la bière, il faut du malt d'orge (éventuellement des grains crus), du houblon, de l'eau et de la levure.

La fabrication comporte huit phases : l'élaboration du malt à partir de l'orge, le brassage, la décantation - filtration, la fermentation, la garde, la filtration, le conditionnement et la pasteurisation.

L'orge maltée en grains (assortiment de céréales) est trempée dans l'eau pendant 2 jours puis étalée dans des hangars afin d'amorcer la germination. Cette germination permet de commencer la transformation de l'amidon en sucre. Cette germination est arrêtée au bout de 6 jours par séchage et chauffage des grains (tourraillage). L'orge est ensuite concassée et moulue pour obtenir une poudre fine appelée **Brai**.

Le brai est mélangé avec de l'eau de source naturelle. Cette eau chauffée dissout les sucres du brai dans un grand bassin ouvert, produisant ainsi un liquide sucré appelé le **Moût** (le **brassage** dure 6 heures). Après filtration le brai servira à l'alimentation du bétail.

Le moût est ensuite porté à ébullition. On y introduit le houblon, responsable de l'arôme et de l'amertume de la bière ainsi que le caramel (pour la couleur). Cette opération (houblonnage) est suivie d'une stérilisation.

Après refroidissement, le moût est transféré dans une cuve de fermentation où l'on rajoute la levure (1 % en volume). La fermentation permet la transformation du sucre en alcool avec dégagement de gaz carbonique. Cette fermentation produit de la vinasse.

Une garde de quinze jours à trois mois permet à la bière de mûrir. Après une nouvelle filtration et pasteurisation, on peut conditionner et étiqueter le produit.

Les contrôles se déroulent durant tout le processus, et des échantillons sont prélevés aux pointers de distribution pour vérification.

Tous les circuits sont nettoyés et aseptisés par cycles réguliers de lavage et de rinçage.

| | | |
|---|--------------------------------|----------------|
| BACCALAUREAT PROFESSIONNEL BIO INDUSTRIES DE TRANSFORMATION Session 2004 | | |
| SUJET | E2 Etude de fabrication | |
| | Coefficient : 5 | Durée : 4 h 00 |
| Repère : 0406-BIO T | Ce sujet comporte 12 pages | Page 1/12 |

PARTIE A : Génie industriel et génie des procédés

I - ETUDE DU PROCÉDÉ (17 points) (le schéma de procédé est donné en annexe 1)

- 1) Compléter le schéma de principe de la fabrication donné en annexe 2.
- 2) Une filtration peut être menée dans des conditions de pression différentes. Citez ces trois conditions et donner les caractéristiques de chacune de ces conditions.

Etude de la filtration : Après la fermentation la bière est clarifiée sur un filtre presse

- 3) Compléter la légende du filtre-presse donné en annexe 3.
- 4) Ce filtre presse travaille sous pression :
 - a) Préciser de quels facteurs peut dépendre le taux d'humidité du gâteau de levure obtenu.
 - b) Etudier les paramètres de la conduite d'un filtre-presse en complétant de tableau de l'annexe 3.

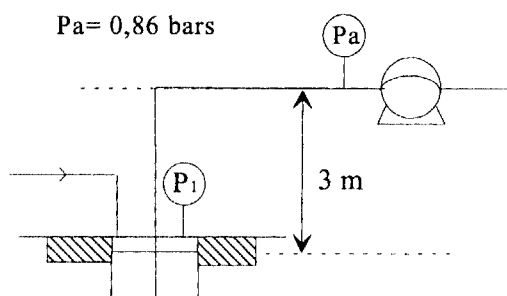
II - BILAN MATIERE (12 points)

Les levures sont séparées du mélange eau + alcool par passage sur filtre - presse. Après filtration, la levure contient encore 5,2 % de liquide (eau + alcool). Sachant que la masse de levure récupérée est de 1 000 kg et que la masse de filtrat (à 8 % d'alcool) est de 9 000 kg, compléter le schéma de principe fourni en annexe 4 en suivant le plan ci-dessous (donner tous les détails des calculs sur la copie):

- 1) Calculer les masses d'eau et d'alcool présent dans le filtrat.
- 2)
 - a) Calculer la masse de gâteau humide.
 - b) Calculer dans les 5,2 % de liquide, les masses d'alcool et d'eau.
 - c) En déduire la composition massique du gâteau.
- 3) En déduire les masses et les compositions massiques de l'alimentation.

III - BILAN ENERGETIQUE (12 points)

La pompe permettant le soutirage du mélange bière + levure maintenu à une température proche de 0°C pendant la garde (avant la filtration et l'embouteillage) est une pompe à membrane. Le soutirage se fait sous une contre pression de CO₂ pour éviter le contact de la bière avec l'oxygène. Le schéma d'installation de cette pompe est donné ci-dessous.



1) Pourquoi utiliser une pompe à membrane plutôt qu'une pompe à piston ? (2 points)

2) Pour vaincre les pertes de charges présentes sur la ligne d'embouteillage, il faut avoir une énergie au refoulement d'au moins 33 m. Déterminer dans ces conditions la hauteur manométrique totale nécessaire pour la pompe.

- 3) Cette pompe doit soutirer le mélange avec un débit de $9 \text{ m}^3/\text{h}$; choisir le diamètre du rotor nécessaire.
- 4) Calculer la puissance hydraulique fournie au fluide.
- 5) En déduire la puissance électrique consommée par la pompe.

Données : $\rho = 981 \text{ kg/m}^3$
 $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Formulaire :

Hauteur Manométrique Totale : $HMT = H_R - H_A = \frac{P_R - P_A}{\rho \times g}$

Puissance hydraulique fournie au fluide : $P_{hy} = Q_v \times \rho \times g \times HMT$

Rendement d'une pompe : $\eta = \frac{P_{Hydraulique}}{P_{Electrique}}$

IV - AUTOMATISME - REGULATION (9 points)

La fermentation fournit du CO_2 et de l'acide acétique. La régulation de pH est conduite avec une solution ammoniacale permettant de ramener le pH à sa valeur de consigne.

- 1) Compléter le schéma donné en annexe 5 d'une régulation simple de pH. (4 points)
- 2) Préciser quelles sont la grandeur réglée, la grandeur réglante, la (ou les) grandeur(s) perturbatrice(s). (3 points)

PARTIE B : Sciences et technologies des bio-industries

| | |
|---------------------------------------|------------------|
| <u>I - MATIERES PREMIERES:</u> | 12 points |
|---------------------------------------|------------------|

L'orge, riche en amidon, est la céréale utilisée dans la fabrication de la bière. Les grains d'orge sont mis à germer pour donner du **malt vert**.

Les céréales font partie des produits facultatif à étudier.

- 1) Donner la composition biochimique détaillée de la structure de la molécule d'amidon. (monomères, liaisons).
- 2) Donner le nom et la nature de l'agent responsable de l'hydrolyse de l'amidon et nommer les principaux produits formés.
- 3) Nommer l'étape correspondant à l'hydrolyse de l'amidon.
- 4) Préciser l'intérêt de cette réaction pour la suite de la fabrication.

| | |
|--|------------------|
| <u>II – TRANSFORMATIONS SUBIES:</u> | 22 points |
|--|------------------|

2.1: Nature des transformations :

Le malt vert est ensuite **torréfié** : il est séché à la chaleur pour arrêter la germination et lui donner arôme et couleur. C'est le **touraillage**.

- 1) Justifier la nécessité de l'arrêt de la germination et préciser l'influence du séchage.
- 2) Nommer la réaction biochimique correspondant au touraillage et la situer sur le schéma de l'annexe 2.
- 3) Indiquer les molécules impliquées, la nature de la réaction. Citer les produits terminaux et donner leur intérêt dans ce procédé.

Lors de la fermentation, le moût refroidi estensemencé de levure de bière.

- 4) Situer les levures dans le monde des micro-organismes.
- 5) Nommer l'espèce de levure et le type de fermentation réalisée en brasserie.
- 6) Ecrire l'équation globale de la réaction chimique. Préciser l'origine du substrat, le nom des principaux produits terminaux, ainsi que leur rôle dans l'élaboration de la bière.
- 7) Situer la réaction chimique sur le schéma de principe (annexe 2).

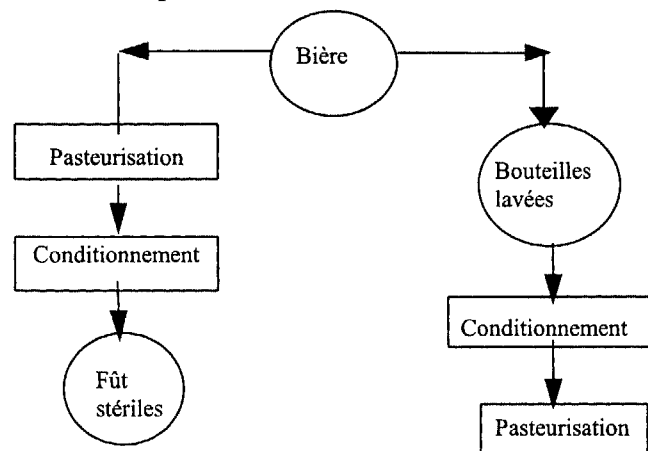
2.2: Les opérations unitaires:

La fabrication de la bière met en oeuvre une succession d'opérations unitaires, ayant chacune un rôle précis.

8) Compléter le tableau de l'annexe 7.

III – PRODUITS FINIS : 6 points

Le conditionnement de la bière se fait en fût ou en bouteilles de verre **sous vide**.
En fonction du conditionnement, le procédé varie selon le schéma suivant :



- 1) Justifier le principe du conditionnement sous vide pour la bière.
- 2) Donner le rôle et l'intérêt de la pasteurisation .
- 3) Justifier son emplacement selon le type de conditionnement.
- 4) Justifier la stérilisation des fûts.

IV – CONTROLES : 10 points

La bière est une boisson dont la consommation est largement répandue. Un cahier des charges fixe les règles de qualités pour les brasseurs, les entrepositaires, et les cafetiers.

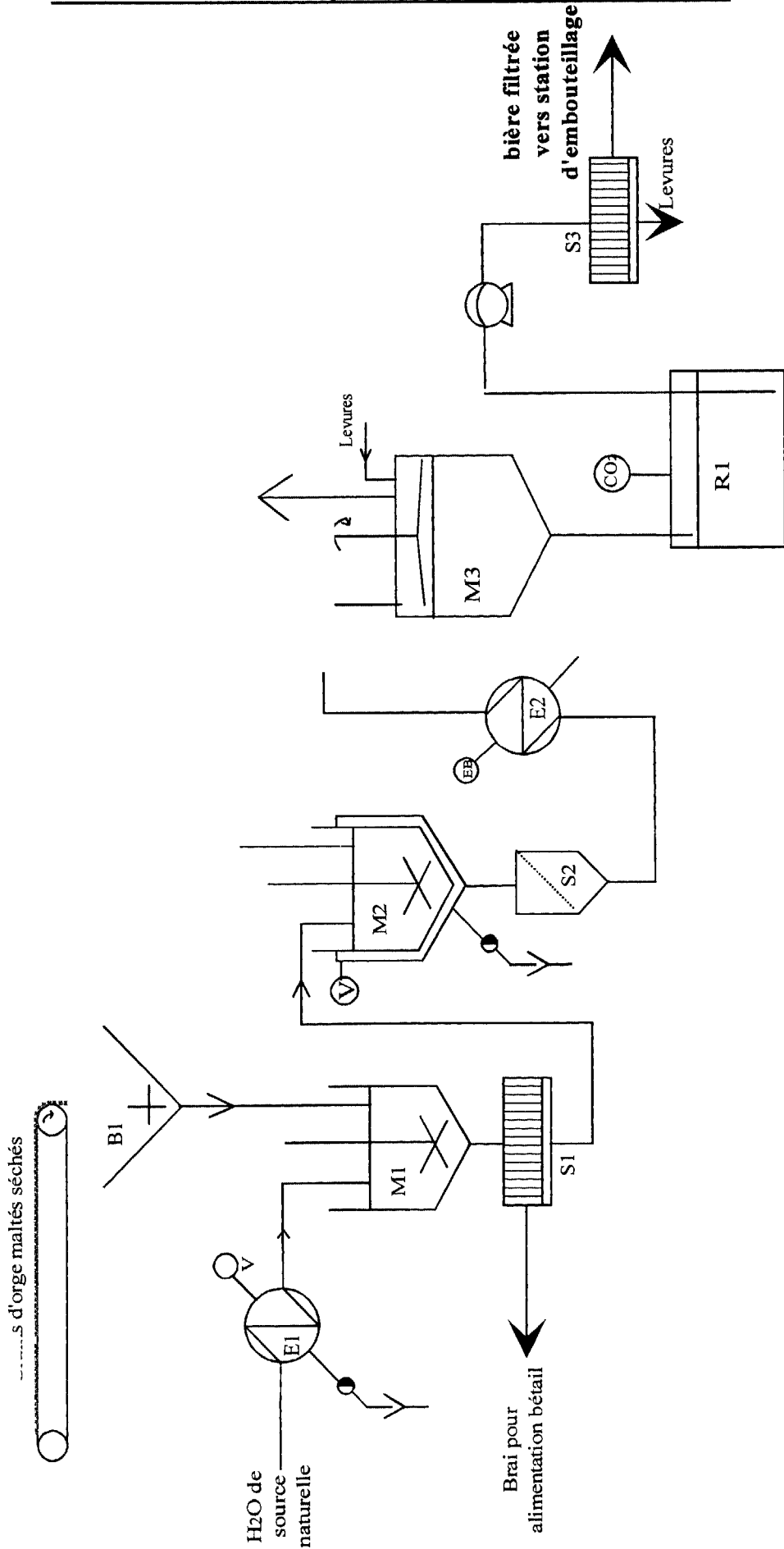
Pour apprécier ses qualités organoleptiques, durant tout le procédé de fabrication, on contrôle les critères cités dans le tableau de l'annexe 8.

- 1) Compléter le tableau de l'annexe 8 en citant les principales étapes déterminantes. (au moins 2 réponses par critère).
- 2) Indiquer sur l'annexe 2 par une flèche le lieu où s'effectue le type de contrôle.

La fraîcheur du produit est garantie par la DLUO indiquée sur l'étiquette.

- 3) Définir la DLUO.
- 4) Justifier son intérêt dans le cas de la bière.

ANNEXE 1 : Schéma de procédé de la fabrication de la bière



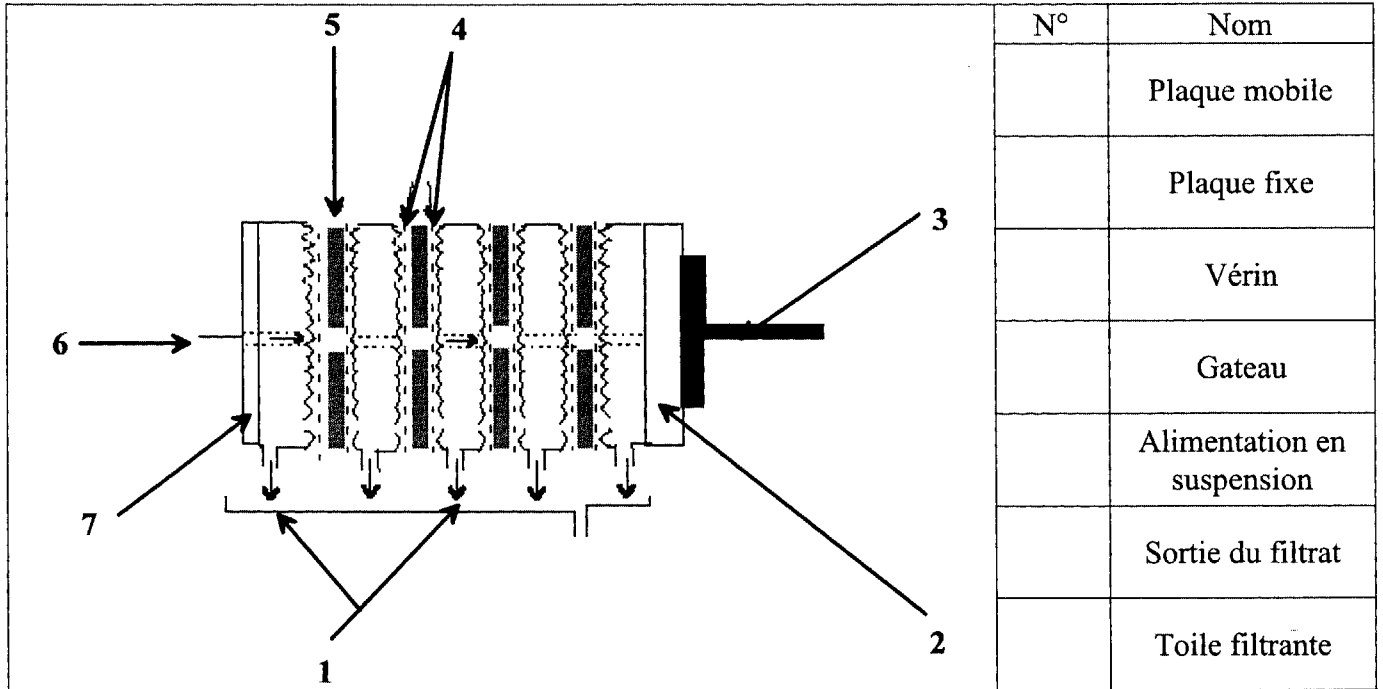
ANNEXE 2 :

A rendre avec la copie

| <u>Contrôles qualités</u> | <u>Schéma de principe : fabrication de la bière</u> | <u>Réactions chimiques</u> |
|-------------------------------|--|--------------------------------|
| | <p>The flowchart illustrates the principal steps of beer production. It begins with 'orge' (barley) in a circle, which leads to a rectangular box labeled 'Trempage' (steeping). This is followed by three empty rectangular boxes, representing intermediate steps. The process then moves to a circle, followed by another empty rectangular box. A second circle on the left has an arrow pointing to this box. The next step is a rectangular box with an arrow pointing to a circle labeled 'Brai' (wort). This is followed by another empty rectangular box and a circle. A third circle on the left has an arrow pointing to this box, and a fourth circle on the left has an arrow pointing to the same box. The next step is a rectangular box with an arrow pointing to a circle. A fifth circle on the left has an arrow pointing to this box. This is followed by a rectangular box with an arrow pointing to a circle labeled 'Brai'. A sixth circle on the left has an arrow pointing to this box. The process then continues to a rectangular box labeled 'Garde pour maturation' (maturation). This is followed by an empty rectangular box, and finally a rectangular box labeled 'Conditionnement et pasteurisation' (conditioning and pasteurization), which leads to a final circle.</p> | |

ANNEXE 3 :
A rendre avec la copie

Schéma technologique du filtre



Conduite du filtre - presse

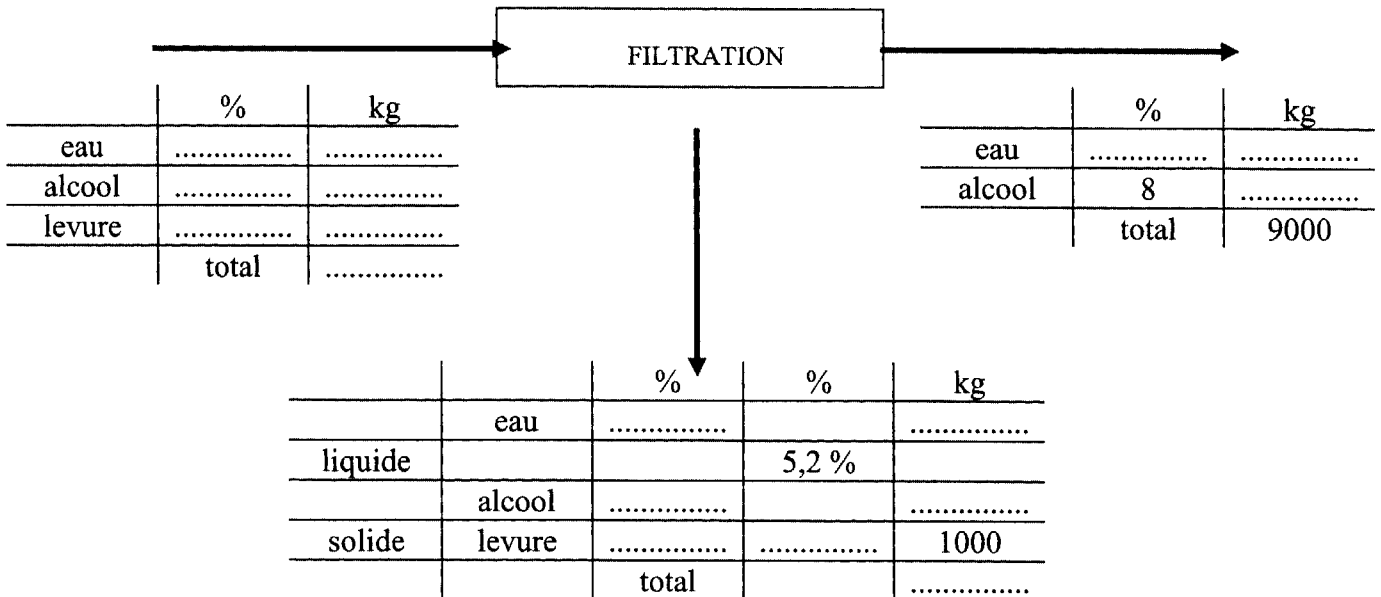
Compléter le tableau ci-dessous en prenant comme référence les mesures ci-dessus.

Répondre par ↗ pour indiquer que la valeur augmente,
 Répondre par ↘ pour indiquer que la valeur diminue,
 Répondre par → pour indiquer que la valeur est constante.

| cas | Pression | Débit d'alimentation | Epaisseur solide | Taux d'humidité | Pourquoi ? |
|-----|----------|----------------------|------------------|-----------------|------------|
| 1 | ↗ | → | → | | |
| 2 | → | ↘ | → | | |
| 3 | → | → | ↗ | | |

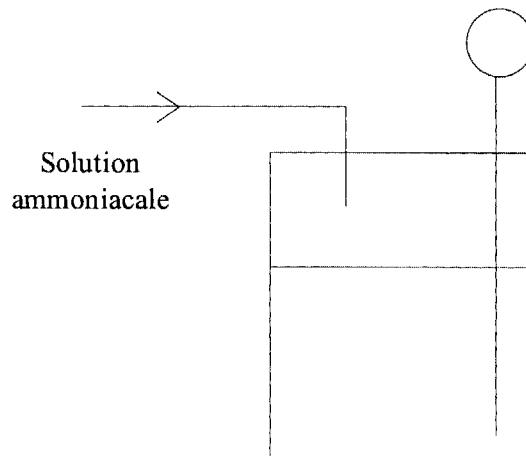
ANNEXE 4
A rendre avec la copie

Bilan matière



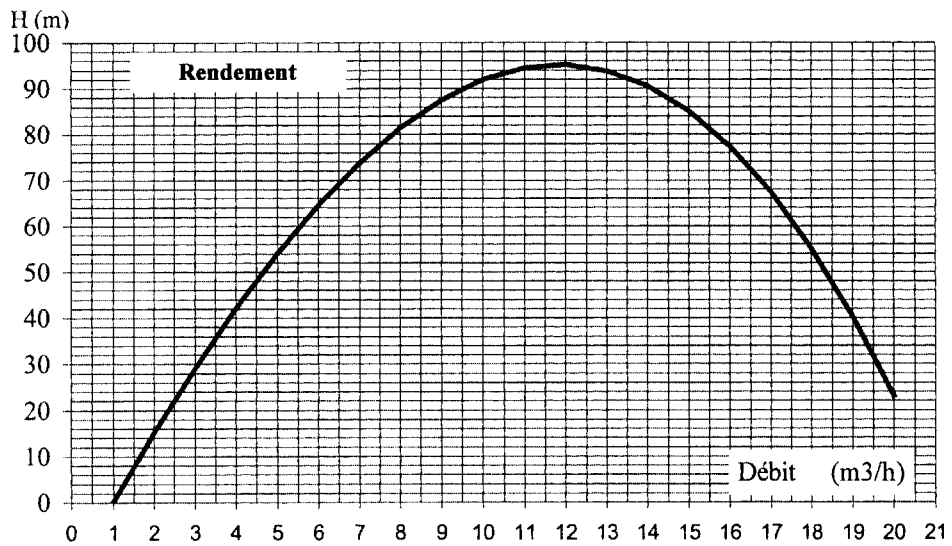
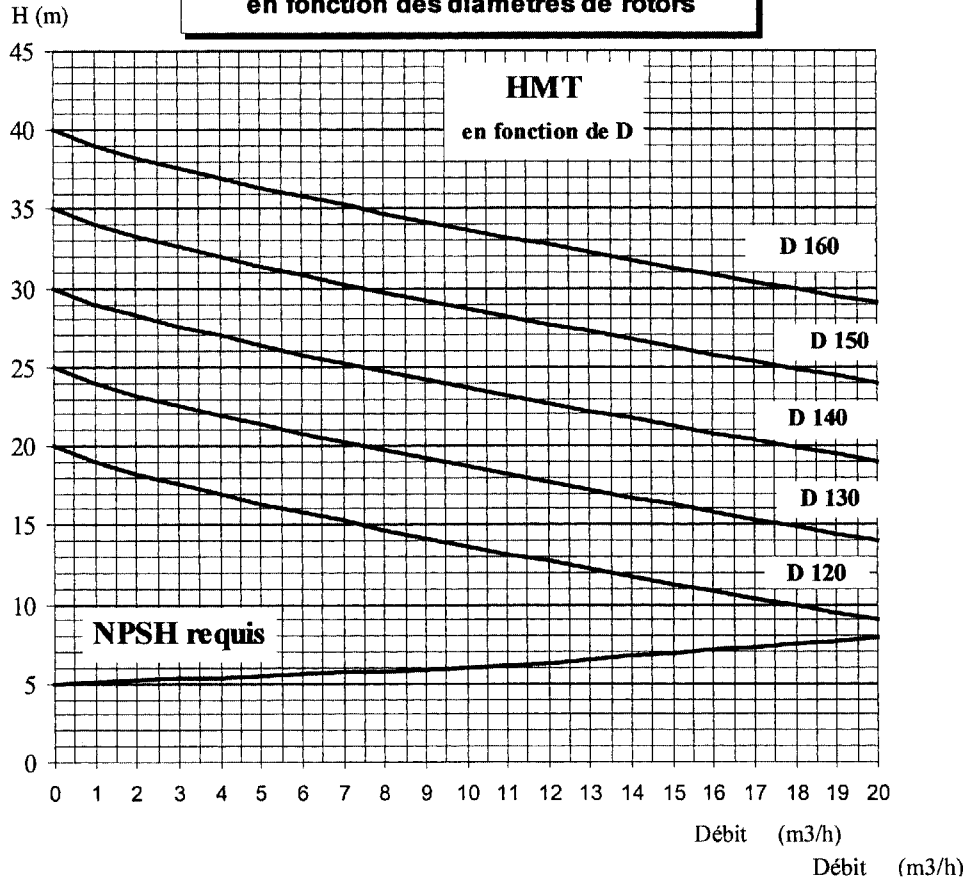
ANNEXE 5 :

Schéma d'une régulation de pH



ANNEXE 6

**Courbes caractéristiques de la pompe P515A
en fonction des diamètres de rotors**



ANNEXE 7 :
A rendre avec la copie

Opérations unitaires: Fabrication de la bière

| Etapes | Opération Unitaire | Matériel | Rôle |
|-----------------|---------------------------|------------------------|--|
| Trempage | Mélange solide / liquide | Mélangeur planétaire | |
| Touraillage | | Tunnel à Infra Rouge | - Arrêt de la germination - Réaction de Maillard (caramélisation) |
| Concassage | Broyage | | - Obtention d'une farine |
| Filtration | Filtration | Filtre presse | |
| Houblonnage | Mélange à chaud | | - Aromatisation du moût par le Houblon - Stérilisation du moût |
| | | | - Production d'éthanol et de CO ₂ |
| | | | - Séparation des levures de la bière |
| | | | - Stabilisation de la bière |
| Conditionnement | Conditionnement | Chaîne d'embouteillage | |

ANNEXE 8 :
A rendre avec la copie

APPRECIATION DE LA QUALITE ORGANOLEPTIQUE DE LA BIERE

| Critère | Composés responsables | Etapes déterminantes |
|------------------------------|--|-----------------------------|
| Moelleux (corps – bouche) | Acides aminés, protéines, glucides, colloïdes... | - - |
| Parfum | Levure, alcools | - - |
| Amertume | Résines amères | - - |
| Mousse | Protéines du malt, houblon, CO ₂ | - - |
| Couleur | Couleur et richesse en azote du malt, caramélisation, colorant sucré | - - |
| Pétilllement | CO ₂ , taille des bulles. | - - |