

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
BIOANALYSES ET CONTRÔLES**

**ÉPREUVE E4
SCIENCES ET TECHNOLOGIES BIOINDUSTRIELLES**

SESSION 2020

—————
Durée : 2 heures

Coefficient : 3
—————

Calculatrices interdites.

Capacités évaluées :

Mobilisation des connaissances de STBI dans le cadre de situations professionnelles	3 points
Qualités d'analyse	5 points
Aptitude à la réflexion et au raisonnement	4 points
Qualités de synthèse	4 points
Gérer la qualité	3 points
Clarté et rigueur de l'expression écrite de la composition	1 point

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet se compose de 11 pages, numérotées de 1/11 à 11/11.

Valorisation d'un co-produit de l'industrie fromagère : le lactosérum

Le lactosérum représente plus de 85% du lait au cours de sa transformation en fromage. Dans les pays industrialisés, il est produit en grande quantité et devient une source importante de pollution. Les fromageries ont l'obligation de limiter son rejet dans les effluents car il crée une surcharge polluante qui ne peut pas être absorbée par les stations d'épuration.

Une fromagerie de Savoie fabrique du Beaufort et souhaite obtenir la certification ISO 14001 (Systèmes de management environnemental - Exigences et lignes directrices pour son utilisation). Dans ce but, elle recherche des solutions pour valoriser le lactosérum qu'elle produit.

1. Production du lactosérum dans l'industrie fromagère

Deux types de lactosérums, doux et acide, peuvent être produits selon la technologie utilisée. Un lactosérum correspond à la fraction soluble du lait qui se sépare au moment de la formation du caillé.

Le **document 1** présente la composition moyenne du lait de vache et de deux types de lactosérums dérivés.

Q1- Repérer le composant du lactosérum le plus concerné quantitativement par le caillage ; en déduire la famille de biomolécules majoritaire du caillé.

Le **document 2** présente deux outils technologiques nécessaires pour la formation de caillés.

Q2- Préciser la nature du ou des éléments responsables du caillage dans chacun des outils technologiques présentés.

expliquer la différence de pH et de concentration en lactose entre les deux lactosérums.

Le Beaufort est un fromage « pressé à pâte cuite ».

Q3- Expliquer pourquoi ce type de fabrication produit une quantité importante de lactosérum.

2. Impact environnemental du lactosérum

L'impact polluant du lactosérum en sortie de fromagerie peut être mesuré par deux paramètres : la demande chimique en oxygène ou DCO et la demande biologique en oxygène sur 5 jours ou DBO5.

Les définitions de ces paramètres figurent dans le **document 3**.

Q4- Indiquer l'intérêt de la détermination de la DBO5.

Expliquer la signification d'un rapport DCO/DBO5 proche de 1.

Le **document 4** compare la DCO et le rapport DCO/DBO5 pour le lactosérum et les eaux usées domestiques.

Q5- Analyser l'ensemble des données du tableau puis comparer l'impact de ces deux types d'effluents sur l'environnement.

Pour déterminer la DCO du lactosérum, la fromagerie a confié les analyses à un laboratoire extérieur. Celui-ci a décidé de remplacer la méthode de référence volumétrique par une méthode colorimétrique à l'aide d'un kit rapide.

Deux spécifications de la méthode colorimétrique pour déterminer la DCO sont :

Gamme de lecture	Sensibilité
0 à 15000 mg·L ⁻¹	10 mg·L ⁻¹

Q6- Préciser la signification de ces deux spécifications. Justifier la nécessité d'une dilution préalable de l'échantillon de lactosérum à réaliser pour l'analyse de la DCO par méthode colorimétrique.

La validation d'une méthode repose sur la comparaison avec la méthode de référence officielle sur une série de mesures, réalisée sur des eaux usées modérément polluées pendant 40 jours. On considère que la méthode de référence est à la fois suffisamment juste et fidèle.

L'entreprise fait appel à un laboratoire externe pour valider la possibilité d'utiliser une méthode colorimétrique rapide, alternative à la méthode colorimétrique classique qui a déjà été validée par comparaison à la méthode de référence officielle volumétrique. Les résultats de l'étude de corrélation ayant permis de valider la méthode colorimétrique classique par comparaison à la méthode de référence volumétrique sont présentés dans le **document 5a**.

Les résultats de l'étude de corrélation de la méthode colorimétrique rapide avec de la méthode volumétrique sont présentés dans le **document 5b**.

Q7- Identifier le paramètre permettant d'évaluer la fidélité de la méthode que l'on souhaite valider.

Identifier le paramètre permettant d'évaluer la justesse de la méthode que l'on souhaite valider.

Comparer Les valeurs de ces deux paramètres pour la méthode colorimétrique officielle, déjà validée, et pour la méthode colorimétrique rapide.

Argumenter la validation de la méthode colorimétrique rapide.

3. Fabrication du lactose à partir du lactosérum

La fromagerie, certifiée ISO 9001 et en démarche de certification ISO 14001, a fait le choix de revendre une partie de son lactosérum à une industrie fabriquant du lactose.

Q8- Indiquer la raison principale qui peut inciter une fromagerie à engager cette nouvelle démarche de certification.

Le diagramme de purification du lactose à partir du lactosérum est présenté sur le **document 6**.

Q9- Justifier la présence des protéines dans le rétentat à l'issue de l'ultrafiltration.

Le procédé de déminéralisation du lactosérum nécessite une étape d'électrodialyse, puis une étape d'échange d'ions par couplage de deux résines. Le procédé est décrit dans le **document 7**.

Q10- Préciser le rôle de chaque résine dans la déminéralisation du lactosérum. Sachant que la résine cationique est une résine sulfonée ($\text{Res-SO}_3^- \text{H}^+$), expliquer la baisse de pH après déminéralisation.

La fromagerie envisage également de vendre une autre partie de son lactosérum à une levurerie locale.

4. Production de levures sur milieu au lactosérum

La production de « levure-aliment » s'effectue sur des milieux très variés. Un milieu au lactosérum est un excellent milieu de culture fournissant du lactose comme source de carbone. Ce sont des souches de *Kluyveromyces fragilis* et *lactis*, qui, cultivées dans des conditions optimales, ont le meilleur rendement. Ces cultures sont conduites dans de grands fermenteurs dont le volume peut atteindre plusieurs milliers de litres.

Les schémas du fermenteur utilisé et d'une boucle de régulation d'un paramètre du process sont présentés respectivement dans les **documents 8 et 9**.

Q11- Ce fermenteur présente une technologie « air lift ». Discuter l'intérêt de cette technologie pour les levures par comparaison à une agitation mécanique rotative.

Q12- Lister les différentes régulations identifiables sur le fermenteur. Puis, à partir du schéma général d'une boucle de régulation, réaliser un schéma équivalent appliqué à l'une des régulations mises en œuvre dans le fermenteur.

Le **document 10** présente les données permettant le calcul des paramètres de stérilisation. Le lactosérum étant un milieu thermosensible, la température de stérilisation choisie est 111°C.

Q13- Calculer le temps nécessaire lors d'une stérilisation du lactosérum à 121°C pour réduire la population bactérienne d'un facteur 10^{12} . Déduire la durée de stérilisation permettant d'obtenir la même efficacité stérilisatrice à la température choisie.

DOCUMENT N°1 : Compositions moyennes du lait de vache et des lactosérums doux et acide.

Composants	Lait de vache (valeurs moyennes)	Lactosérum acide (valeurs moyennes)	Lactosérum doux (valeurs moyennes)
Matière sèche (%)	13	7	7
Matières azotées totales (g·L ⁻¹)	32	8	9
Lactose (g·L ⁻¹)	50	45	50
Calcium (g·L ⁻¹)	1,2	1	0,5
Phosphore (g·L ⁻¹)	0,9	1	0,4
pH	6,7	4,5	6,2

(Institut de l'élevage)

**DOCUMENT N°2 : Outils technologiques utilisables pour la fabrication de caillés.
Outil technologique 1**



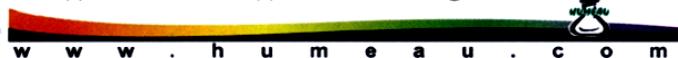
Suite du document page suivante

Outil technologique 2

Distribué par :

LABORATOIRES HUMEAU

Z. A. de Gesvrine - 4 rue Képler - B. P. 4125 - 44241 La Chapelle-sur-Erdre Cedex - France
t. : +33 (0)2 40 93 53 53 - f. : +33 (0)2 40 93 41 00 - e. : info@humeau.com



w w w . h u m e a u . c o m



CENTRO SPERIMENTALE DEL LATTE

DESCRIPTION PRODUIT

SAP IDC

Description

Ferments lactiques concentrés-lyophilisés pour l'ensemencement direct du lait. Culture mixte de souches mésophiles homofermentaires et des streptocoques et lactobacilles aromatiques.

Composition

Lactococcus lactis subsp. lactis
Lactococcus lactis subsp. cremoris
Streptococcus thermophilus
Lactobacillus delbruekii subsp. bulgaricus
Lactobacillus helveticus
Lactobacillus lactis

Rotation disponible

SAP IDC 1
SAP IDC 2

Applications principales

SAP IDC est utilisé pour la fabrication de Pâtes pressées, Pâtes pressées cuites, Pecorino.

Dosage d'utilisation

Pâtes pressées 4 Doses 1000/2000 Litres
Pâtes pressées cuites 4 Doses 1000/2000 Litres
Pecorino type 4 Doses 1000/2000 Litres

Conseils d'utilisation

Sortir de la chambre froide seulement avant l'utilisation. Ajouter directement au lait de fabrication dès que les pales d'agitation de la cuve sont recouvertes de lait. Eviter la formation de mousse et d'air dans le lait pendant le remplissage de la cuve.
Recommandation importante:
Si le produit forme une masse compacte, il ne doit pas être utilisé

Température

La température d'incubation est de 30°C à 42°C selon la durée et la typologie de fabrication.
Pour plus d'informations, contacter le service d'assistance technique CSL.

Dosages disponibles

4 Doses

Autres conditionnements à façon sont disponibles.

Conditionnement

Les sachets sont fabriqués avec un film de trois couches (polyéthylène-aluminium-polyester). Les informations suivantes sont imprimées sur chaque sachet:
Nom du produit et rotation
Nombre de Doses
N° de Lot
Best before

Quantité

Carton de transport contenant 50 sachets.

Stockage

Le produit doit être conservé à $t \leq +8^\circ\text{C}$

Durée de vie

18 mois après la date de production.

Propriétés

SAP IDC est composé essentiellement d'un mélange de souches mésophiles et de Lactobacilles sélectionnées pour obtenir une activité conforme aux temps d'acidification. La production d'arôme est liée à l'activité protéolytique de L. Helveticus, L. Bulgaricus, L. Lactis. Les deux rotations disponibles sont très résistantes et stables au niveau phages. Elles conservent les mêmes caractéristiques techniques.

OGM:

SAP IDC n'est pas composé d'organismes génétiquement modifiés.

Kasher:

SAP IDC est approuvé Kasher (circle MK)

Certification:

ISO 9001 Certifié

DOCUMENT N° 3 : Définitions des paramètres DCO et DBO5.

DCO : Demande Chimique en Oxygène

La DCO est la quantité d'oxydants chimiques forts, exprimée en équivalents dioxygène, nécessaire pour oxyder toutes les matières minérales et organiques (biodégradables et non biodégradables) d'une eau.

DBO5 : Demande Biologique en Oxygène en 5 jours

La DBO5 est la consommation en dioxygène pour oxyder les matières organiques biodégradables de l'eau par des microorganismes au bout de 5 jours. Cette consommation de dioxygène, si elle est massive peut constituer un facteur de pollution et conduire à l'eutrophisation des eaux.

DOCUMENT N° 4 : Caractéristiques comparées des rejets lactosérum et eaux usées domestiques.

Type d'effluent	pH	DCO (mg·L ⁻¹)	DBO5 (mg·L ⁻¹)	DCO/DBO5
lactosérum	4 à 6	50 000 à 70 000	30 000 à 50 000	1,5
eaux usées domestiques	7 à 8	800	420	1,9

<http://hmf.enseeiht.fr>

DOCUMENT N° 5 : Corrélation entre les séries de valeurs de DCO obtenues par deux méthodes.

Figure a : Résultats de l'étude réalisée précédemment sur la méthode colorimétrique classique

Méthode colorimétrique classique

($\text{mg}_{\text{O}_2} \cdot \text{L}^{-1}$)

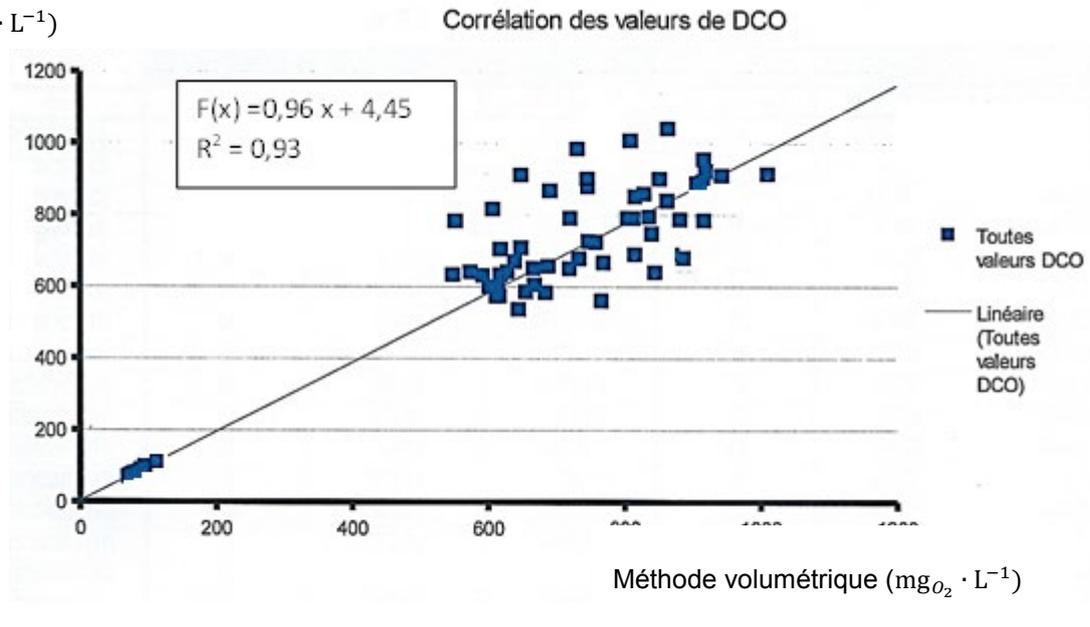
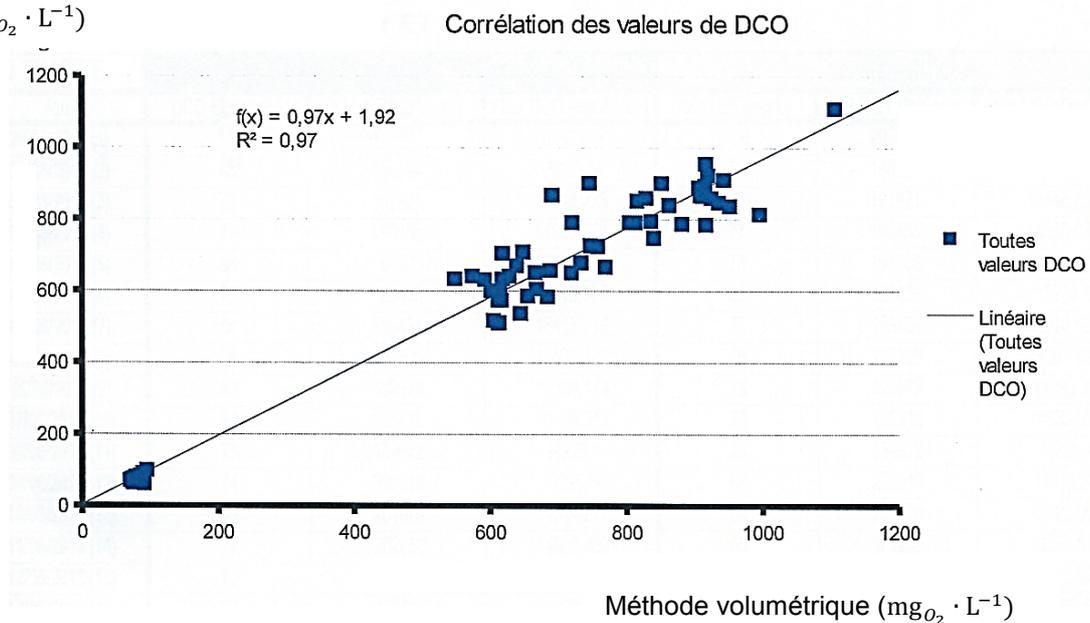


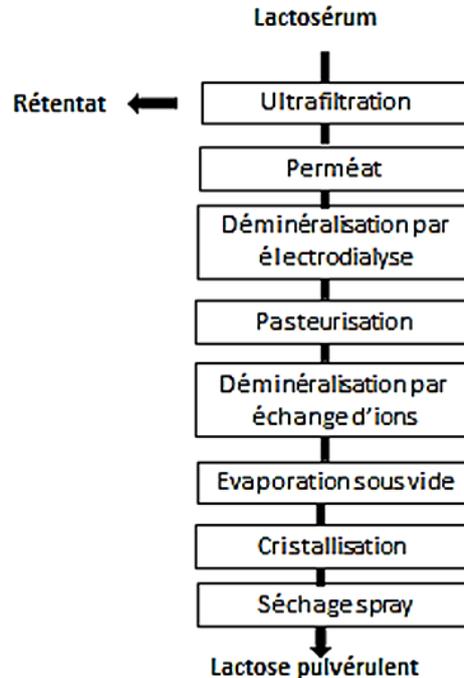
Figure b : Résultats de l'étude réalisée par le laboratoire extérieur sur la méthode colorimétrique rapide à valider

Méthode colorimétrique rapide

($\text{mg}_{\text{O}_2} \cdot \text{L}^{-1}$)



DOCUMENT N° 6 : Diagramme de fabrication du lactose à partir du lactosérum.



DOCUMENT N° 7 : Description du procédé de traitement du lactosérum.

Extrait portant sur la déminéralisation

Le lactosérum est traité par électrodialyse, pasteurisé, puis refroidi à 6 °C. On obtient un « lactosérum intermédiaire » qui est ensuite envoyé pendant 2 h sur deux colonnes échangeuses : une résine cationique forte puis une résine anionique faible.

Avant l'étape d'échange d'ions : le « lactosérum intermédiaire » présente 180 g·L⁻¹ d'extrait sec total, son taux de déminéralisation est de 42,8 % par rapport au lactosérum et sa teneur en sels minéraux de 9,0 g·L⁻¹.

Parmi les principaux ions présents : Na⁺ 2,8 g·L⁻¹ ; Ca²⁺ 0,4 g·L⁻¹ ; phosphates PO₄³⁻ 2,9 g·L⁻¹ ;

Le pH de ce lactosérum intermédiaire est de 6.

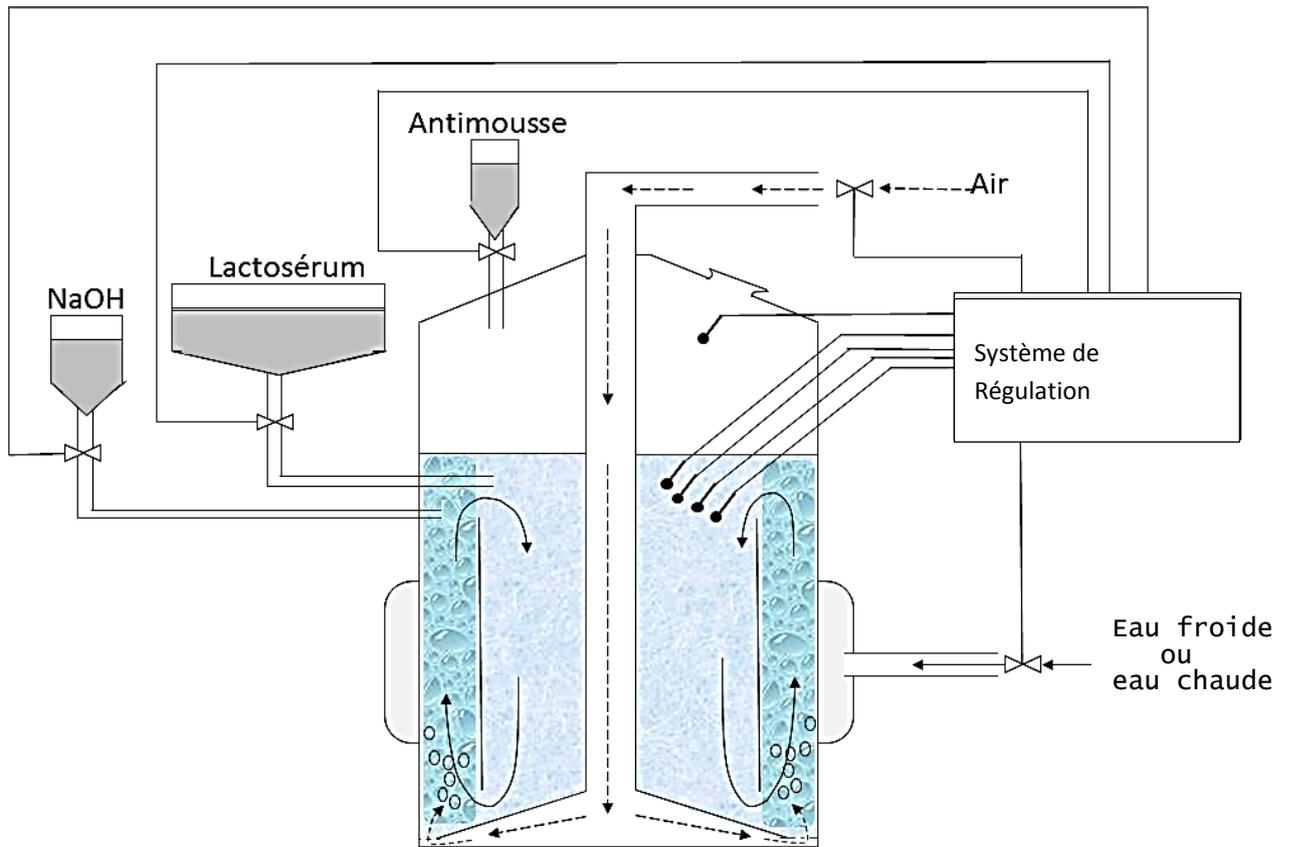
Après l'étape d'échange d'ions : le lactosérum traité obtenu présente 140,3 g·L⁻¹ d'extrait sec total, son taux de déminéralisation est de 93,5 % par rapport au lactosérum et sa teneur en sels minéraux de 0,8 g·L⁻¹.

Parmi les principaux ions présents : Na⁺ 0,076 g·L⁻¹ ; Ca²⁺ 0,028 g·L⁻¹ ; phosphates PO₄³⁻ 0,340 g·L⁻¹.

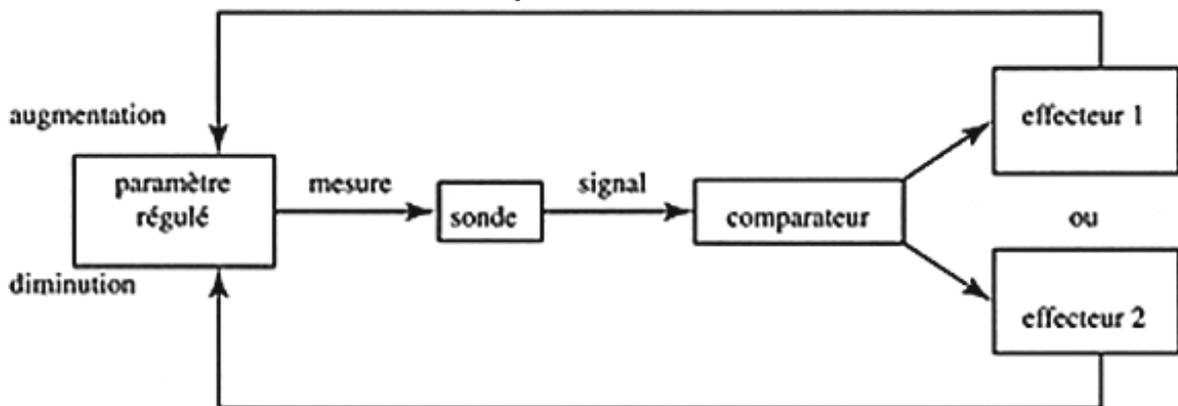
Le pH de ce lactosérum traité est de 4,8.

*Description du procédé (extrait) (brevet google lactosérum déminéralisation)
<http://www.google.fr/patents/CA1108919A1?cl=fr>*

DOCUMENT N° 8 : Schéma d'un fermenteur type air lift utilisé pour la production de levure aliment sur lactosérum.



DOCUMENT N° 9 : Schéma général d'une boucle de régulation d'un paramètre.



DOCUMENT N°10 : Mise au point de la stérilisation.

On s'appuiera sur les données du micro-organisme de référence : *Clostridium botulinum*

Température de référence	121 °C
Temps de réduction décimale D _{121 °C}	0,2 min
Sensibilité thermique Z	10 °C

D_{121°C} : durée de stérilisation nécessaire pour réduire d'un facteur 10 le nombre spores de *Clostridium botulinum* à 121 °C.

Z : élévation de température nécessaire pour réduire d'un facteur 10 la durée de stérilisation.