

# Brevet de technicien supérieur

Qualité dans les industries  
alimentaires et les bioindustries

Sujets et corrigés  
Sessions 2016 - 2017



U  
Publications de l'UPBM

Les Annales du **BTS Qualité dans les Industries alimentaires et les bioindustries** ont été réalisées par Claire BERTRAND (Martinique) et Raphaël BOUQUET (Paris).

Mesdames Françoise ARTAUD-DUMOULIN et Caroline PLATROZ (Lyon) en assurent la diffusion.

Tous nos remerciements à Frédérique BRUN, Jean-François BRUN, Rudolf HARVIER, Gisèle RIGARD, Philippe SUCHET, Françoise WILLER, (Clermont-Ferrand), Catherine EGO (L'Isle-d'Abeau), Christine GAUFICHON CHARRIER, Philippe VOLLEAU (Niort), Souad BOUSSEROUEL, Christine COGNOT, Isabelle ETIENNE, Alexandre FRADAGRADA, Élise MARCHE, Laurent MICHEL (Paris), Antoine GAUDIN, Jean-Louis ROHAUT (Saint-Denis) et Jean-Luc LESTRA, IA-IPR pilote national du BTS QIABI pour le recueil des sujets et des corrigés.

**Rappelons que l'ensemble du travail réalisé est bénévole.**

**Photographie de couverture :**

IFBM de Vandœuvre-lès-Nancy (54) (clichés d'Antoine GAUDIN)

**AVERTISSEMENTS**

Nous espérons les erreurs limitées par une relecture aussi attentive que possible...

Le prix de ces annales peut paraître élevé : nous aurions souhaité qu'il soit moindre mais un tirage inévitablement limité conduit à des frais de fabrication particulièrement élevés et nous oblige à un prix de vente en rapport.

Des **corrigés** sont ajoutés : ils sont réalisés **bénévolement** par les collègues sous leur responsabilité. Des erreurs ou des divergences d'appréciation peuvent conduire d'autres collègues ou les étudiants à ne pas être en accord avec le corrigé. Vous pouvez adresser vos remarques à [claire.bertrand@ac-martinique.fr](mailto:claire.bertrand@ac-martinique.fr) ou/et [raphael.bouquet@ac-paris.fr](mailto:raphael.bouquet@ac-paris.fr).

Les sujets de *Techniques d'atelier du génie industriel* sont spécifiques des installations : ils ne figurent pas dans cette édition. Des exemples pourront être trouvés dans les annales antérieures.

Vous pourrez consulter les erratums ou les remarques transmises sur le site internet <http://www.upbm.org> à la rubrique annales.

ISBN 978-2-910069-60-5



# **ANNALES du BTS qualité dans les industries alimentaires et les bioindustries**

## **Sessions 2016 et 2017**

---

Éditions UPBM ÉDILION  
Lycée la Martinière  
Avenue Andreï SAKHAROV  
69338 LYON Cedex 9  
<http://www.upbm.org>



# Sommaire

ANNALES du BTS qualité dans les industries alimentaires et les bioindustries Sessions 2016 et 2017 .....	1
Sommaire .....	1
Règlement d'examen .....	2
Annexes techniques d'analyses et de contrôles .....	5
Sujets 2016 .....	9
E2-U21 Mathématiques 2016.....	9
E2-U22 Sciences physiques 2016 .....	12
E3-U3 Biochimie - Biologie 2016.....	17
E4-U4 Sciences appliquées 2016.....	27
E5-U52 Techniques d'analyses et de contrôles (A) 2016.....	35
E5-U52 Techniques d'analyses et de contrôles (B) 2016.....	42
E6-U62 Étude de cas 2016.....	54
Sujets 2017 .....	<a href="#">7473</a>
E2-U21 Mathématiques 2017.....	<a href="#">7473</a>
E2-U22 Sciences physiques 2017 .....	<a href="#">7877</a>
E3-U3 Biochimie - Biologie 2017.....	<a href="#">8382</a>
E4-U4 Sciences appliquées 2017.....	<a href="#">9796</a>
E5-U52 Techniques d'analyses et de contrôles (A) 2017.....	<a href="#">105404</a>
E5-U52 Techniques d'analyses et de contrôles (B) 2017.....	<a href="#">114113</a>
E6-U62 Étude de cas 2017.....	<a href="#">122121</a>
Éléments de corrigés .....	<a href="#">134133</a>
Corrigés sujets 2016 .....	<a href="#">134133</a>
E2-U21 Mathématiques 2016.....	<a href="#">134133</a>
E2-U22 Sciences physiques 2016 .....	<a href="#">136135</a>
E3-U3 Biochimie - Biologie 2016.....	<a href="#">138137</a>
E4-U4 Sciences appliquées 2016.....	<a href="#">142144</a>
E6-U62 Étude de cas 2016.....	<a href="#">148147</a>
Corrigés sujets 2017 .....	<a href="#">152151</a>
E2-U21 Mathématiques 2017.....	<a href="#">152151</a>
E2-U22 Sciences physiques 2017 .....	<a href="#">154153</a>
E3-U3 Biochimie - Biologie 2017.....	<a href="#">156155</a>
E4-U4 Sciences appliquées 2017.....	<a href="#">161160</a>
E6-U62 Étude de cas 2017.....	<a href="#">166165</a>

# Règlement d'examen

## Tableau des épreuves

Code	Épreuve	Code	Sous-épreuves	Forme	Durée	Coefficient
E.1	Anglais			Écrite	2 h	2
E.2	Mathématiques et Physique Chimie	E.2.1	Mathématiques	Écrite	2 h	2
		E.2.2	Physique Chimie	Écrite	2 h	3
E.3	Biochimie-Biologie			Écrite	4 h	5
E.4	Sciences appliquées			Écrite	4 h	5
E.5	Techniques d'analyse et de production	E.5.1	Techniques d'atelier du génie industriel	Pratique	4 h	3
		E.5.2	Techniques d'analyses et de contrôles	Pratique	6 h	3
E.6	Qualité appliquée aux industries alimentaires et aux bioindustries	E.6.1	Soutenance de projet	Orale (soutenance)	1 h	3
		E.6.2	Étude de cas	Écrite	4 h	4
					Total	30

## MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE, DE LA RECHERCHE ET DE LA TECHNOLOGIE

Direction de l'enseignement scolaire  
Direction de l'enseignement supérieur

Arrêté du 24 mars 1998 portant définition et fixant les conditions de délivrance du brevet de technicien supérieur Qualité dans les industries alimentaires et les bio-industries

## LE MINISTRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE, DE LA RECHERCHE ET DE LA TECHNOLOGIE

• VU le décret no 95-665 du 9 mai 1995 modifié portant règlement général du brevet de technicien supérieur ;

• VU l'arrêté du 9 mai 1995 fixant les conditions d'habilitation à mettre en œuvre le contrôle en cours de formation en vue de la délivrance du baccalauréat professionnel, du brevet professionnel et du brevet de technicien supérieur ;

• VU l'arrêté du 9 mai 1995 relatif au positionnement en vue de la préparation du baccalauréat professionnel, du brevet professionnel et du brevet de technicien supérieur ;

• VU l'avis de la commission professionnelle consultative Chimie du 29 avril 1997 ;

• VU l'avis du Conseil national de l'enseignement supérieur et de la recherche du 19 janvier 1998 ;

• VU Vu l'avis du Conseil supérieur de l'éducation du 18 décembre 1997 ;

### ARRÊTE

#### ARTICLE 1er

La définition et les conditions de délivrance du brevet de technicien supérieur Qualité dans les industries alimentaires et les bio-industries sont fixées conformément aux dispositions du présent arrêté.

#### ARTICLE 2

Les unités constitutives du référentiel de certification du brevet de technicien supérieur Qualité dans les industries alimentaires et les bio-industries sont définies en annexe I au présent arrêté.

#### ARTICLE 3

La formation sanctionnée par le brevet de technicien supérieur Qualité dans les industries alimentaires et les bio-industries comporte des stages en milieu professionnel dont les finalités et la durée exigée pour se présenter à l'examen sont précisées en annexe II au présent arrêté.

#### ARTICLE 4

En formation initiale sous statut scolaire, les enseignements permettant d'atteindre les compétences requises du technicien supérieur sont dispensés conformément à l'horaire hebdomadaire figurant en annexe III au présent arrêté.

#### ARTICLE 5

Le règlement d'examen est fixé en annexe IV au présent arrêté. La définition des épreuves ponctuelles et des situations d'évaluation en cours de formation est fixée en annexe V au présent arrêté.

#### ARTICLE 6

Pour chaque session d'examen, la date de clôture des registres d'inscription et la date de début des épreuves pratiques ou écrites sont arrêtées par le ministre chargé de l'éducation nationale.

La liste des pièces à fournir lors de l'inscription à l'examen est fixée par chaque recteur.

#### ARTICLE 7

Chaque candidat s'inscrit à l'examen dans sa forme globale ou dans sa forme progressive conformément aux dispositions des articles 16, 23, 24 et 25 du décret du 9 mai 1995 modifié susvisé.

Il précise également s'il souhaite subir l'épreuve facultative.

Dans le cas de la forme progressive, le candidat précise les épreuves ou unités qu'il souhaite subir à la session pour laquelle il s'inscrit.

Le brevet de technicien supérieur Qualité dans les industries alimentaires et les bio-industries est délivré aux candidats ayant passé avec succès l'examen défini par le présent arrêté conformément aux dispositions du titre III du décret du 9 mai 1995 susvisé.

#### ARTICLE 8

Les correspondances entre les épreuves de l'examen organisées conformément à l'arrêté du 2 septembre 1993 fixant les conditions de délivrance du brevet de technicien supérieur Qualité dans les industries alimentaires et les bio-industries et les épreuves de l'examen organisées conformément au présent arrêté sont précisées en annexe VI au présent arrêté.

La durée de validité des notes égales ou supérieures à 10 sur 20 obtenues aux épreuves de l'examen subi selon les dispositions de l'arrêté du 2 septembre 1993 précité et dont le candidat demande le bénéfice dans les conditions prévues à l'alinéa précédent est

reportée dans le cadre de l'examen organisé selon les dispositions du présent arrêté conformément à l'article 17 du décret du 9 mai 1995 susvisé et à compter de la date d'obtention de ce résultat.

#### **ARTICLE 9**

La première session du brevet de technicien supérieur Qualité dans les industries alimentaires et les bio-industries, organisée conformément aux dispositions du présent arrêté aura lieu en 1999. La dernière session du brevet de technicien supérieur Qualité dans les industries alimentaires et les bio-industries, organisée conformément aux dispositions de l'arrêté du 2 septembre 1993 portant création et définition du brevet de technicien supérieur Qualité dans les industries alimentaires et les bio-industries et fixant les modalités de la formation sanctionnée par ce diplôme et de l'arrêté du 2 septembre 1993 fixant les conditions de délivrance du brevet de technicien supérieur Qualité dans les industries alimentaires et les bio-industries, aura lieu en 1998. A l'issue de cette session, les arrêtés du 2 septembre 1993 précités sont abrogés.

#### **ARTICLE 10**

La directrice de l'enseignement supérieur, le directeur de l'enseignement scolaire et les recteurs sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au Journal officiel de la République française.

Nota. - Le présent arrêté et ses annexes III, IV et VI seront publiés au Bulletin officiel de l'éducation nationale du 16 avril 1998, vendu au prix de 14 F, disponible au Centre national de documentation pédagogique, 13, rue du Four, 75006 Paris, ainsi que dans les centres régionaux et départementaux de documentation pédagogique. L'arrêté et l'ensemble de ses annexes seront diffusés par les centres précités.

Fait à Paris, le 24 mars 1998.

### **Définition des épreuves**

#### **1. Anglais**

- Coefficient : 2

L'épreuve a pour but d'évaluer au niveau **B2** les activités langagières suivantes :

- Compréhension de l'oral
- Production et interaction orales
- Contrôle en cours de formation (2 situations)

Première situation d'évaluation : évaluation de la compréhension de l'oral : durée 30 minutes maximum sans préparation, au cours du deuxième trimestre de la deuxième année.

Deuxième situation d'évaluation : évaluation de la production orale en continu et de l'interaction au cours du deuxième et du troisième trimestre de la deuxième année (durée 15 minutes + 30 minutes de préparation)

- Épreuve ponctuelle

**Compréhension de l'oral** : 30 minutes sans préparation

**Expression orale en continu et en interaction** : 15 minutes assorties d'un temps de préparation de 30 minutes.

#### **2. Mathématiques et Sciences physiques**

- Épreuve écrite
- Durée : 4 heures (2 h pour les mathématiques, 2 h pour la physique-chimie)
- Coefficient : 5 (2 pour les mathématiques, 3 pour la physique-chimie)

L'enseignement des mathématiques a pour triple objectif de fournir un outil efficace pour les sciences physiques et biologiques et la technologie, de développer la formation scientifique et de contribuer à la formation personnelle et relationnelle de l'étudiant. Les sciences physiques et la chimie ont les mêmes objectifs généraux : ils fournissent en outre les bases scientifiques nécessaires aux enseignements technologiques et professionnels. Par suite l'épreuve qui sanctionne ces enseignements a pour objectifs :

- d'apprécier la solidité des connaissances des étudiants et leur capacité à les mobiliser dans des situations variées :

- de vérifier leur aptitude au raisonnement et leur capacité à analyser correctement un problème, à justifier les résultats obtenus et à apprécier leur portée;

- d'apprécier leurs qualités dans le domaine de l'expression écrite et de l'exécution soignée de tâches diverses (calculs avec ou sans instrument, tracés graphiques).

Les sujets comportent : deux exercices de mathématiques et deux exercices de sciences physiques et chimie. Ces exercices porteront sur des parties différentes du programme et devront rester proches de la réalité professionnelle.

L'épreuve porte à la fois sur des applications directes des connaissances du cours et sur leur mobilisation au sein de problèmes plus globaux.

Il convient d'éviter toute difficulté théorique et toute technicité mathématique excessives. La longueur et l'ampleur du sujet doivent permettre à un candidat moyen de traiter le sujet et de le rédiger posément dans le temps imparti.

L'utilisation des calculatrices pendant l'épreuve est définie par la circulaire n° 86.228 du 28 juillet 1986 publiée au Bulletin officiel n° 34 du 2 octobre 1986.

En tête des sujets doivent figurer les deux rappels suivants :

- la clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront pour une part importante dans l'appréciation des copies.

- l'usage des instruments de calcul et du formulaire officiel de mathématiques est autorisé.

Chacune des parties de l'épreuve sera corrigée par un professeur de la discipline.

#### **3. Biochimie - Biologie**

- Épreuve écrite
- Durée : 4 heures
- Coefficient : 5

Le sujet comportera une ou plusieurs questions liées ou indépendantes et pourra faire appel à l'utilisation de documents.

L'épreuve permet d'apprécier :

- la compréhension et l'assimilation des connaissances fondamentales en biochimie, microbiologie générale et appliquée, toxicologie

- l'aptitude à la réflexion et au raisonnement scientifique
- la clarté et la rigueur de l'expression écrite et de la composition.

Elle se réfère au programme de biochimie-biologie.

#### **4. Sciences appliquées**

- Épreuve écrite
- Durée : 4 heures
- Coefficient : 5

L'épreuve comportera au minimum deux questions : une question se rapportant au programme de sciences des aliments et une question se rapportant au programme du cours de génie industriel. Elle pourra faire appel à l'utilisation de documents.

Elle permet d'évaluer

- les connaissances fondamentales en sciences des aliments et génie industriel

- ses capacités à utiliser ses connaissances dans un contexte qualité

- sa maîtrise des problèmes de sécurité

- ses qualités d'analyse et de synthèse.

#### **5. Techniques d'analyse et de production**

- Épreuve écrite
- Durée : 10 heures
- Coefficient : 6

Cette épreuve porte sur les techniques d'analyses biochimiques, les techniques d'analyses microbiologiques, les techniques d'analyses immunologiques, les techniques d'analyses

toxicologiques, sur l'analyse sensorielle et sur les travaux d'atelier du génie industriel. Trois de ces domaines au moins devront être évalués.

L'épreuve a pour but de vérifier que le candidat est capable de :

- mettre en œuvre un protocole opératoire dans des conditions satisfaisantes de sécurité et d'efficacité en respectant les exigences des Bonnes Pratiques de Fabrication ou des Bonnes Pratiques de Laboratoire

- s'organiser rationnellement dans le temps et dans l'espace - traiter et exploiter des résultats.

- évaluer et valider ses résultats

Elle doit permettre d'évaluer tout ou partie des capacités et compétences terminales suivantes du référentiel de certification du domaine professionnel :

C31 : préparer les produits, réactifs et milieux

C32 : vérifier les produits, réactifs et milieux

C33 : vérifier le bon fonctionnement de l'appareillage d'analyses au laboratoire ou de mesures en fabrication

C34 : pratiquer des interventions simples de maintenance sur les appareils du contrôle qualité; déclencher des interventions de maintenance sur les appareils du contrôle qualité

C35 : conduire les analyses, les essais et les mesures

C41 : recueillir et présenter les résultats des essais ou des mesures

C42 : déterminer un intervalle de confiance d'une méthode et valider la mesure

C43 : interpréter les résultats des essais et des mesures en vue de l'évaluation des procédés, des matières premières, du conditionnement, de l'emballage, et du produit fini

C44 : évaluer les risques liés à l'activité professionnelle

C45 : identifier les dysfonctionnements des appareils d'analyse et de mesure

Cette épreuve pourra se dérouler en plusieurs étapes.

Elle donnera lieu à la rédaction de comptes rendus et pourra éventuellement faire appel aux techniques de l'informatique.

Des documents techniques annexes peuvent être distribués aux candidats avec le sujet.

## 6. Épreuve professionnelle de synthèse, étude de cas se rapportant à la qualité

- Épreuve écrite et orale
- Durée : 5 heures
- Coefficient : 7

Cette épreuve est caractéristique des activités professionnelles du technicien supérieur en «Qualité dans les industries alimentaires et les bio-industries».

Elle a pour but de vérifier que le candidat est capable :

- de présenter une analyse rigoureuse d'une situation relative à la qualité

- de proposer des solutions argumentées

- de traiter et d'exploiter des informations techniques réglementaires

- de mobiliser ses connaissances théoriques et pratiques pour analyser et/ou résoudre un problème relatif à la qualité

Cette épreuve doit permettre d'évaluer tout ou partie des capacités et compétences terminales suivantes du référentiel de certification du domaine professionnel:

C11 : Analyser tout ou partie d'un cahier des charges

C12 : Concevoir un auto-centrôle ou un contrôle en cours de production

C13 : Proposer des actions préventives et correctives pour réduire les écarts entre objectifs et résultats (notamment des ajustements ou des modifications des procédures et/ou des modes opératoires)

C14 : Proposer de nouvelles procédures de fabrication ou d'analyses ou adapter des procédures existantes

C21 : Inventorier les contraintes d'exploitation et les contraintes de l'environnement

C22 : Définir et faire appliquer les mesures d'hygiène particulières à chaque production;

Dans le but d'assurer la qualité de la production :

- proposer les mesures et les moyens de prévention des risques vis à vis des personnels

- proposer les moyens permettant de préserver les matières, les produits, les matériels et l'environnement

C23 : Proposer les circuits relatifs aux personnels, aux matériels, aux matières, aux produits et aux déchets en prenant en compte les contraintes d'exploitation, les contraintes d'environnement et les objectifs de qualité

C24 : Prévoir l'approvisionnement des postes de travail des laboratoires de contrôle de qualité en produits, réactifs, milieux et matériels.

C25 : Organiser les activités d'auto-centrôle et de contrôle en cours de production

C41 : Recueillir et présenter les résultats des essais ou des mesures

C42 : Déterminer un intervalle de confiance d'une méthode et valider un résultat

C43 : Interpréter les résultats des essais ou des mesures en vue de l'évaluation des procédés, des matières premières, du conditionnement, de l'emballage et du produit fini

C44 : Évaluer les risques liés à l'activité professionnelle

C51 : Recenser et sélectionner les différentes sources documentaires professionnelles et réglementaires :

- Repérer les différentes sources d'information sur le sujet donné
- Utiliser un fichier bibliographique pour une recherche d'information

- Consulter une banque de données

C52 : Référencer et stocker l'information :

- Référencer un article ou un périodique ou une notice technique ou un texte réglementaire

- Mettre à jour un fichier manuel ou automatisé

C53 : Traiter l'information

C54 : Décoder des informations techniques

C61 : Produire et transmettre un message

C63 : Rendre compte des opérations effectuées et des résultats attendus

Cette épreuve porte sur les programmes de «Qualité» et sur l'expérience acquise durant les stages en milieu professionnel. Elle fait également appel aux connaissances de biochimie-biologie, sciences des aliments, génie industriel, techniques d'analyse, sécurité et économie-gestion. Elle fait appel en outre aux qualités d'expression et de communication développées en particulier dans l'enseignement du français. Elle peut comporter des documents en anglais.

L'épreuve se déroulera en deux phases complémentaires :

a) La première phase consiste à analyser une situation relative à la qualité.

Au cours de cette phase, le candidat exposera un travail personnel réalisé pendant son deuxième stage en milieu professionnel ou, pour un candidat qui se présente au titre de la promotion sociale ou de la formation continue, pendant son activité professionnelle. Ce travail personnel doit donc porter sur l'analyse d'une situation relative à la qualité. Il fait l'objet d'un document écrit de 5 pages maximum présentant succinctement la problématique étudiée, les éléments de réflexion et d'analyse qui seront développés au cours d'un exposé oral et une bibliographie sommaire.

Le document écrit sera communiqué au jury quelques jours avant l'examen à une date fixée par le recteur.

La présentation du travail personnel ne doit pas excéder 30 minutes. Cette présentation est suivie d'une interrogation par le jury d'une durée de 30 minutes. Cette interrogation porte sur le travail présenté

b) La deuxième phase consiste à résoudre un problème relatif à la qualité : cette résolution aboutit à des propositions concrètes qui complètent le travail d'analyse conduit pendant la première phase. L'étude est conduite à partir d'un dossier technique fourni au candidat. Le candidat dispose de 4 heures pour traiter ce problème.

Le jury de cette épreuve devra comporter :

- un enseignant de la spécialité

- un professionnel

- un enseignant susceptible d'apprécier les qualités de communication du candidat

- un enseignant d'Economie-Gestion si le contenu du rapport l'impose.

# Annexes techniques d'analyses et de contrôles

## ANNEXE DÉNOMBREMENTS

### Extrait de la norme NF ISO 7218 octobre 2007

Cette norme officialise le passage à **une seule boîte par dilution**.

Mode de calcul : Cas général (comptage des colonies en totalité ou des colonies caractéristiques)

Retenir deux dilutions successives dont :

- L'une au moins **présente un minimum de 10 colonies**.
- Le nombre maximal de colonies en totalité est de 300 par boîte ; le nombre maximal des colonies caractéristiques ou présumées est de 150 par boîte (cas de la présence d'un agent de différenciation).

**Calculer N**, concentration en nombre de microorganismes présents dans l'échantillon par mL ou par g de produit, à savoir la moyenne pondérée du nombre de colonies obtenues sur deux dilutions successives dont l'une, au moins, présente un minimum de 10 colonies, à l'aide de l'équation aux grandeurs ci-dessous.

Ce calcul n'est valable que dans le cas général où le rapport du nombre de colonies entre les deux dilutions n'est pas trop éloigné du facteur de dilution appliqué entre ces dernières.

$N = \frac{\sum c}{v \cdot 1,1 \cdot d}$	Où
	$\sum c$ est la somme des colonies comptées sur les deux boîtes retenues de deux dilutions successives et dont au moins une contient au minimum 10 colonies. ; $v$ est le volume de l'inoculum appliqué à chaque boîte, en millilitre ; $d$ est la dilution correspondant à la première dilution la plus faible, dilution considérée par rapport à l'échantillon brut (non dilué) qu'il soit solide ou liquide.

**Arrondir** le résultat à deux chiffres significatifs. Si le 3<sup>ème</sup> chiffre est inférieur à 5, le précédent n'est pas modifié ; sinon, il est augmenté d'une unité.

**Retenir** comme résultat un nombre compris de préférence entre 1,0 et 9,9 multiplié par la puissance de 10 appropriée ou un nombre entier avec deux chiffres significatifs.

**Exprimer** le résultat comme suit : Nombre N de microorganismes par millilitre ou par gramme.

• **Cas des petits nombres :**

- Si le nombre de colonies à la dilution la plus faible est compris entre 4 et 10 : appliquer le calcul ci-dessus et exprimer le résultat comme le "nombre estimé de microorganismes par g ou par mL".
- Si le nombre de colonies à la dilution la plus faible est compris entre 1 et 3, exprimer le résultat comme : "le microorganisme est présent mais avec moins de (4/d) microorganismes par g ou par mL".
- Si la dilution la plus faible ne contient aucune colonie, exprimer le résultat comme "moins de (1/d) microorganismes par mL ou par g".  
(d = dilution la plus faible testée ; dilution considérée par rapport au produit brut).

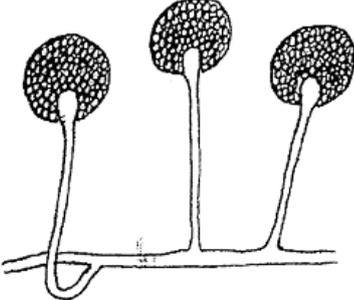
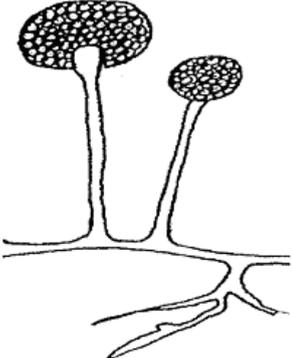
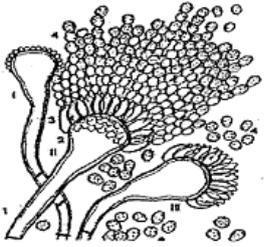
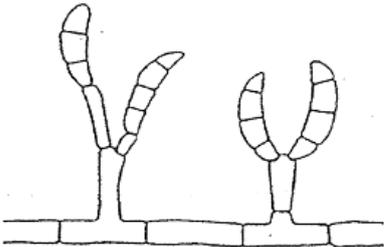
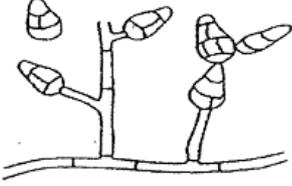
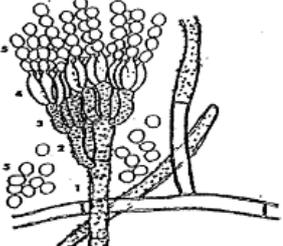
• **Pour les levures et moisissures :**

On retient pour le calcul les dilutions présentant entre 10 et 150 colonies par boîte.

Si la mycoflore est essentiellement composée de moisissures, sélectionner les boîtes parmi celles contenant la population la plus faible.

## ANNEXE MOISSURES

### SCHÉMAS D'ORGANES DE FRUCTIFICATION DE MOISSURES

	
<p><i>Mucor</i></p>	<p><i>Rhizopus</i></p>
	
<p><i>Aspergillus</i></p>	<p><i>Fusarium</i></p>
	
<p><i>Alternaria</i></p>	<p><i>Penicillium</i></p>

## ANNEXE MÉTROLOGIE

Établissement	INSTRUCTION DE TRAVAIL	RÉF :
Centre d'examen	<b>VÉRIFICATION DE L'EXACTITUDE ET EXPRESSION DU RÉSULTAT DE MESURE</b>	Version : 5 Date : session 2015 Révisée le : 20/08/2013 page 1/2
Rédacteurs : membres de la commission de sujets Date : session 2015 Visa :	Vérificateur Approbateur : inspection générale Date : session 2015 Visa :	

### 1. VÉRIFICATION DE L'EXACTITUDE DU RÉSULTAT DE MESURE

La vérification de l'exactitude d'un résultat de mesure s'effectue au moyen d'un matériau de contrôle dont la valeur est exprimée sous la forme :  $y_{ref} \pm U_{ref}$  (où  $U_{ref} = 2 u_{ref}$  pour un niveau de confiance d'environ 95,5 %).

L'écart-type de reproductibilité  $s_R$  de la méthode doit être donné.

Une mesure  $y_{EC}$  du matériau de contrôle est réalisée et l'on s'assure que la relation ci-dessous est bien vérifiée.

$$|y_{EC} - y_{ref}| \leq 2 \sqrt{s_R^2 + u_{ref}^2}$$

Si tel est le cas, la mesure effectuée sur l'essai est alors considérée comme satisfaisante.

#### Exemple :

Soit la mesure unique  $y$  de la concentration molaire d'un essai :  $y = 3,85$  mmol/L

Un matériau de contrôle de concentration  $y_{ref} \pm U_{ref}$  soit  $(4,12 \pm 0,12)$  mmol/L est testé dans les mêmes conditions de mesure que l'essai.

La valeur trouvée pour le matériau de référence est  $y_{EC} = 3,98$  mmol/L

L'écart-type de reproductibilité  $s_R$  de la méthode est fourni :  $s_R = 0,11$  mmol/L

On vérifie la relation :

$$|3,98 - 4,12| \leq 2 \sqrt{0,11^2 + 0,06^2} \dots \text{soit} \dots 0,251 \text{ mmol/L}$$

L'exactitude est vérifiée et la valeur de l'essai est confirmée :  $y = 3,85$  mmol/L

Dans le cas contraire, la valeur n'est pas retenue.

#### Remarque :

Lorsque la valeur de référence est donnée sans incertitude, celle-ci est considérée comme négligeable, c'est-à-dire  $u_{ref} \ll s_R$ .

Établissement  Centre d'examen	INSTRUCTION DE TRAVAIL	RÉF :
	<b>VÉRIFICATION DE L'EXACTITUDE ET EXPRESSION DU RÉSULTAT DE MESURE</b>	Version : 5 Date : session 2015 Révisée le : 20/08/2013 page 2/2
Rédacteurs : membres de la commission de sujets Date : session 2015 Visa :		Vérificateur Approbateur : inspection générale Date : session 2015 Visa :

## 2. EXPRESSION DU RÉSULTAT DE MESURE

### 2.1. Détermination de l'incertitude élargie

L'expression du résultat nécessite de connaître l'incertitude type composée  $u_c$  qui est soit donnée avec l'unité de grandeur, soit donnée en valeur relative.

Exemple 1 :  $n_y = 0,3457 \mu\text{mol}$   $u_c = 0,018 \mu\text{mol}$

Exemple 2 :  $c_y = 0,1257 \text{ mol/L}$  incertitude-type composée relative = 1,3 %  
donc  $u_c = 0,1257 \times 0,013 = 0,0016 \text{ mol/L}$

L'incertitude élargie  $U$  est donnée en supposant une distribution normale et en multipliant par un facteur 2 l'incertitude-type composée. Le niveau de confiance obtenu ainsi est d'environ 95,5 %.

### 2.2. Arrondi du résultat de mesure

L'incertitude élargie  $U$  est ensuite arrondie selon les cas :

- si le premier chiffre significatif est 1, 2 ou 3 : garder deux chiffres significatifs ;
- si le premier chiffre significatif est 4 ou plus : garder un chiffre significatif.

Le résultat final est arrondi de la manière suivante :

- le dernier chiffre significatif de la valeur retenue pour le résultat doit être à la même position décimale que le dernier chiffre de l'incertitude élargie ;
- les règles usuelles mathématiques d'arrondi s'appliquent.

Exemple 1 :

valeur retenue :  $c_y = 0,24319 \text{ mmol/L}$   
 $U = 0,0052 \text{ mmol/L}$  arrondi à 0,005 mmol/L  
écrire :  $c_y = (0,243 \pm 0,005) \text{ mmol/L}$

Exemple 2 :

valeur retenue :  $c_y = 0,24364 \text{ mmol/L}$   
 $U = 0,0052 \text{ mmol/L}$  arrondi à 0,005 mmol/L  
écrire :  $c_y = (0,244 \pm 0,005) \text{ mmol/L}$

Rendre le résultat de mesure en donnant sa valeur numérique, son incertitude, son unité et accompagné de la notation « niveau de confiance d'environ 95,5 % » ou «  $k = 2$  » ou «  $IC = 0,95$  » et de toutes informations pertinentes disponibles.

# Sujets 2016

**E2-U21 Mathématiques**

**2016**

Durée : 2 heures Coefficient: 2

Calculatrice autorisée

## EXERCICE 1 : (11 points)

Le *Ténébrion meunier* (*Tenebrio molitor*) est un insecte de l'ordre des coléoptères, de la famille des ténébrionidés. Il est capable de vivre dans des denrées stockées très sèches, notamment dans la farine, d'où son nom de meunier (Wikipédia).

De par la facilité de son élevage, cet insecte est très utilisé dans les laboratoires de recherches pour des études physiologiques sur son développement et sur son endocrinologie : sa nymphe est très sensible à l'hormone juvénile par exemple. Le vers est également un très bon appât notamment pour la pêche de la truite en étang.

**Les parties A, B et C peuvent être traitées de façon indépendante.**

### PARTIE A

Kevin, un apprenti boulanger, décide d'élever des vers de farine pour son club de pêche. Il commence son élevage 7 mois avant l'ouverture de la saison de pêche. Dans un large bac adapté qu'il entrepose à 27°C, il dispose de la farine et 500 vers, il laisse se faire les choses. Il suit l'évolution du nombre de vers et obtient les résultats suivants :

Nombre de quinzaines : $t_i$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nombre de vers : $N_i$	500	749	1122	1681	2518	3772	5650	8464	12678	18992

- Kevin se fait la remarque suivante : « chaque quinzaine la population augmente d'environ 50% ».  
Expliquer cette modélisation. Est-elle réaliste sur le long terme ?
- Kevin souhaite connaître le nombre de vers dont il disposera lors de l'ouverture de la prochaine saison. Il présente ses données à son professeur de mathématiques qui lui propose un nouveau modèle à partir du changement de variable suivant :  $y_i = \ln\left(\frac{33000}{N_i} - 1\right)$ 
  - Compléter le tableau donné en annexe. Arrondir au centième.
  - Déterminer, à l'aide de la calculatrice, une équation de la droite d'ajustement  $\Delta$  de  $y$  en  $t$  par la méthode des moindres carrés. Arrondir les coefficients au centième.
  - Parmi les propositions suivantes quelle est celle qui estime le mieux le nombre de vers pour l'ouverture de la saison de pêche ? Justifier.

33000	146000	9200	30300
-------	--------	------	-------

- Maxime, un ami du club affirme qu'à ce rythme-là, le nombre de vers va dépasser 50 000. Kevin a déterminé que le nombre de vers en fonction du nombre de quinzaines  $t$  est donné approximativement par le nombre :

$$N(t) = \frac{33000}{1+75e^{-0,48t}}$$

Kévin peut-il confirmer l'affirmation de Maxime ? Justifier votre réponse.

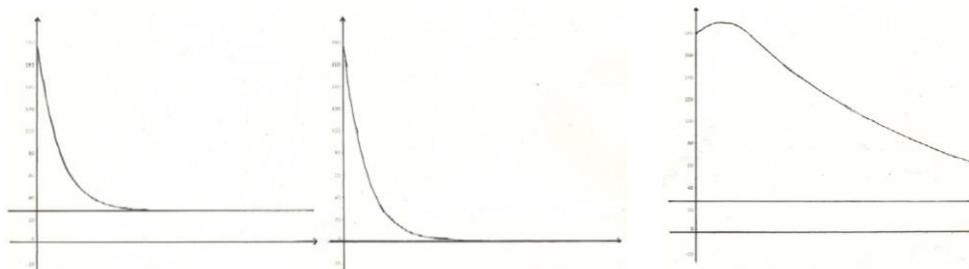
### PARTIE B

De retour à l'école, Kevin apprend que la température de refroidissement du pain à la sortie du four dépend du type de pain et de la température ambiante supposée constante de la pièce dans laquelle il est entreposé.

On note  $a$  cette température constante de la pièce, exprimée en degrés Celsius.

Pour  $t \geq 0$ , on désigne par  $y(t)$  la température du pain au bout d'un temps  $t$  après sa sortie du four. La durée  $t$  est exprimée en heures et la température  $y(t)$  est exprimée en degrés Celsius.

Question préliminaire : parmi les trois courbes suivantes, quelle est celle qui correspond à l'évolution de la température du pain à la sortie du four en fonction du temps ? Argumenter votre réponse.



Courbe 1

Courbe 2

Courbe 3

La fonction  $y$  vérifie l'équation différentielle :  $(E) : y'(t) + 6y(t) = 6a$ .

### I. Résolution d'une équation différentielle

Dans cette partie on considère que le pain est entreposé dans une pièce dont la température constante est  $a$ . À la sortie du four, c'est-à-dire à l'instant  $t = 0$ , le pain est à une température de  $180^\circ\text{C}$ .

- Déterminer les solutions sur  $[0 ; +\infty[$  de l'équation  $(E_0) : y' + 6y = 0$ .
- Soit  $g$  la fonction définie sur l'intervalle  $[0 ; +\infty[$  par  $g(t) = k$ , où  $k$  est une constante réelle dépendant de  $a$ . Déterminer  $k$  pour que la fonction  $g$  soit une solution particulière de l'équation différentielle  $(E)$ .
- En déduire l'ensemble des solutions de l'équation différentielle  $(E)$ .
- Démontrer que la fonction  $h$  définie sur l'intervalle  $[0 ; +\infty[$  par  $h(t) = (180 - a)e^{-6t} + a$  est la solution de  $(E)$  correspondant à la condition initiale donnée.

### II. Étude d'une fonction

- Dans cette question, le pain est entreposé à une température de  $28^\circ\text{C}$ .
  - Soit  $f$  définie pour tout  $t \geq 0$  par  $f(t) = 152e^{-6t} + 28$ .
  - Vérifier que  $f$  est la solution de l'équation  $(E)$  dans le contexte proposé.
  - Étudier les variations de  $f$  sur l'intervalle  $[0 ; +\infty[$ .
  - Déterminer la température  $\theta$  du pain une demi-heure après la sortie du four. On donnera une valeur approchée de  $\theta$  à un degré près.
  - Le boulanger sort une fournée de pains du four. Déterminer par la méthode de votre choix au bout de quelle durée  $D$  le pain sera à une température de  $62^\circ\text{C}$ . On donnera une valeur approchée de  $D$  à une minute près.
- Quelle devrait être la température, au degré près, de la pièce dans laquelle est entreposé le pain afin que ce pain, sorti du four à  $16$  h, soit à une température de  $30^\circ\text{C}$  à  $16$  h 30 ?

### **EXERCICE 2 : (9 POINTS)**

La mesure précise des volumes est d'une grande importance au laboratoire. Elle peut être effectuée à l'aide d'une pipette jaugée ou graduée. Une pipette sert à prélever un volume précis d'un liquide (de  $1$  à  $100$  mL). Elles sont utilisées pour réaliser des dosages.

#### **PARTIE A : défauts de fabrication et conformité**

On rappelle que la probabilité qu'un événement  $E$  se réalise sachant que l'événement  $F$  (de probabilité non nulle) est réalisé se note  $P_F(E)$  et vérifie :  $P_F(E) = P(E \cap F) / P(F)$

L'entreprise AGOREX fabrique et distribue des pipettes jaugées en verre. Deux chaînes de production (A et B) permettent de répondre à la demande journalière.

- 55 % des pipettes viennent de la chaîne de production A et 2,6 % des pipettes de cette chaîne sont inutilisables ;
  - 3,6 % des pipettes provenant de la chaîne de production B sont inutilisables.
- On choisit au hasard une pipette dans le stock journalier de l'entreprise et on note :
- A l'événement : « La pipette est sortie de la chaîne de production A » ;
  - B l'événement : « La pipette est sortie de la chaîne de production B » ;
  - I l'événement : « La pipette est inutilisable »

**Les questions 1, 2 et 3 peuvent être traitées de façon indépendante.**

1. Calculer à  $10^{-3}$  près la probabilité qu'une pipette soit inutilisable.
2. On suppose que la probabilité (arrondie au centième) qu'une pipette soit inutilisable est égale à 0,03.  
On prélève au hasard un échantillon de 100 pipettes dans le stock de l'entreprise. Le nombre de pipettes produites est suffisamment important pour que l'on assimile ce prélèvement à un tirage avec remise de 100 pipettes. On considère la variable aléatoire  $X$  qui, à tout prélèvement de 100 pipettes, associe le nombre de pipettes inutilisables.
  - (a) Déterminer la loi suivie par  $X$  en précisant ses paramètres.
  - (b) Quelle est la probabilité de l'événement : « au moins une des pipettes est inutilisable » ?  
On arrondira cette probabilité au millième.
3. Pour répondre au cahier des charges de certains laboratoires, l'entreprise AGOREX est amenée à effectuer des tests de conformité. Une pipette utilisable est dite conforme si sa contenance est comprise entre 98 mL et 102 mL. On note  $C$  la variable aléatoire qui à chaque pipette prise au hasard dans le stock d'un laboratoire associe sa contenance (en millilitres). On admet que  $C$  suit une loi normale de moyenne 100 et écart type  $\sigma = 1,021$ . On prélève au hasard une pipette dans la production.
  - (a) Quelle est la probabilité, à  $10^{-4}$  près, pour que cette pipette soit conforme ?
  - (b) Au final sur un lot de 1 000 pipettes produites combien seraient conformes ?

Mis en forme : Exosant

## PARTIE B : Estimation

Le laboratoire BIOMATOP effectuant des analyses se fournit en pipettes auprès de l'entreprise AGOREX. Dans cette partie on considère une grande quantité de pipettes livrées au laboratoire. On considère un échantillon de 200 pièces prélevées au hasard dans cette livraison. La livraison est assez importante pour que l'on puisse assimiler ce tirage à un tirage avec remise. Dans cet échantillon, on constate que 5 pipettes sont cassées.

1. Donner une estimation ponctuelle de la proportion inconnue  $p_c$  des pipettes cassées de cette livraison.
2. Déterminer un intervalle de confiance de la proportion  $p_c$  avec le coefficient de confiance de 95 %.

### ANNEXE 7 (exercice 1) À COMPLÉTER ET À RENDRE AVEC LA COPIE

Nombre de quinzaines : $t_i$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nombre de vers : $N_i$	500	749	1122	1681	2518	3772	5650	8464	12678	18992
$y_i$	4,17	3,76			2,49			1,06	0,47	

## La Tomographie par Émission de Positons (TEP)

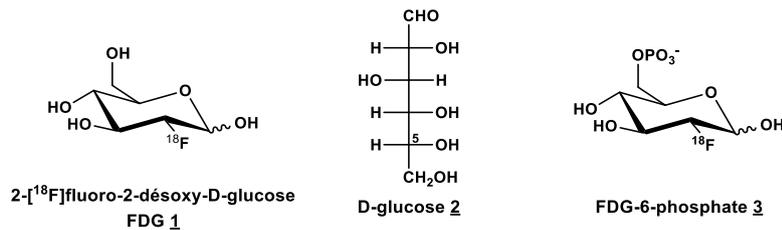
### Présentation générale :

La Tomographie par Émission de Positons (TEP en français ou PET, Positron Emission Tomography en anglais) est une technique d'imagerie fonctionnelle à visée diagnostique. Elle constitue la technologie d'imagerie la plus avancée disponible actuellement pour étudier *in vivo* des interactions moléculaires. Elle nécessite l'utilisation d'une molécule marquée avec un atome émetteur de positon, comme le fluor 18,  $^{18}\text{F}$ , appelé radiotraceur.

La TEP s'opère en trois phases :

- l'administration, généralement par voie intraveineuse, de la molécule marquée ;
- la visualisation, en 3D, de l'activité métabolique d'un organe, grâce aux photons émis lors de l'annihilation des positons issus de la désintégration de l'isotope radioactif ;
- le suivi et la cartographie du cheminement de ce radiotraceur par détection externe.

La molécule marquée la plus utilisée actuellement en TEP (plus de neuf examens sur dix) est le **2- $^{18}\text{F}$ fluoro-2-désoxy-D-glucose** (noté **1** ci-dessous), qui sera nommé plus simplement **FDG** dans la suite. Ce composé est commercialisé depuis 1998 en France sous la forme d'un liquide incolore radioactif, non combustible et stérile.



Le **FDG** (noté **1** ci-dessus) est très similaire au **D-glucose** (noté **2** ci-dessus) représenté en projection de Fischer ci-dessus.

Le **FDG** est transporté dans les cellules, où il est transformé en **FDG-6-phosphate** (noté **3** ci-dessus), qui n'est pas métabolisé et s'accumule donc dans la cellule à une vitesse proportionnelle à celle de la captation du glucose. Sa concentration intracellulaire reflète donc directement le besoin énergétique de la cellule.

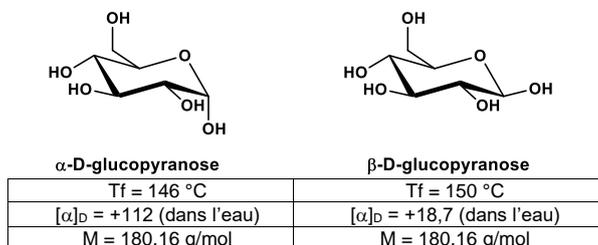
Dans le cas des cellules cancéreuses, la consommation énergétique est exacerbée lors de la prolifération, ce qui se traduit donc par une accumulation de **FDG-6-phosphate 3** dans les cellules, cette accumulation est mise en évidence par l'imagerie TEP.

### Partie A : le FDG, structure et préparation (7,5 points)

Le **FDG (1)** est un composé similaire au **D-glucose (2)**.

- A.1. Donner la signification du « D » dans **D-glucose**.
- A.2. Donner la définition d'un carbone asymétrique.
- A.3. Déterminer la configuration absolue du carbone numéroté 5 sur la représentation ci-dessus du **D-glucose (2)**. Justifier succinctement, en précisant le nom des règles utilisées.
- A.4. Le **D-glucose (2)** est un composé optiquement actif. Expliquer la signification de cette phrase. Quel appareil permettrait de vérifier cette propriété ?
- A.5. Existe-t-il un lien entre configuration absolue et pouvoir rotatoire spécifique ?

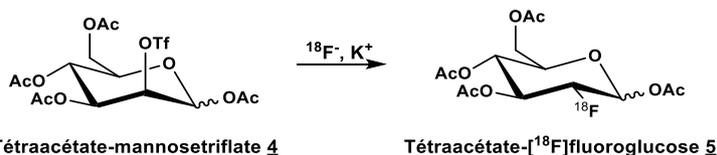
A.6. Sous sa forme fermée, cyclique, le **D-glucose** existe sous deux formes, appelées  **$\alpha$ -D-glucopyranose** et  **$\beta$ -D-glucopyranose** et représentées ci-dessous. Certaines de leurs caractéristiques physiques sont données ci-dessous.



À partir des structures et des propriétés physiques de ces deux composés, établir, en justifiant par au moins deux arguments, la relation de stéréoisomérisie qui lie le  **$\alpha$ -D-glucopyranose** et  **$\beta$ -D-glucopyranose**.

A.7. Le **FDG (1)** est obtenu en deux étapes à partir du **tétraacétate-mannose triflate** commercial (noté **4** ci-dessous).

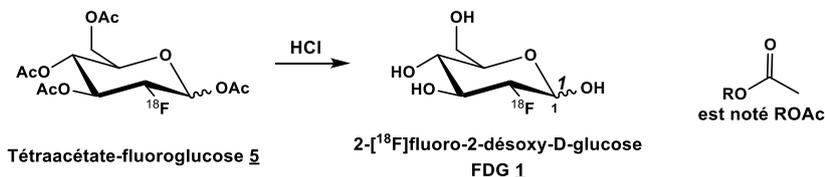
Ce composé **4** réagit avec du  $^{18}\text{F}$ fluorure de potassium ( $^{18}\text{F}^-$ ,  $\text{K}^+$ ) pour donner le **tétraacétate- $^{18}\text{F}$ fluoroglucose** (noté **5** ci-dessous)



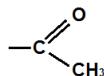
Parmi les propositions suivantes, recopier sur la copie celle qui correspond au passage du **tétraacétate-mannose triflate (4)** au **tétraacétate- $^{18}\text{F}$ fluoroglucose (5)** :

- a. substitution      b. addition      c. élimination      d. oxydation

A.8. La seconde étape est une réaction d'hydrolyse en milieu acide des quatre fonctions acétate (fonctions ester) du composé (**5**) dont le bilan est donné ci-dessous. Après purification, le composé final (le **FDG 1**) est identifié par spectroscopies infrarouge et RMN.



Le groupe acétyl, noté **-Ac**, a pour formule semi-développée :



A.8.a. En spectroscopie infrarouge (IR), est-il possible de voir si la réaction d'hydrolyse s'est produite ? Justifier succinctement, en précisant clairement les bandes analysées/utilisées.

A.8.b. En spectroscopie de RMN, déterminer la multiplicité du signal attendu pour l'hydrogène porté par le carbone noté **1** (le carbone portant le  $^{18}\text{F}$ ) sur la structure du **FDG 1**.

**Données :**

- Numéros atomiques :  $Z(\text{H}) = 1$     $Z(\text{C}) = 6$     $Z(\text{O}) = 8$     $Z(\text{F}) = 9$
- Extrait de la table de nombres d'onde pour la spectroscopie infra-rouge :

Liaison	Nombre d'onde ( $\text{cm}^{-1}$ )	Intensité
---------	------------------------------------	-----------

O-H alcool lié	3200-3400	Forte, large
C-H aldéhyde	2750-2900	moyenne
O-H acide carboxylique	2500-3200	Forte à moyenne, large
C=O anhydride	1700-1840	Forte, 2 bandes
C=O ester	1700-1740	Forte
C=O aldéhyde et cétone	1650-1730	Forte
C=O acide	1680-1710	Forte
C-O	1050-1450	Forte
C-C	1000-1250	Forte

### Partie B : décroissance radioactive du $^{18}\text{F}$ (5 points)

Dans cette partie, nous allons nous intéresser aux propriétés radioactives du **FDG 1**.

Le  $^{18}\text{F}$  est un isotope radioactif artificiel du fluor, qui se désintègre selon une radioactivité de type bêta+,  $\beta^+$ , de faible énergie (une particule  $\beta^+$  est un positon que l'on note  ${}^0_{+1}\beta$ ).

Le  $^{18}\text{F}$  possède plusieurs particularités qui le rendent particulièrement attractif pour son utilisation *in vivo*. En effet, il possède une **période radioactive**<sup>(\*)</sup> d'environ deux heures ( $t_{1/2} = 109,8$  min) et un parcours moyen dans l'eau relativement court (distance moyenne parcourue par le positon, émis lors de la désintégration radioactive, avant son annihilation grâce à un choc avec un électron).

Isotope	Période radioactive (min)	Parcours moyen dans l'eau (mm)
${}^{15}_8\text{O}$	2,07	8,20
${}^{13}_7\text{N}$	9,96	5,39
${}^{11}_6\text{C}$	20,4	4,11
${}^{18}_9\text{F}$	109,8	2,39

(\*) la **période radioactive**, notée  $t_{1/2}$ , est la durée nécessaire pour que la moitié des noyaux radioactifs se désintègrent.

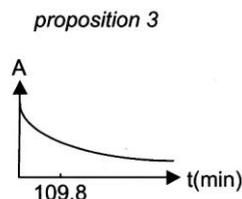
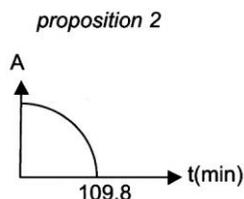
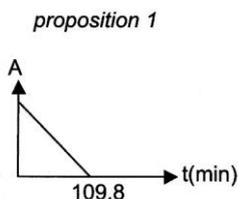
**B.1.** Expliquer le choix du  $^{18}\text{F}$  comme atome radioactif utilisé. On pourra le comparer au  $^{13}\text{N}$  par exemple. Deux arguments sont attendus.

**B.2.** Que représente le « 18 » de  $^{18}\text{F}$ .

**B.3.** Écrire la réaction de désintégration radioactive spontanée du  $^{18}\text{F}$ .

**B.4.** Le noyau produit lors de cette désintégration spontanée est stable. En quoi est-ce important pour l'analyse par TEP ?

**B.5.** Parmi les représentations graphiques suivantes, quelle est celle qui représente l'allure de l'évolution de l'activité radioactive (A) d'un échantillon de  $^{18}\text{F}$  en fonction du temps ? Recopier le numéro de la proposition correcte sur votre copie. Justifier.



**B.6.** Lors d'une analyse par TEP, on injecte au patient, au temps dit  $t_0$ , une dose de FDG marqué, correspondant à une dose radioactive de 300 MBq.

Après une analyse par TEP, le patient n'est autorisé à sortir de l'hôpital que lorsque l'activité radioactive détectée est inférieure à 1 % de l'activité injectée.

Estimer le temps au bout duquel ce patient peut quitter l'hôpital.

### Partie C : dosage du D-glucose dans le sang (7,5 points)

Pour qu'un examen TEP puisse se dérouler dans de bonnes conditions, il est demandé aux patients d'avoir une concentration en glucose dans le sang comprise entre 150 et 200 mg/L. Un patient subit donc une prise de sang juste avant son examen.

Ce dosage repose sur une méthode enzymatique avec détection spectrophotométrique.

La suite de réactions mises en jeu est la suivante (les transformations sont totales) :

- oxydation enzymatique du D-glucose ( $C_6H_{12}O_6$ ) en acide D-gluconique ( $C_6H_{12}O_7$ ) par le dioxygène ( $O_2$ ) avec formation de peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ) ;
- le peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ) formé par la première étape oxyde l'ortho-dianisidine incolore en un composé brun selon la réaction équilibrée suivante (catalysée par une peroxydase) :



C.1. Écrire l'équation-bilan de la réaction entre le D-glucose et le dioxygène.

**Données** : Couples (Ox/Red) : ( $C_6H_{12}O_7/C_6H_{12}O_6$ ) ( $O_2/H_2O_2$ )

C.2. Justifier que la concentration en composé détecté par le spectrophotomètre est égale à celle en D-glucose.

C.3. Pour effectuer ce dosage, il faut tracer une droite d'étalonnage. Pour cela on utilise trois solutions étalon de concentrations égales à 10, 20 et 40 mg/L en D-glucose.

Ces trois solutions étalon sont préparées à partir d'une solution mère de D-glucose à 500 mg/L. On prépare exactement 250 mL de chaque solution étalon.

C.3.a. Recopier le tableau ci-dessous sur votre copie et le remplir avec les volumes d'eau et de solution-mère à utiliser. Détailler le calcul de ces volumes dans le cas de la solution étalon à 10 mg/L.

Concentration de la solution étalon (mg/L)	10	20	40
Volume de solution-mère de D-glucose (mL)			
Volume d'eau distillée (mL)			

C.3.b. Quel(s) élément(s) de verrerie faut-il utiliser pour prélever la solution-mère ?

C.3.c. Proposer un protocole détaillé pour préparer ces solutions étalon.

C.4. Quatre solutions de référence et l'échantillon sont ensuite préparés selon le tableau suivant :

- Solution n° 0** : 2 mL de solution enzymatique et 2 mL d'eau distillée
- Solution n° 1** : 2 mL de solution enzymatique et 2 mL de solution de glucose à 10 mg/L
- Solution n° 2** : 2 mL de solution enzymatique et 2 mL de solution de glucose à 20 mg/L
- Solution n° 3** : 2 mL de solution enzymatique et 2 mL de solution de glucose à 40 mg/L
- Échantillon** : 2 mL de solution enzymatique et 2 mL de la solution à doser

Lorsque les cinq solutions sont prêtes, elles sont mises à incuber à 37 °C pendant 30 minutes.

Puis on mesure l'absorbance A de chacune grâce au spectrophotomètre, à 540 nm.

	Solution n° 0	Solution n° 1	Solution n° 2	Solution n° 3	Échantillon
Absorbance	0	0,089	0,235	0,497	0,193

La courbe d'étalonnage obtenue est donnée sur le **document-réponse (à rendre avec la copie)**.

C.4.a. Comment appelle-t-on généralement la solution n°0 ? Préciser son intérêt.

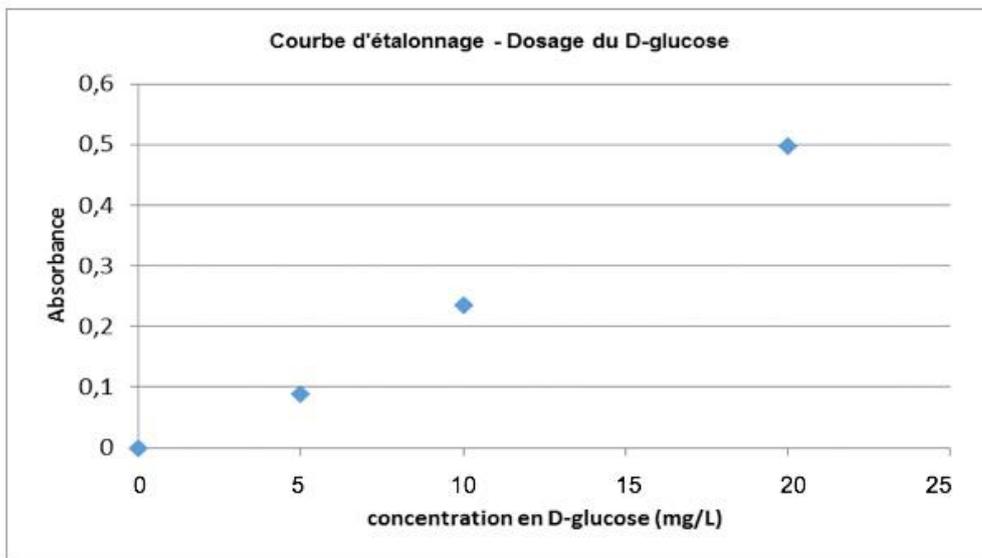
C.4.b. Déterminer la concentration en D-glucose de l'échantillon et en déduire celle de la solution à doser en détaillant clairement la démarche.

C.4.c. La solution à doser a été préparée, à partir du sang prélevé sur un patient, par une dilution au dixième.

Ce patient peut-il effectuer une analyse TEP ? Justifier clairement.

Document réponse (à rendre avec la copie)

Partie C – Droite d'étalonnage – Dosage enzymatique du D-glucose



**LE CHOCOLAT****PARTIE BIOCHIMIE (42 points)**

Afin de diversifier sa gamme de production, une entreprise souhaite adapter la formule d'un chocolat dont la composition est présentée en annexe 1. Les axes d'amélioration se concentrent sur le choix des lécithines et sur le remplacement du sucre.

**1. CARACTÉRISTIQUES NUTRITIONNELLES**

Le chocolat est un aliment énergétique pauvre en azote.

- 1.1. Justifier le qualificatif « énergétique » à l'aide de l'**annexe 1**.
- 1.2. A l'aide des informations d'étiquetage en **annexe 1**, citer au moins deux catégories de molécules apportant de l'azote dans le chocolat. Argumenter en indiquant le nom des constituants azotés élémentaires.

**2. ANALYSE COMPARATIVE DE DEUX LÉCITHINES PAR CHROMATOGRAPHIE EN PHASE GAZEUSE**

L'entreprise étudie la possibilité de remplacer la lécithine (ou phosphatidylcholine) de soja par la lécithine de colza.

- 2.1. En utilisant les données de l'**annexe 3**, écrire la formule semi-développée d'une molécule de lécithine. Repérer sur cette formule la partie hydrophile et la partie hydrophobe.

Une analyse de la composition des deux types de lécithines est réalisée de la manière suivante :

- purification de la lécithine avec élimination de toute trace de triglycérides et d'acides gras libres,
  - trans-estérification par le méthanol,
  - analyse en chromatographie en phase gazeuse (CPG) ; le principe de fonctionnement de la CPG ainsi que les chromatogrammes intégrés sont présentés en **annexe 2**.
- 2.2. À partir des caractéristiques techniques du chromatographe, indiquer la nature de la phase stationnaire puis celle de la phase mobile.
  - 2.3. À partir de la structure de deux acides gras de longueur différente, justifier l'ordre dans lequel ils sont détectés en sortie de colonne.
  - 2.4. Analyser les chromatogrammes des deux lécithines. En déduire leur composition quantitative exprimée en pourcentage.

**3. FORMULATION D'UN CHOCOLAT ALLÉGÉ EN SUCRES**

Afin de développer de nouveaux produits à destination des diabétiques, l'entreprise envisage de remplacer le saccharose par un édulcorant. Deux possibilités de remplacement sont envisagées : le maltitol et le D-tagatose.

La forme prédominante du D-tagatose est la forme alpha-D-tagatopyranose.

- 3.1. Représenter le D-tagatose en représentation de Fischer sachant que le tagatose est l'épimère en C<sub>4</sub> du fructose. Expliquer comment se réalise la cyclisation du tagatose sous forme pyranose et représenter la formule en représentation de Haworth de l'alpha-D-tagatopyranose.

Le maltitol est un polyol résultant de la transformation du maltose en une seule étape.

- 3.2. Ecrire la formule cyclique en représentation de Haworth du maltose ( $\alpha$ -D-Glcp1 $\rightarrow$ 4-D-Glcp).
- Repérer sur la formule le groupement réducteur et le nommer. Préciser le type de réaction chimique permettant la transformation du maltose en maltitol.
- 3.3. Indiquer la quantité d'édulcorant à incorporer dans 1 kg de chocolat en lieu et place du saccharose qui permette de préserver la même intensité du goût sucré.

**Données :**

pouvoir sucrant (PS) des deux édulcorants : voisin de 0,85

PS<sub>saccharose</sub> = 1

La molécule de maltitol est susceptible d'être hydrolysée en une molécule de glucose et une molécule de sorbitol.

3.4. Expliquer en quoi consiste une réaction d'hydrolyse. En déduire l'équation bilan de la réaction.

3.5. A partir des éléments fournis en annexe 4, déterminer le nombre de molécules d'ATP produites par molécule de saccharose. Argumenter la réponse.

Le sorbitol cytosolique est converti en fructose en présence de sorbitol déshydrogénase (SDH) selon la réaction suivante : sorbitol + NAD<sup>+</sup> → fructose + NADH, H<sup>+</sup>.

3.6. Le nombre de molécules d'ATP produites à partir du maltitol est de 61,5. Retrouver cette valeur à l'aide de l'annexe 4. Comparer les bilans énergétiques de l'oxydation totale du saccharose et du maltitol.

Le diabète est un état pathologique caractérisé par une moindre capacité de l'organisme à réguler la glycémie. Le passage des substances glucidiques dans le sang suite à un repas riche en sucres engendre un pic glycémique qui nécessite une réponse rapide et ajustée sous forme de sécrétion d'insuline.

3.7. A partir de l'annexe 5, argumenter le choix de l'édulcorant pour un chocolat destiné à des consommateurs diabétiques.

## **PARTIE TOXICOLOGIE (18 points)**

Le cacao contient 2,3 % de théobromine, alcaloïde à noyau purique. La théobromine est métabolisée par le foie en paraxanthine et en théophylline (formules présentées en annexe 6).

### **1. ÉTUDE DE LA TOXICITÉ AIGUË**

La DL50 de la théobromine a été déterminée chez le chien. La valeur obtenue est de 300 mg.kg<sup>-1</sup> de masse corporelle pour une administration par voie orale.

- 1.1. Définir la DL50 et expliquer sa détermination.
- 1.2. Calculer la quantité de théobromine à administrer pour obtenir la DL50 chez un animal de 20 kg.
- 1.3. En déduire la quantité de théobromine contenue dans un chocolat à 70 % de cacao.
- 1.4. Calculer la quantité de chocolat noir à 70 % de cacao à administrer à l'animal dans les conditions de l'étude, afin d'atteindre le DL50.

### **2. ÉTUDE DE LA CINÉTIQUE D'ÉLIMINATION**

Le laboratoire procède à l'intoxication expérimentale par voie sanguine d'un chien. La théobromine est ensuite dosée dans le sérum toutes les quatre heures. Les résultats sont reportés dans le tableau et le graphique de l'annexe 7.

- 2.1. Déterminer graphiquement le t<sub>1/2</sub> (temps nécessaire pour que la concentration sérique baisse de moitié). Détailler la démarche mise en œuvre.
- 2.2. En déduire la valeur C<sub>0</sub> (concentration sérique en théobromine au temps t = 0 heure).

### **3. MÉTABOLISATION DE LA THÉOBROMINE**

Dans le foie, la théobromine est métabolisée en paraxanthine et en théophylline en présence d'une enzyme de la famille des transférases.

- 3.1. À partir des formules données en annexe 6, expliquer les réactions impliquées dans les transformations de la théobromine. Préciser le type d'enzyme catalysant ces réactions.
- 3.2. Localiser le compartiment cellulaire où se déroulent ces réactions.
- 3.3. Nommer le type de métabolisme auquel appartient cette réaction. Préciser le(s) but(s) de ce métabolisme.

### **4. EXCRÉTION DE LA THÉOBROMINE ET DE SES MÉTABOLITES**

L'excrétion est réalisée par le rein à 85 % sous forme de paraxanthine et à 5 % sous forme de théophylline. Les 10 % restants correspondent à de la théobromine non métabolisée.

- 4.1. Détailler les différentes étapes de la phase toxico-cinétique.
- 4.2. Citer deux autres voies d'excrétion possibles des métabolites toxiques, en précisant pour chacune les propriétés physico-chimiques des toxiques concernés.

## **PARTIE MICROBIOLOGIE (40 points)**

### **1. IDENTIFICATION D'UN CONTAMINANT DE CHOCOLATS FOURRÉS AUX FRUITS**

Quelques jours après leur fabrication, pendant leur stockage à 13 °C, des chocolats fourrés d'une ganache aux fruits éclatent.

## 1.1. Recherche de contaminants

La recherche aboutit à l'identification d'une levure : *Rhodotorula mucilaginosa*.

- 1.1.1. Citer les grandes différences entre cellules eucaryotes et procaryotes.
- 1.1.2. Argumenter si *Rhodotorula mucilaginosa* est un organisme eucaryote ou procaryote.

## 1.2. Identification de la levure

L'identification se fait à l'aide la galerie API® C AUX basée sur le principe de l'auxanogramme. Dix-neuf substrats déshydratés présents au fond des différentes cupules sont solubilisés à l'aide d'une suspension microbienne réalisée en milieu ApiC Medium. Les compositions des cupules et du milieu sont présentées dans l'**annexe 8**.

- 1.2.1. A partir de sa composition, définir le type du milieu utilisé.
- 1.2.2. Définir le terme facteur de croissance.
- 1.2.3. Retrouver dans les compositions, en **annexe 8**, les différentes catégories biochimiques des facteurs de croissance.
- 1.2.4. Donner l'aspect d'un résultat positif lu sur la galerie API® C AUX, puis expliquer le rôle de la cupule 0.
- 1.2.5. A l'aide de l'**annexe 8**, expliquer le principe de la recherche de l'auxanogramme.

## 2. RECHERCHE DE LA SOURCE DE CONTAMINATION

Des recherches sont entreprises pour déterminer l'origine de la levure étudiée.

### 2.1. Vérification de la surface de travail

*Rhodotorula mucilaginosa* étant une levure capable de former un biofilm, un dénombrement à l'aide d'une gélose contact « levures-moisissures » est réalisé sur la surface de fabrication des chocolats, avant et après l'étape de nettoyage-désinfection. Aucune levure n'est retrouvée sur le plan de travail lors de cette analyse.

- 2.1.1. Expliquer la différence entre le nettoyage et la désinfection.
- 2.1.2. L'**annexe 9** donne la composition de la gélose contact utilisée.

Expliquer l'intérêt des agents neutralisants dans la gélose.

- 2.1.3. Définir ce qu'est un biofilm.

### 2.2. Analyse des caractéristiques du produit

Afin de vérifier la possibilité de croissance de la levure dans le chocolat, l' $A_w$  et le pH de l'intérieur et l'extérieur du chocolat ont été mesurés. Les valeurs obtenues sont présentées dans l'**annexe 10**.

- 2.2.1. Définir « l' $A_w$  ».
- 2.2.2. Expliquer, à l'aide de l'**annexe 10**, dans quelle partie du chocolat les levures peuvent se développer.

## 3. ÉTUDE DES CARACTÉRISTIQUES DE CROISSANCE DE RHODOTORULA MUCILAGINOSA

La croissance de *Rhodotorula mucilaginosa* a été testée à différentes températures et différents pH.

- 3.1. Les temps de génération calculés pour chaque température sont présentés dans document 1 de l'**annexe 11**.
  - 3.1.1. Définir le temps de génération.
  - 3.1.2. Utiliser l'**annexe 11** pour déterminer la température optimale de croissance de *Rhodotorula mucilaginosa*. Justifier la réponse.
- 3.2. Délimiter, nommer puis indiquer les significations physiologiques des différentes phases de *Rhodotorula mucilaginosa* à pH = 5 présentée dans le document 2 de l'**annexe 11**.
- 3.3. A partir de la courbe de croissance de *Rhodotorula mucilaginosa* à pH = 5, déterminer graphiquement le temps de génération. Vérifier la valeur obtenue par le calcul.
- 3.4. Commenter l'évolution de la population de levures en fonction des différents pH. Qualifier les levures par rapport à ce paramètre.

## 4. AMÉLIORATION DU PROCÉDÉ DE FABRICATION

Après fabrication, les chocolats sont refroidis dans un tunnel de refroidissement à 15 °C et la température à l'intérieur du bonbon est alors proche de la température de 20 °C.

- 4.1. Une amélioration possible consiste à abaisser la température du tunnel de 5 °C. Expliquer l'effet de cet abaissement de la température sur la population microbienne.

4.2. Une autre amélioration consiste à utiliser une purée de fruits pasteurisée.

4.2.1. Définir la pasteurisation.

4.2.2. Présenter deux autres techniques permettant d'assurer la qualité microbiologique de la purée de fruits.

## ANNEXE 1 INFORMATIONS D'ÉTIQUETAGE D'UN CHOCOLAT

### CHOCOLAT AU LAIT

Ingrédients : sucre (55 %), pâte de cacao, lait entier en poudre, beurre de cacao, lactosérum en poudre, émulsifiant : lécithine de soja, cacao en poudre fortement dégraissé, arômes, beurre concentré.

*Donnée* : lécithine = phosphatidylcholine

## ANNEXE 2

### ANALYSE DU CONTENU DES LECITHINES PAR CHROMATOGRAPHIE EN PHASE GAZEUSE

La CPG est réalisée à l'aide d'une colonne capillaire à base de silice apolaire  $\text{SiO}_2$ . L'échantillon analysé est injecté et chauffé à l'entrée de colonne en présence du gaz vecteur hélium. Un détecteur à ionisation de flamme en sortie de colonne permet d'identifier les substances séparées en déterminant la durée de rétention dans la colonne capillaire.

La durée de rétention est d'autant plus élevée que la chaîne carbonée d'un acide gras donné est longue. Cette durée est légèrement augmentée pour chaque insaturation présente sur la chaîne carbonée.

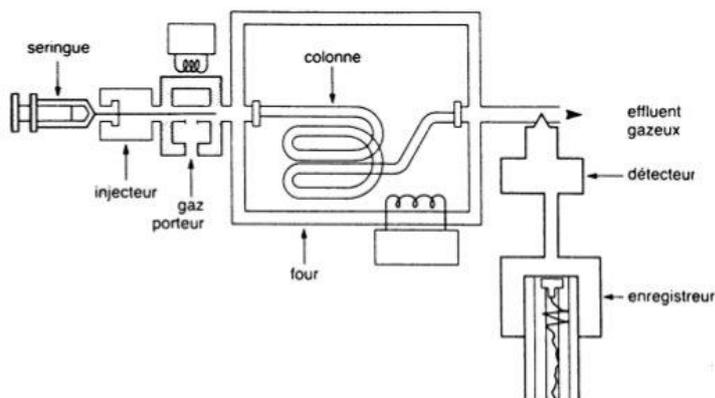


Schéma de principe d'un chromatographe à gaz

Le dispositif permet d'obtenir un chromatogramme constitué de pics répartis le long d'un axe temporel. Chaque pic résolu correspond à une substance pure.

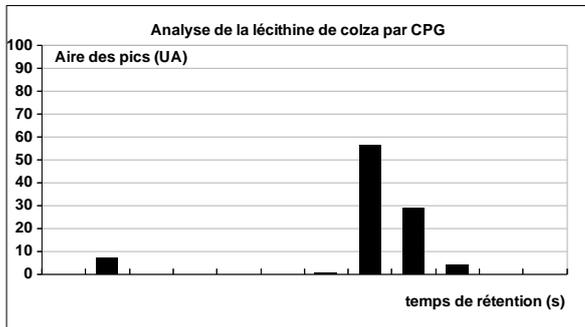
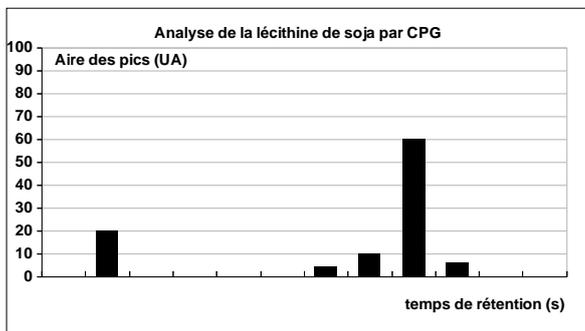
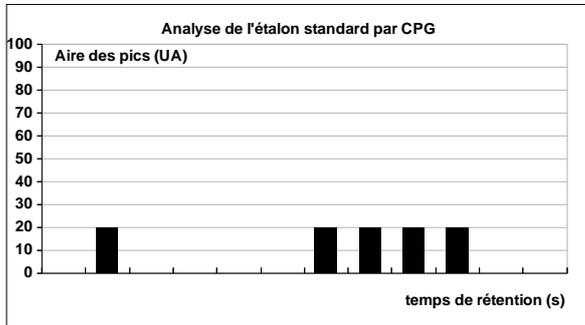
La surface d'un pic donné est proportionnelle à la quantité de la substance pure correspondante injectée parmi l'ensemble des substances constituant l'échantillon.

Trois chromatogrammes ont été obtenus :

1. Étalon standard (composition précisée ci-dessous) – chromatogramme de calibration,
2. Lécithine de soja,
3. Lécithine de colza.

Ces trois chromatogrammes ont fait l'objet d'un traitement intégrateur consistant à évaluer les aires de chacun des pics obtenus. On obtient ainsi les représentations en histogramme ci-dessous. Les échelles sont identiques pour les trois chromatogrammes intégrés.

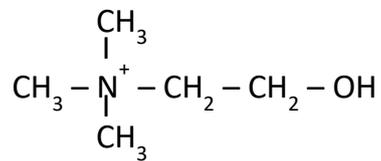
Composition de l'étalon standard : mélange équimassique d'acide palmitique  $\text{C}_{16:0}$ , d'acide stéarique  $\text{C}_{18:0}$ , d'acide oléique  $\text{C}_{18:1}$ , d'acide linoléique  $\text{C}_{18:2}$  et d'acide linoléique  $\text{C}_{18:3}$ .



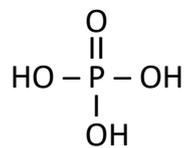
### ANNEXE 3

#### Formules des différents constituants d'une lécithine

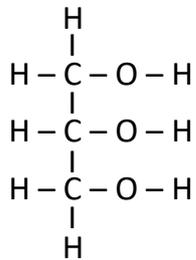
Choline :



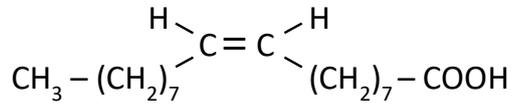
Acide phosphorique :



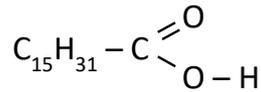
Glycérol :



Acide oléique :



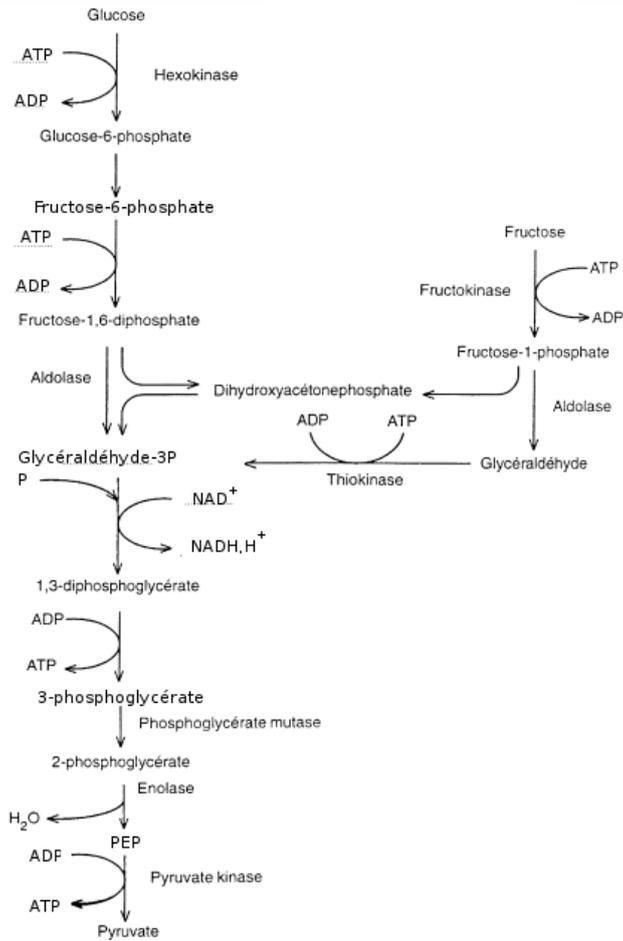
Acide palmitique :



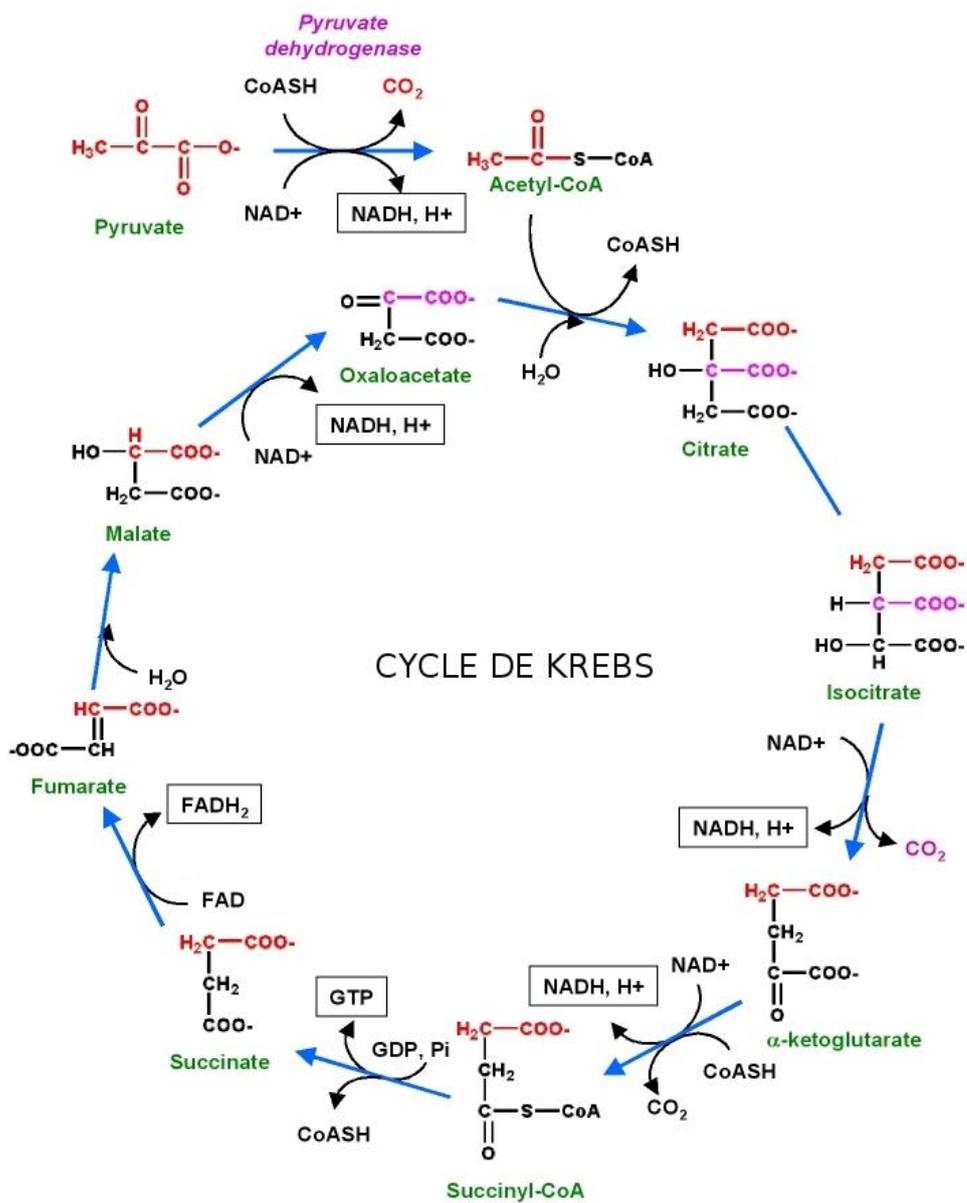
## ANNEXE 4

### Métabolisme des glucides

Document 4.1 : Alimentation de la glycolyse cytosolique par le glucose et le fructose



Document 4.2 : Décarboxylation oxydative du pyruvate et cycle de Krebs



Rapports P/O :

Le  $\text{NADH, H}^+$  produit par le cycle de Krebs permet la synthèse 2,5 ATP.

Le  $\text{NADH, H}^+$  produit dans le cytosol permet la synthèse 1,5 ATP.

Le  $\text{FADH}_2$  permet la synthèse 1,5 ATP.

## ANNEXE 5

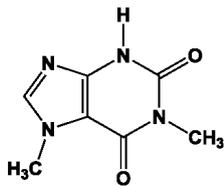
### L'index glycémique

L'index glycémique mesure la rapidité d'assimilation par l'organisme de la substance sucrée ingérée. Il a été décidé que le glucose servirait de base et aurait un index glycémique de 100. Un édulcorant ayant un chiffre inférieur est assimilé plus lentement par l'organisme. Si l'index est supérieur, l'édulcorant est assimilé plus rapidement que le glucose.

Substance sucrée	Index glycémique
fructose	23
glucose	100
maltitol	30
maltose	105
saccharose	65
sorbitol	9
extraits de <i>Stevia</i>	0
D-tagatose	<1

## ANNEXE 6

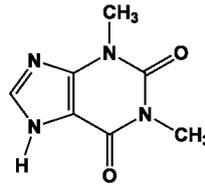
### Formules de la théobromine et de ses métabolites



Paraxanthine



Théobromine

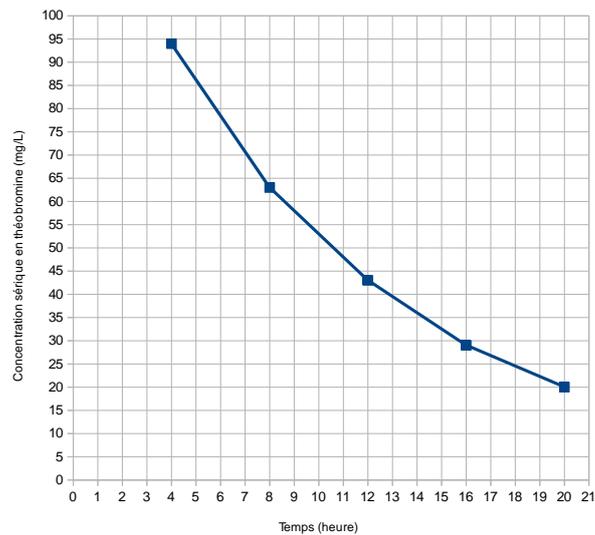


Théophylline

## ANNEXE 7

### Dosage de la théobromine sérique

Temps (heures)	$\rho$ (mg/L)
4	94
8	63
12	43
16	29
20	20



## ANNEXE 8

### Extrait de la fiche technique de la galerie API® C AUX

La composition de la galerie API 20 C AUX est reportée dans la liste des tests ci-dessous :

TESTS	SUBSTRATS	QTE (mg/cup.)
0	Aucun	-
GLU	D-GLUcose	1,2
GLY	GLYcérol	1,2
2KG	Calcium 2-céto-Gluconate	1,2
ARA	L-ARAbinose	1,2
XYL	D-XYLose	1,2
ADO	ADOnitol	1,2
XLT	XyLiTol	1,2
GAL	D-GALactose	1,9
INO	INOsitol	2,36
SOR	D-SORbitol	1,2
MDG	Méthyl-αD-Glucopyranoside	1,2
NAG	N-Acétyle-Glucosamine	1,2
CEL	D-CELlobiose	1,2
LAC	D-LACtose (origine bovine)	1,2
MAL	D-MALtose	1,2
SAC	D-SACcharose	1,2
TRE	D-TREhalose	1,2
MLZ	D-MéLéZitose	1,2
RAF	D-RAFfinose	1,9

#### Milieu

<b>API C</b>	Sulfate d'ammonium	5 g
<b>Medium</b>	Phosphate monopotassique	0,31 g
7 mL	Phosphate dipotassique	0,45 g
	Phosphate disodique	0,92 g
	Chlorure de sodium	0,1 g
	Chlorure de calcium	0,05 g
	Sulfate de magnésium	0,2 g
	L-Histidine	0,005 g
	L-Tryptophane	0,02 g
	L-Méthionine	0,02 g
	Agent gélifiant	0,5 g
	Solution de vitamines	1 mL
	Solution d'oligo-éléments	10 mL
	Eau déminéralisée	qsp 1000 mL
	pH final : 6,4-6,8 (à 20-25°C)	

Bien que contenant de l'agent gélifiant, **API C Medium ne nécessite pas de fusion préalable** et se pipette aussi bien qu'un milieu liquide. Il est préférable, afin de ramener les milieux à température ambiante, de sortir les ampoules du réfrigérateur quelques heures avant utilisation. **Ne pas agiter.**

## ANNEXE 9

### Composition de la gélose contact Levure-moisissure

Ingrédients en grammes pour un litre d'eau distillée ou déminéralisée

Peptone de viande	5,00
Peptone de caséine	5,00
Glucose monohydraté	40,00
Thiosulfate de sodium *	0,60
Lécithine de soja*	0,30
Tween® 80 *	2,50
Histidine, HCL *	0,10
Agar	17,0

pH final à 25 °C : 5,7 ± 0,2

\* : agents neutralisants

## ANNEXE 10

### Aw et pH des parties du chocolat fourré ganache

	Intérieur : Ganache aux fruits *	Extérieur : Coque de chocolat noir
Aw	0,86	0,30
pH	4,5	6,5

\* La ganache est composée de purée de fruits, de beurre et de chocolat.

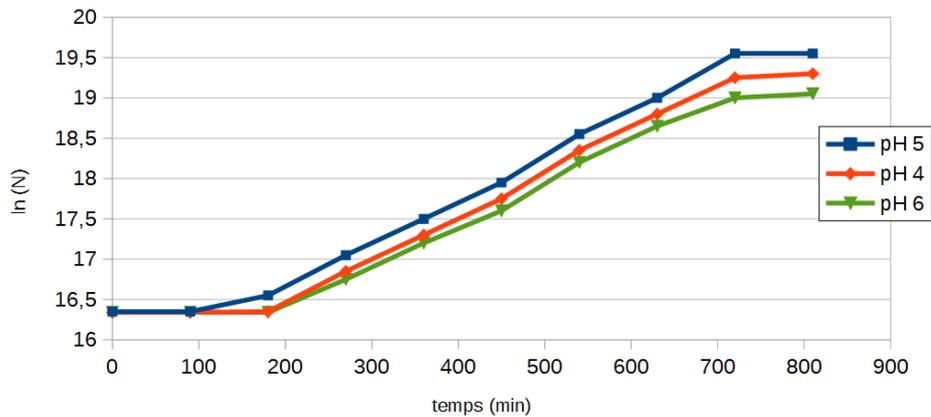
## ANNEXE 11

### Caractéristiques de croissance de *Rhodotorula mucilaginosa*

Document 1 : Temps de génération de *Rhodotorula mucilaginosa* en fonction de la température du milieu

Température de croissance (°C)	Temps de génération (h)
10	Pas de croissance
20	2,69
25	2,27
30	2,02
35	2,30
38	Pas de croissance

Document 2 : Croissance de *Rhodotorula mucilaginosa* en fonction du pH du milieu



## TRANSFORMATION ET VALORISATION DE POISSON

Une usine transforme des poissons en filets crus surgelés et filets cuits sous vide prêts à être consommés. Elle valorise ses coproduits en fabriquant des bâtonnets de poisson pané (cf. **annexe 1**). Elle prépare également de la mayonnaise (cf. **annexe 2**).

### SCIENCES DES ALIMENTS (50 points)

#### 1. POISSON (13 points)

Le poisson a été congelé avant rigidité cadavérique.

- 1.1. Présenter les différentes phases qui conduisent à la mise en place de la *rigor mortis* après la mort de l'animal.
- 1.2. Expliquer pourquoi la chair du poisson est particulièrement tendre et sensible aux altérations.
- 1.3. Citer deux contrôles sensoriels qui permettent d'évaluer l'état de fraîcheur d'un poisson frais entier.
- 1.4. Justifier les conditions de cuisson indiquées dans l'**annexe 1**.
- 1.5. Les filets crus sont givrés (cf. **annexe 1**) afin de former une pellicule de glace à la surface du produit. Expliquer le rôle de cette étape.

Certains poissons se caractérisent par leur plus grande richesse en lipide que d'autres.

- 1.6. Indiquer deux caractéristiques nutritionnelles des lipides de la plupart des poissons.
- 1.7. Le poisson, même congelé, est un produit particulièrement sensible à l'oxydation. Argumenter cette caractéristique et préciser les principales modifications organoleptiques qui en découlent.
- 1.8. Expliquer pourquoi le poisson cuit est plus sensible à l'oxydation que le poisson frais.

#### 2. PANURE (5 points)

L'industriel produit deux panures pour ses bâtonnets au poisson. Pour cela, il utilise soit de la farine de blé de type 45, soit de la farine de maïs.

- 2.1. Expliquer ce que signifie le terme « type » (type 45) pour qualifier une farine.
- 2.2. Nommer les deux principales protéines présentes dans la farine de blé et indiquer leur rôle.
- 2.3. D'un point de vue biochimique, comparer les deux farines utilisées pour les panures. Justifier le choix de ces farines.
- 2.4. Donner deux contraintes industrielles qui résultent de la fabrication de ces deux panures.

#### 3. ADDITIFS (7 points)

La recette de préparation des bâtonnets au poisson et des filets, comprend l'utilisation d'additifs. Ces derniers sont listés en **annexe 1**.

- 3.1. Définir les notions d'ingrédient et d'additif. Lister les additifs ajoutés dans la fabrication des bâtonnets au poisson, sans considérer la panure.
- 3.2. Donner un rôle à chacun des additifs de la recette des bâtonnets au poisson.
- 3.3. Indiquer les rôles des polyphosphates ajoutés lors de la fabrication des filets de poisson.

#### 4. CONDITIONNEMENT ET ÉTIQUETAGE (7 points)

Les produits alimentaires ont l'obligation de comporter un étiquetage adapté.

- 4.1. Citer cinq mentions obligatoires à faire figurer sur les emballages de ces produits en plus de la liste des ingrédients.
- 4.2. Les bâtonnets sont dénommés "Bâtonnets au poisson" et non "Bâtonnets de poisson". Justifier cette appellation. Comme le montre l'**annexe 1**, l'industriel conditionne différemment ces trois produits finis.
- 4.3. Argumenter pour chaque produit le mode de conditionnement utilisé.

4.4. Préciser le type de date de péremption apposée sur les trois produits fabriqués. Justifier la réponse.

## 5. ŒUFS ET OVOPRODUITS (10 points)

La fabrication de la mayonnaise s'effectue à base d'ovoproduits (cf. **annexe 2**).

5.1. Définir l'appellation « ovoproduit ». Citer deux exemples d'ovoproduits.

5.2. Présenter deux intérêts pour les industriels d'utiliser des ovoproduits à la place d'œufs frais. Argumenter la réponse.

5.3. L'œuf peut être une source de contamination microbiologique. Citer le genre bactérien qui pouvant être à l'origine d'un problème sanitaire lié à la consommation d'œuf.

5.4. Énoncer quatre propriétés fonctionnelles de l'œuf en agroalimentaire en les associant aux parties de l'œuf concernées. Justifier l'utilisation des ovoproduits dans la fabrication des bâtonnets au poisson et de la mayonnaise.

5.5. Citer et expliquer les deux principales méthodes de contrôle, officielle et industrielle, permettant d'évaluer l'état de fraîcheur d'un œuf coquille.

## 6. MAYONNAISE (8 points)

Un diagramme de fabrication de la mayonnaise est présenté en **annexe 2**.

6.1. La phosphatidylcholine, principale molécule du jaune d'œuf, intervient dans la préparation de la mayonnaise. Préciser son nom commun, la classe de biomolécule à laquelle elle appartient et son rôle.

6.2. La mayonnaise est une émulsion de type H/L. Réaliser un schéma annoté de cette émulsion.

6.3. Expliquer l'origine de la gomme xanthane et son rôle dans la mayonnaise.

6.4. Après les avoir identifiés, justifier la présence de deux antioxydants de la mayonnaise industrielle.

6.5. Pour la mayonnaise, des huiles neutres, raffinées, très insaturées sont utilisées afin d'éviter tout problème de cristallisation qui déstabiliserait l'émulsion. Citer deux huiles végétales particulièrement riches en acides gras insaturés.

6.6. Nommer trois opérations unitaires effectuées lors du raffinage des huiles.

# GÉNIE INDUSTRIEL (50 points)

## 1. PASTEURISATION DE LA MAYONNAISE (18 points)

### 1.1. Choix de la méthode de pasteurisation

La mayonnaise est pasteurisée à température relativement basse. Argumenter les conditions de pasteurisation choisies.

### 1.2. Principe du contre-courant

Un pasteurisateur à contre-courant est utilisé.

Présenter un schéma de principe de pasteurisation à contre-courant. Expliquer brièvement sa logique fonctionnelle pour argumenter son intérêt pour un industriel.

### 1.3. Paramètres de pasteurisation

Le pasteurisateur est schématisé en **annexe A**. La mayonnaise injectée à 4 °C est pasteurisée à 65°C et ressort à 4 °C. Le fluide chauffant est de l'eau chaude à 75 °C ; le fluide réfrigérant est de l'eau glacée à 0 °C.

1.3.1. Compléter l'**annexe A** (repères 2 à 10 et sens de circulation du produit) sachant que le produit entre au point 1.

1.3.2. La pasteurisation étant réalisée à basse température, la durée de chambrage à 65 °C est la seule efficace dans le traitement. Calculer la durée de pasteurisation nécessaire à 65 °C.

1.3.3. Calculer le débit volumique maximal de la mayonnaise pour une pasteurisation suffisante en admettant que le temps de chambrage soit de 190 secondes.

1.3.4. Calculer la puissance totale nécessaire au chauffage de la mayonnaise.

1.3.5. Dans la zone de préchauffage – prérefroidissement, le taux de récupération d'énergie est de 95% de la puissance totale. Calculer la température d'entrée de la mayonnaise dans la section de chauffage et celle dans la section de refroidissement.

1.3.6. Calculer la température de sortie de l'eau chaude sachant que son débit est de 2 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> en admettant que le débit de mayonnaise est de 1,5 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> et que sa température de sortie de la section de préchauffage est de 62 °C.

**Données :**

Barème de référence :  $T^* = 70\text{ °C}$  ;  $t^* = 1\text{ min}$

Facteur de thermorésistance :  $z = 6,3\text{ °C}$

Valeur pasteurisatrice :  $P_{70}^{6,3} = 0,5$

Dimensions du chambreur :  $L = 2,5\text{ m}$  et  $d = 20\text{ cm}$

Volume d'un cylindre :  $V = \pi \cdot r^2 \cdot L$

Chaleur spécifique :  $C_p(\text{eau}) = 4180\text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  ;  $C_p(\text{mayonnaise}) = 3800\text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Masse volumique :  $\rho(\text{eau chaude}) = 998\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  ;  $\rho(\text{mayonnaise}) = 950\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Puissance thermique :  $P = q_m \cdot C_p \cdot (T_{\text{entrée}} - T_{\text{sortie}})$  avec  $q_m$  débit massique du fluide et  $T$  température

## 2. IONISATION DES HERBES AROMATIQUES ET DES ÉPICES (6 points)

- 2.1. Les épices et les herbes aromatiques subissent un traitement ionisant. Justifier le choix de ce procédé.
- 2.2. Préciser une autre finalité possible du traitement ionisant en industrie alimentaire.
- 2.3. Indiquer les sources de rayonnements pouvant être utilisées dans le procédé. Citer une précaution adoptée afin de protéger les opérateurs.
- 2.4. Préciser les effets de ces rayonnements sur les cellules.

## 3. SÉCHAGE DU BLANC D'ŒUF (18 points)

La poudre de blanc d'œuf a été produite par atomisation (procédé spray) afin de limiter la dénaturation du blanc d'œuf. Il est essentiel de ne pas dépasser la température de  $55\text{ °C}$  lors du séchage. Ce dernier s'effectue donc en deux étapes successives : le blanc d'œuf subit un premier séchage par atomisation qui l'amène à une teneur en eau de  $10\%$  et une  $a_w$  de l'ordre de  $0,4$  ; il subit ensuite un deuxième séchage qui amène la teneur en eau de  $3\%$  et l' $a_w$  à  $0,2$  grâce à de l'air à  $55\text{ °C}$  et à  $5\%$  d'humidité relative.

### 3.1. Technologies

3.1.1. Annoter le schéma de l'annexe B où sont présentées les entrées et les sorties (de 1 à 7) et les matériels (de 8 à 11).

3.1.2. Différentes techniques peuvent être utilisées pour la pulvérisation. Nommer et décrire deux techniques de pulvérisation.

### 3.2. Air de séchage et débit de produit

3.2.1. Placer sur l'annexe C les points correspondants aux différents types d'airs.

3.2.2. Établir un tableau de synthèse des caractéristiques des différents airs de l'atomiseur (humidité relative, humidité absolue, température, enthalpie).

3.2.3. La puissance du réchauffeur d'air est de  $100\text{ kW}$ . Calculer le débit massique d'air disponible dans les conditions d'utilisation.

3.2.4. Le blanc d'œuf a un taux de matière sèche initial en entrée de tour de  $10\%$  et la poudre d'œuf présente une teneur en eau de  $10\%$ . Considérant un débit d'air sec de  $2900\text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ , calculer le débit d'eau évaporée.

3.2.5. A partir du résultat précédent, calculer le débit horaire maximal de blanc d'œuf en entrée de tour.

**Données :**

Air ambiant :  $T_{\text{ae}} = 20\text{ °C}$  ;  $W_{\text{ae}} = 70\%$

Air chaud :  $T_{\text{ac}} = 140\text{ °C}$

Air sortant de la tour d'atomisation :  $W_{\text{as}} = 15\%$

### 3.3. Températures du produit

3.3.1. Déterminer, à l'aide de l'annexe C, la température du produit dans la tour d'atomisation.

3.3.2. Indiquer vers quelle limite tend la température de la poudre de blanc d'œuf dans le deuxième sécheur.

## 4. ÉPURATION DES EAUX USÉES (5 points)

Les entreprises doivent gérer le traitement de leurs eaux usées.

### 4.1. Prétraitements

Avant d'être envoyées dans les bassins de traitement, par lagunage ou par boues activées, les eaux sont prétraitées. Présenter deux prétraitements réalisés. Préciser pour chacun leur fonction et leur intérêt.

#### **4.2. Boues activées**

L'entreprise a opté pour une station d'épuration à boues activées. Expliquer, à l'aide d'un schéma, le principe de ce système d'épuration.

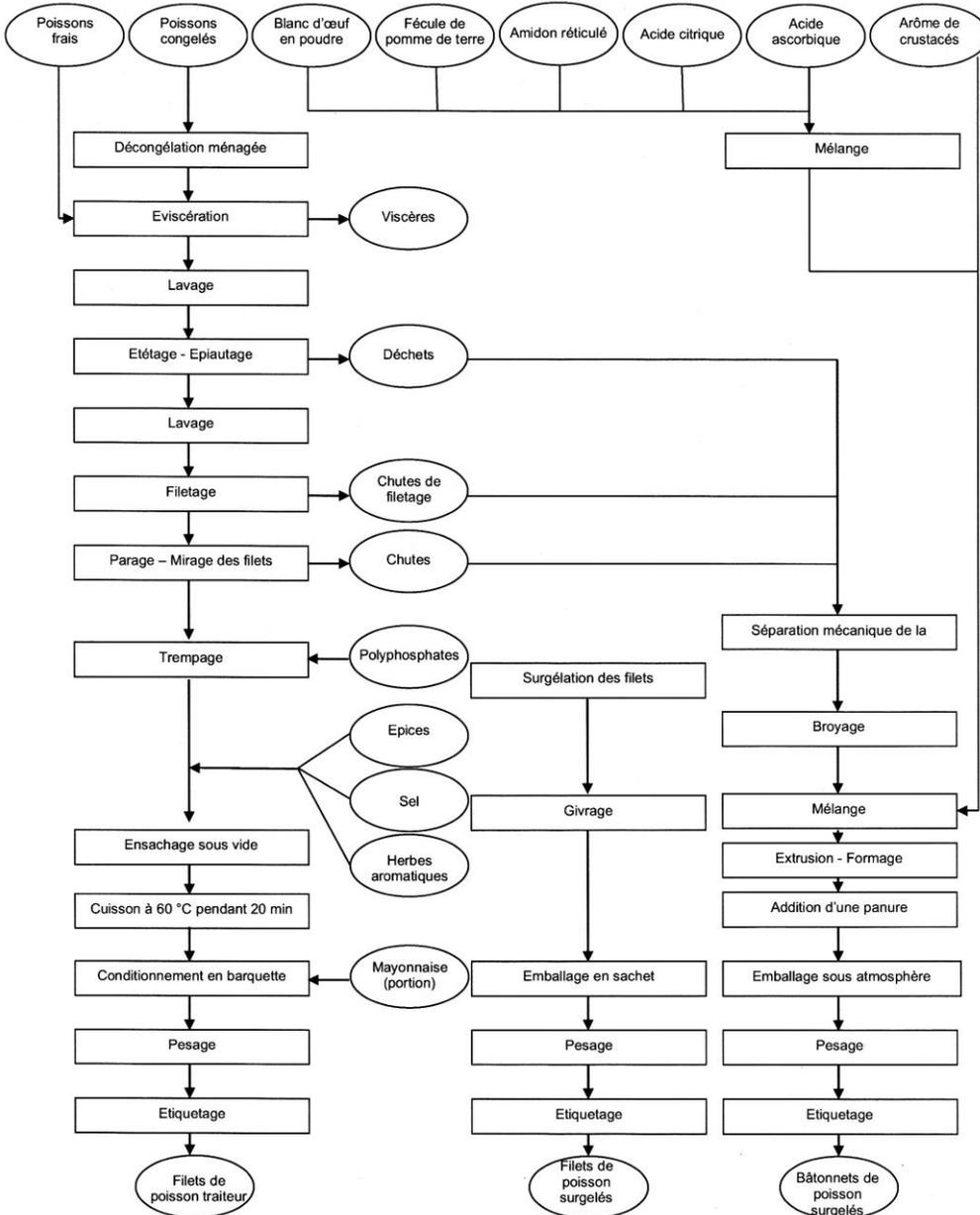
#### **5. EMBALLAGE DES PRODUITS (3 points)**

Citer les qualités générales et spécifiques des films plastiques utilisés pour le conditionnement :

- emballage sous atmosphère inerte des bâtonnets au poisson surgelé,
- emballage sous vide avant cuisson des filets de poisson traiteur,
- emballage des filets de poisson surgelés.

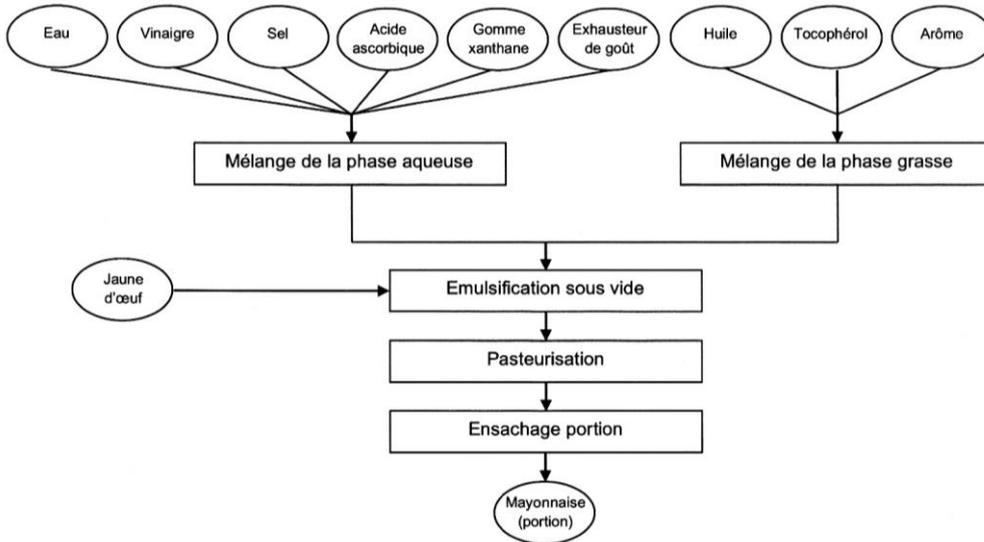
# ANNEXE 1

Diagramme de transformation du poisson



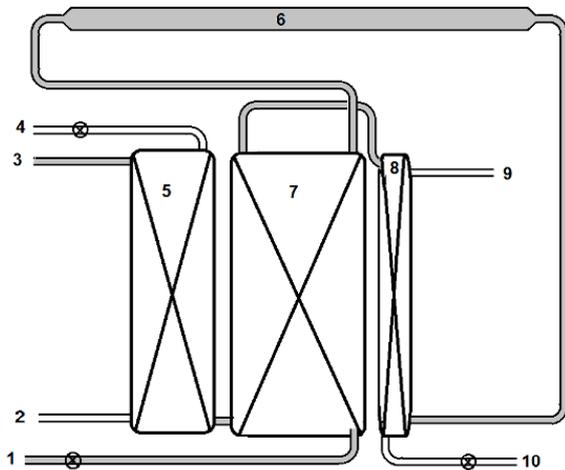
## ANNEXE 2

### DIAGRAMME DE FABRICATION DE LA MAYONNAISE



## ANNEXE A : À COMPLÉTER ET À REMETTRE AVEC LA COPIE

### SCHÉMA DU PASTEURISATEUR



1 : entrée du produit

2 :

3 :

4 :

5 :

6 :

7 :

8 :

9 :

10 :

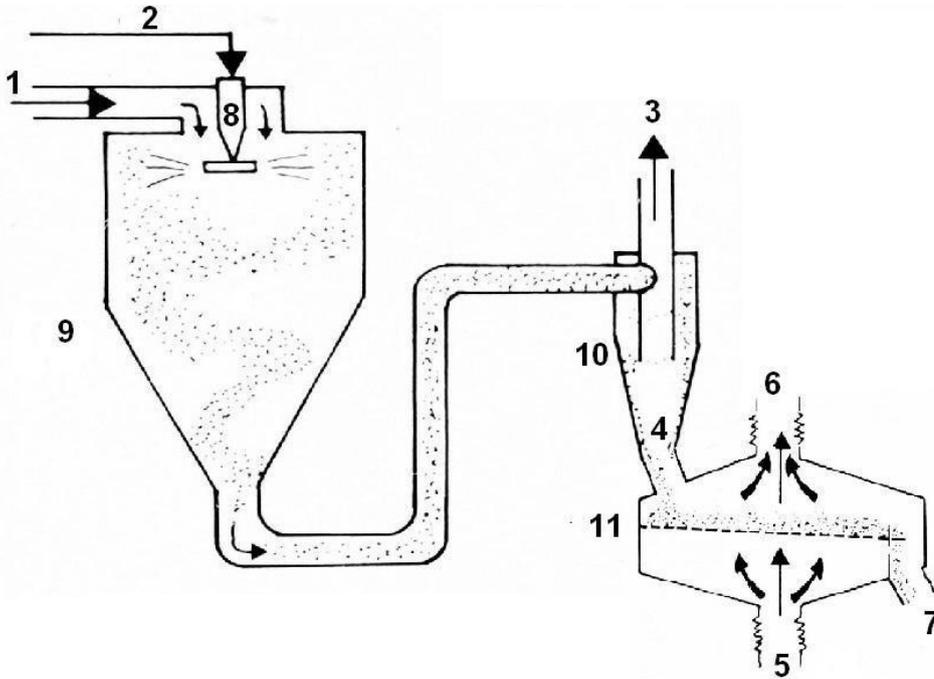
Mis en forme : Police : Non Gras

Mis en forme : Police : Non Gras

**ANNEXE B : À COMPLÉTER ET À REMETTRE AVEC LA COPIE**

Mis en forme : Police :Non Gras

**SCHÉMA DES MATÉRIELS DE SECHAGE DU BLANC D'ŒUF**



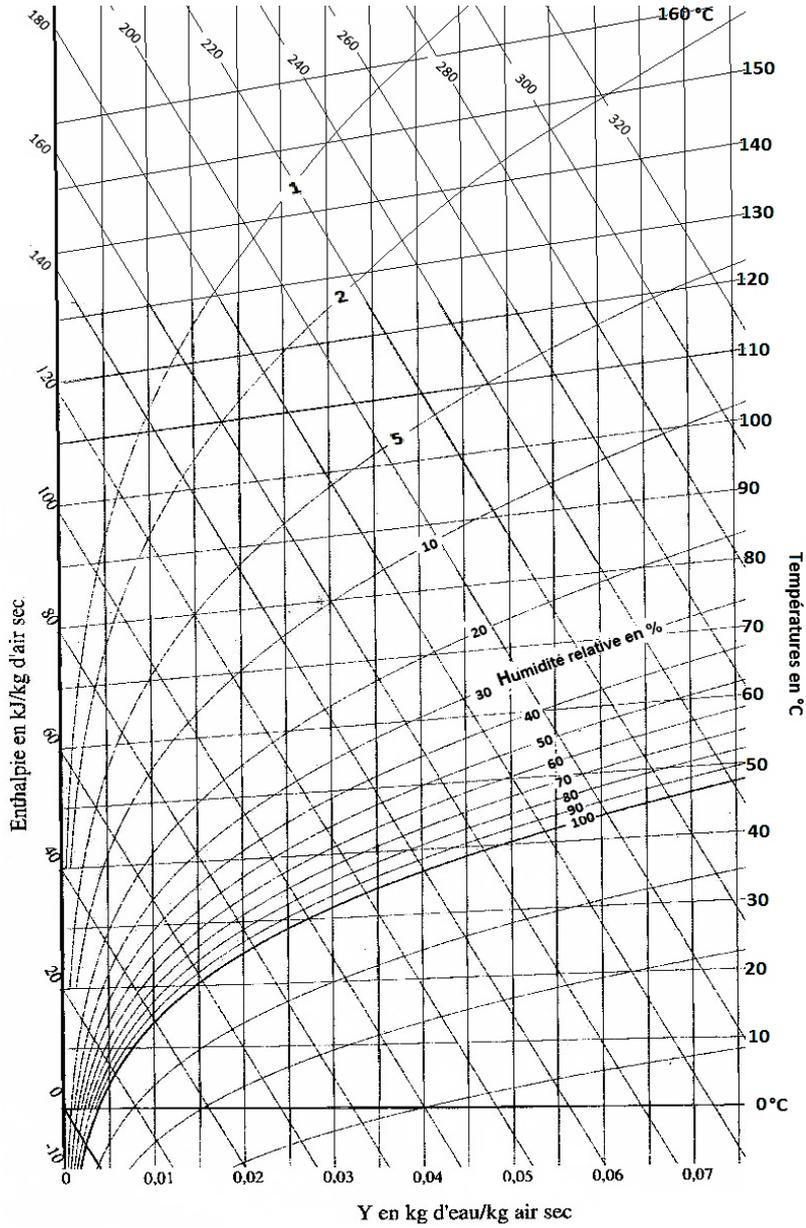
- 1 :
- 2 :
- 3 :
- 4 :
- 5 :
- 6 :
- 7 :
- 8 :
- 9 :
- 10 :
- 11 :

**ANNEXE C : À COMPLÉTER ET À REMETTRE AVEC LA COPIE**

**DIAGRAMME ENTHALPIQUE DE L'AIR HUMIDE**

Mis en forme : Police : Non Gras

Mis en forme : Police : Non Gras



**CONTRÔLE D'UN PRODUIT COSMÉTIQUE****Premier jour : 5 h**

Dans le cadre du contrôle et du suivi de production d'un nouveau cosmétique, le responsable du laboratoire d'analyses de l'entreprise propose entre autres d'effectuer les recherches suivantes :

- un contrôle sur l'acide lactique entrant dans la composition de la matière première et du produit fini,
- une vérification du neutralisant utilisé pour valider le pouvoir antimicrobien du cosmétique,
- une validation d'une nouvelle technique de détection rapide d'un contaminant bactérien.

**1. DOSAGES DE L'ACIDE LACTIQUE (25 points)**

L'acide lactique se rencontre dans de nombreux produits cosmétiques comme les shampoings, les gels douche, mais aussi dans de nombreuses autres émulsions dans lesquelles il joue deux rôles essentiels : l'ajustement du pH du produit ainsi que le maintien de sa teneur en eau.

Dans un premier temps, la molécule est dosée par une méthode volumétrique dans la solution concentrée d'acide lactique, matière première entrant dans la composition du cosmétique.

Dans un deuxième temps, la même molécule est dosée par une méthode enzymatique dans le produit fini.

Dans le produit final, la teneur en acide lactique doit être de  $(2,0 \pm 0,2)$  g d'acide lactique / 100 g de cosmétique.

**1.1. Détermination de la concentration massique de la solution acidifiante d'acide lactique**

La solution d'acide lactique concentrée servant de matière première pour la fabrication du cosmétique a une concentration massique de  $150 \text{ g.L}^{-1}$ .

Le cahier des charges de fabrication du cosmétique permet une tolérance de 5 % de cette valeur.

Pour pouvoir doser et donc contrôler la concentration massique de cette solution, la solution d'acide lactique concentrée est diluée 25 fois. Le dosage est réalisé sur la solution d'acide lactique diluée.

**1.1.1. Principe**

L'acide lactique réagit avec l'hydroxyde de sodium selon la réaction :

**1.1.2. Réactifs**

Solution d'hydroxyde de sodium à  $0,100 \text{ mol/L}$

Bleu de thymol

Solution diluée d'acide lactique

**1.1.3. Mode opératoire**

Dans une fiole d'Erlenmeyer, introduire 20 mL de solution d'acide lactique diluée et quelques gouttes de solution de bleu de thymol.

Verser progressivement la solution d'hydroxyde de sodium à l'aide d'une burette jusqu'à l'obtention d'une couleur verte. Soit V mL le volume de solution de la solution d'hydroxyde de sodium versée pour doser l'acide lactique.

Réaliser un essai.

Montrer la chute de burette à l'examineur.

Une solution contrôle en acide lactique a préalablement été dosée dans les mêmes conditions. Le résultat de mesure est le suivant :  $\rho$  (acide lactique ; solution contrôle) =  $5,978 \text{ g.L}^{-1}$ .

**1.1.4. Compte-rendu**

Le dosage est effectué sur une dilution au 1/25 de la solution d'acide lactique : décrire précisément le mode opératoire (matériel utilisé, les différentes opérations à effectuer, etc) à mettre en œuvre pour réaliser cette dilution.

Grâce à l'annexe métrologie pages 7 et 8, vérifier l'exactitude de la mesure à l'aide de la solution contrôle.

Établir l'équation aux grandeurs et l'équation aux unités permettant de déterminer la concentration molaire de la solution d'acide lactique diluée.

Établir l'équation aux grandeurs et l'équation aux unités permettant de déterminer la concentration massique de la solution d'acide lactique entrant dans la composition du cosmétique.

Réaliser l'équation aux valeurs numériques, calculer la concentration massique de la solution d'acide lactique entrant dans la composition du cosmétique, et l'exprimer à l'aide de l'instruction de travail de l'annexe métrologie pages 7 et 8.

Conclure sur la conformité de la solution d'acide lactique entrant dans la composition du cosmétique.

**Données :** Solution contrôle d'acide lactique :  $Y_{ref} = (6,00 \pm 0,06) \text{ g.L}^{-1}$  avec  $k=2$

**Ecart** ~~Ecart~~-type de reproductibilité de la méthode  $S_R = 0,01 \text{ g.L}^{-1}$

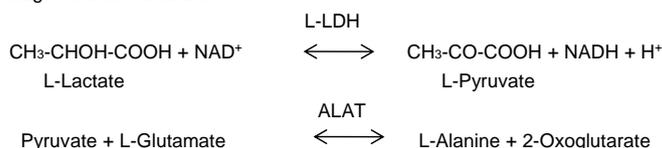
$u_c = 4,3 \text{ g.L}^{-1}$

$M_{\text{Acide lactique}} = 90,09 \text{ g.mol}^{-1}$

## 1.2. Dosage de l'acide lactique contenu dans le cosmétique

### 1.2.1. Principe

Les équations du dosage sont les suivantes :



### 1.2.2. Matériel et réactifs

#### 1.2.2.1. Matériel

Spectrophotomètre réglé à 340 nm

5 macrocuvettes permettant la lecture à 340 nm

Pipettes à piston : P 1000 et P 100

#### 1.2.2.2. Réactifs

Solution 1 : Solution contenant le tampon glycylglycine pH=10 et l'acide L-glutamique

Solution 2 : Solution contenant le  $\text{NAD}^+$

Solution 3 : Solution d'alanine amino-transférase ALAT

Solution 4 : Solution contenant la L-LDH

Échantillon « filtrat dilué provenant du cosmétique »

Étalon de contrôle « solution d'acide lactique de concentration connue »

### 1.2.3. Mode opératoire

#### 1.2.3.1. Préparation de l'échantillon « filtrat » (**opération déjà réalisée**)

1,975 g de cosmétique sont mis en solution avec de l'eau désionisée.

Après agitation et filtration, on a obtenu le filtrat.

Le filtrat est introduit dans une fiole jaugée de 250 mL qui est ajustée au trait de jauge avec de l'eau désionisée.

#### 1.2.3.2. Dosage de l'acide lactique

Le mode opératoire du dosage est donné dans l'annexe 2.

Montrer les lectures d'absorbance à l'examineur.

### 1.2.4. ~~Compte-rendu~~ **Compte rendu**

Compléter la feuille de résultats de l'annexe A.

Calculer la variation d'absorbance nette de l'étalon de contrôle et de l'essai :  $\Delta A = \Delta A_{\text{essai}} - \Delta A_{\text{blanc}}$ .

La concentration massique en g d'acide lactique par litre de solution analysée peut être déterminée grâce à l'équation aux grandeurs suivante :

$$\rho (\text{acide lactique ; solution}) = \Delta A \times \frac{1}{\varepsilon_{\text{NADH}} \times l} \times \frac{V_c}{V_e} \times M_{\text{acide lactique}}$$

où  $V_c$  : volume final de la cuve,

$V_e$  : volume de solution à analyser.

Établir l'équation aux unités, puis les équations aux valeurs numériques. Calculer les concentrations massiques de l'étalon de contrôle et du filtrat, en g d'acide lactique par litre.

Grâce à l'annexe métrologie pages 7 et 8, vérifier l'exactitude de la mesure à l'aide de l'étalon de contrôle.

Établir l'équation aux grandeurs et l'équation aux unités permettant de déterminer la teneur en acide lactique du produit cosmétique, en g d'acide lactique pour 100 g de cosmétique.

Réaliser l'équation aux valeurs numériques et calculer la teneur en acide lactique du cosmétique.

Exprimer la teneur en acide lactique du cosmétique selon l'instruction de travail de l'annexe métrologie pages 7 et 8.

Conclure sur la conformité du produit analysé quant à sa teneur en acide lactique.

#### **Données :**

$$\varepsilon_{\text{NADH}} = 630 \text{ m}^2 \cdot \text{mol}^{-1} = 6300 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$$

$$L_{\text{cuve}} = 1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$$

Étalon de contrôle :  $Y_{\text{ref}} \pm U_{\text{ref}} = (0,200 \pm 0,004) \text{ g d'acide lactique} \cdot \text{L}^{-1}$  de filtrat avec  $k=2$

$s_R = 0,045 \text{ g d'acide lactique} \cdot \text{L}^{-1}$  de filtrat dilué

$$M_{\text{Acide lactique}} = 90,09 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Incertitude-type composée sur la teneur en acide lactique pour 100 g de cosmétique :  $u_c = 0,15 \text{ g}/100 \text{ g}$

## **2. Test d'efficacité d'un neutralisant (25 points)**

L'évaluation de l'efficacité de la protection antimicrobienne d'un produit cosmétique est décrite dans la norme NF EN ISO 11930. Cette évaluation repose sur l'inoculation du produit à tester par des inocula calibrés (préparés à partir de souches de microorganismes pertinents). Le nombre de microorganismes survivants est mesuré à des intervalles de temps définis pendant 28 jours. Le test débute par une vérification de l'efficacité du neutralisant étudié.

Le laboratoire de contrôle souhaite tester l'efficacité du neutralisant utilisé pour le test de protection antimicrobienne d'un gel après-rasage. Le contrôle des caractères d'une souche test et la calibration de la concentration de la suspension de la souche test sont d'abord réalisés.

### **2.1. Contrôle des caractères microbiologiques de la souche test**

#### **2.1.1. Matériel et réactifs**

Souche test d'*Escherichia coli* ATCC® sur gélose nutritive inclinée notée « *E. coli* ATCC® »

1 tube de 5 mL d'eau physiologique stérile noté « eau physiologique »

1 tube à hémolyse stérile

Réactifs pour coloration de Gram

Lames

Pipettes Pasteur stériles

Réactifs pour tests enzymatiques rapides

#### **2.1.2. Mode opératoire**

La souche test d'*E. coli* ATCC® a été isolée sur gélose nutritive inclinée. Un contrôle de ses caractères morphologiques et biochimiques est réalisé.

Vérifier les caractères morphologiques de la souche test.

Présenter l'examen microscopique à un examinateur, accompagné du ~~compte-rendu~~ **compte rendu** d'observation sur l'annexe B.

Réaliser le test enzymatique rapide approprié *en présence d'un examinateur* et compléter l'annexe B.

Proposer sur l'annexe B une microgalérie et des milieux associés à ensemercer pour vérifier l'identité de la souche test. *L'annexe B est à rendre 1 heure avant la fin de l'épreuve.*

Ensemencer les milieux fournis par le centre. La distribution des milieux sera réalisée après la remise de l'annexe B.

Incuber à 37 °C pendant 24 heures.

## 2.2. Préparation d'une suspension calibrée

### 2.2.1. Matériel et réactifs

Suspension en bouillon ordinaire d'*E. coli* ATCC® contenant environ  $1.10^9$  UFC/mL notée « suspension *E. coli* » conservée en glace

Pipettes de 1 mL stériles

Tubes de 9 mL de diluant bouillon ordinaire noté « BO »

### 2.2.2. Préparation d'une suspension calibrée

À partir de la suspension mère fournie, préparer une suspension fille calibrée comprenant environ  $10^3$  UFC/mL (diluant bouillon ordinaire « BO »).

Montrer la réalisation d'une dilution à l'examineur.

### 2.2.3. ~~Compte-rendu~~ Compte rendu

Justifier les dilutions effectuées.

## 2.3. Démonstration de l'efficacité du neutralisant

### 2.3.1. Principe

Il s'agit de vérifier la capacité du neutralisant à neutraliser l'activité antimicrobienne du produit cosmétique soumis à l'essai, sans inhiber les microorganismes tests.

La suspension calibrée d'*E. coli* ATCC® (environ  $10^3$  UFC/mL) est inoculée dans le neutralisant en présence (flacon essai) et en absence (tube neutralisant) du produit cosmétique à tester. L'efficacité du neutralisant est démontrée si les dénombrements réalisés sur l'inoculum (tube inoculum) et le témoin (tube neutralisant) sont équivalents, et si le dénombrement réalisé sur l'essai (tube essai) représente au moins 50 % de l'inoculum (tube inoculum).

### 2.3.2. Matériel et réactifs

~~Echantillon~~ Echantillon de gel apaisant après-rasage noté « gel après-rasage »

Suspension calibrée d'*E. coli* ATCC® à environ  $10^3$  UFC/mL préparée dans la partie 2.2.

1 flacon d'environ 30 mL de neutralisant noté « neutralisant »

1 flacon d'environ 30 mL de diluant noté « diluant »

1 spatule stérile

6 tubes de 16 mL de GTS en surfusion

1 flacon stérile

2 tubes à essai stériles

6 boîtes de Petri vides stériles

5 pipettes de 1 mL et 3 pipettes de 10 mL stériles

Chronomètre

Vortex

### 2.3.3. Mode opératoire

Préparer le flacon « essai » par pesée de 1 g de gel après rasage dans un flacon stérile puis ajouter 9 mL de neutralisant ; agiter pour disperser le gel.

Laisser le flacon « essai » pendant 20 min à température ambiante.

Préparer en parallèle le tube « neutralisant », dans un tube à essai stérile, dans les mêmes conditions que le flacon « essai » mais en remplaçant le gel à tester par 1 mL de diluant.

Laisser le tube « neutralisant » pendant 20 min à température ambiante.

Ajouter 1 mL de suspension calibrée d'*E. coli* ATCC® dans le flacon « essai » et dans le tube « neutralisant » ; mélanger.

Préparer le tube « inoculum » dans un tube à essai, en ajoutant 1 mL de suspension calibrée d'*E. coli* ATCC® à 10 mL de diluant ; mélanger.

Réaliser le dénombrement dans la masse (gélose GTS) de l'« essai », du « neutralisant » et de l'« inoculum ». Pour chaque échantillon réaliser le dénombrement en double.

Incuber à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

#### 2.3.4. Compte-rendu

Calculer le nombre de colonies attendues sur les boîtes de l'« inoculum ». Justifier le calcul.

### 3. Détection rapide d'un contaminant (10 points)

*Pseudomonas aeruginosa* est souvent retrouvé comme contaminant de produit cosmétique de par sa résistance aux agents chimiques. Cette bactérie produit un pigment vert, « la pyoverdine », qui n'est détectable à l'œil nu qu'à partir de 0,05 mol/L. Le laboratoire de contrôle réfléchit à une méthode de détection rapide de la présence de la bactérie dans le produit fini grâce à la mise en évidence de ce pigment par immuno-enzymologie.

Une gamme d'étalonnage de pyoverdine est testée afin de rechercher la limite de détection du pigment par cette méthode.

En parallèle, un échantillon de produit cosmétique « cosmo1 » faiblement contaminé, dont la présence de pyoverdine n'est pas détectable à l'œil nu, est analysé par cette méthode.

#### 3.1. Principe

**Étape de sensibilisation ou de « coating »** : la solution de pyoverdine étalon ainsi que l'échantillon sont déposés dans différentes cupules d'une microplaque, au fond desquelles ils s'adsorbent. **Cette étape a déjà été réalisée et les cupules suivantes ont été obtenues :**

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	B1
100 µL de	Tampon pH 9,6	Dilution de l'étalon au 1/2	Dilution de l'étalon au 1/4	Dilution de l'étalon au 1/8	Dilution de l'étalon au 1/16	Dilution de l'étalon au 1/32	Dilution de l'étalon au 1/64	Échantillon

**Étape de saturation** : les sites non spécifiques sont ensuite saturés par introduction dans chaque cupule d'une protéine, la SAB.

**Étape de réaction immunologique** : un anticorps monoclonal anti-pyoverdine conjugué à la phosphatase alcaline est ajouté dans chaque cupule.

Après chacune de ces trois premières étapes, un ou plusieurs lavages sont réalisés afin d'éliminer les molécules non fixées.

**Étape de révélation de l'activité enzymatique liée** : l'activité enzymatique de la phosphatase alcaline est révélée par addition de substrat (paranitrophénylphosphate ou pNPP ou 4-nitrophénylphosphate). Après arrêt de la réaction par une solution de NaOH, le produit coloré formé (paranitrophénol ou pNP) est dosé par spectrophotométrie à 405 nm à l'aide d'un lecteur de microplaque.

#### 3.2. Matériel et réactifs

Anticorps monoclonal anti-pyoverdine conjugué à la PAL	1,5 mL	tube noté : conjugué
Tampon PBS	3,5 mL	flacon noté : PBS
Solution de SAB	2 mL	tube noté : SAB
Tampon PBS-Tween	20 mL	flacon noté : PBS Tween
Solution de substrat (pNPP)	1,5 mL	tube noté : pNPP
Solution stop de NaOH	1 mL	tube noté : solution stop
Microplaque « corning » déjà sensibilisée		
Film adhésif		

#### 3.3. Mode opératoire

##### 3.3.1. Saturation des sites non spécifiques par la protéine SAB

Laver 1 fois chaque cupule utilisée avec 200 µL de PBS.

Introduire 100 µL de SAB dans toutes les cupules.

Incuber 15 min à 37 °C (microplaque couverte avec un film plastique).

##### 3.3.2. Réaction immunologique

Laver 2 fois chaque cupule utilisée avec 200 µL de PBS-tween.

Introduire 100 µL de conjugué (anticorps monoclonal anti-pyoverdine) dans toutes les cupules.

Incuber 15 min à 37 °C (microplaque couverte avec un film plastique).

### 3.3.3. Révélation de l'activité enzymatique liée

Laver 3 fois avec le PBS-Tween comme précédemment.  
Distribuer 100 µL de substrat (pNPP) dans toutes les cupules.  
Incuber 15 min à 37 °C (microplaque couverte avec un film plastique).  
Arrêter la réaction par 50 µL de solution NaOH dans toutes les cupules.  
Mesurer les absorbances à 405 nm contre la cupule A1 avec le lecteur de microplaque.

### 3.4. ~~Compte rendu~~ **Compte rendu**

Indiquer le type de technique immunoenzymatique employé.  
Compléter les résultats dans les tableaux 1 et 2 en annexe C.  
Construire, en utilisant l'outil informatique, la représentation graphique  $A = f(\log C_{\text{pyoverdine}})$   
Déterminer à partir du graphique la concentration en pyoverdine de l'échantillon testé.  
À partir des résultats de la gamme d'étalonnage et de l'échantillon, discuter la limite de détection de la pyoverdine et l'intérêt de cette méthode.

## ANNEXE 2 :

### DOSAGE ENZYMATIQUE DE L'ACIDE LACTIQUE

#### Mode opératoire

Longueur d'onde : 340 nm  
Trajet optique : 1 cm  
Température comprise entre 20 et 25 °C  
Mesure contre l'air ou l'eau désionisée

Produits	Blanc	Etalon de contrôle	Essai
Solution 1 (µL)	1000	1000	1000
Solution 2 (µL)	200	200	200
Solution 3 (µL)	20	20	20
Échantillon à analyser (µL)			100
Solution de contrôle (µL)		100	
Eau désionisée (µL)	1000	900	900
Mélanger. Après 5 min lire les absorbances A1 du blanc et des essais contre l'air. Démarrer la réaction en ajoutant :			
Solution 4 (µL)	20	20	20
Après 20 minutes, mélanger, puis lire les absorbances A2 du blanc et des essais contre l'air.			

**ANNEXE A À COMPLÉTER ET À RENDRE À L'HEURE INDIQUÉE**  
**RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX DES ANALYSES BIOCHIMIQUES**

Mis en forme : Police :Non Gras

**Dosage de la solution d'acide lactique**

V <sub>eq</sub> NaOH (mL)	V

**Détermination de la teneur en acide lactique du cosmétique**

	Blanc	Étalon de contrôle	Essai
A1			
A2			
(A2 - A1)			
$\Delta A = (A2 - A1)_{\text{essai}} - (A2 - A1)_{\text{blanc}}$			

**ANNEXE B À COMPLÉTER ET À RENDRE À L'HEURE INDIQUÉE**

Mis en forme : Police :Non Gras

**Contrôle des caractères microbiologiques de la souche test**

- Observation microscopique
- Résultats du (ou des) test(s) enzymatique(s)
- Orientation de l'identification
- Microgalerie et milieux complémentaires demandés

**ANNEXE C À COMPLÉTER ET À RENDRE AVEC LA COPIE**

Mis en forme : Police :Non Gras

Tableau 1 :

Cupules	A2	A3	A4	A5	A6	A7
Dilution D						
Concentration en pyoverdine (C <sub>pyoverdine</sub> ) en mmol/L						

Tableau 2 :

Cupules	C <sub>pyoverdine</sub>	log C <sub>pyoverdine</sub>	Absorbance brute	Absorbance nette
A1				
A2				
A3				
A4				
A5				
A6				
A7				
B1				

## Deuxième jour : 1 h

### 1. Contrôle des caractères microbiologiques de la souche test

Procéder à la lecture des milieux ensemencés et de la microgalérie.

Procéder à l'identification de la souche test à l'aide du logiciel.

Conclure.

### 2. Démonstration de l'efficacité du neutralisant

Dénombrer les colonies obtenues pour les boîtes « essai », « neutralisant » et « inoculum ». Présenter les résultats dans un tableau.

Calculer la concentration  $N_{\text{inoculum}}$  de microorganismes (en UFC/mL) présents dans l'« inoculum ».  $N_{\text{inoculum}}$  est la moyenne du nombre de colonies dénombrées sur les deux boîtes dans un mL de prélèvement « inoculum ». Conclure.

Calculer la concentration  $N_{\text{essai}}$  de microorganismes (en UFC/mL) présents dans le mélange « essai » avec le neutralisant en présence de gel après-rasage à tester.  $N_{\text{essai}}$  est la moyenne du nombre de colonies dénombrées sur les deux boîtes dans un mL de prélèvement « essai ».

Calculer la concentration  $N_{\text{neutralisant}}$  de microorganismes (en UFC/mL) présents dans le mélange « neutralisant » avec le neutralisant en l'absence de gel à tester.  $N_{\text{neutralisant}}$  est la moyenne des résultats obtenus sur les boîtes dans un mL de prélèvement « neutralisant ».

Conclure quant à l'efficacité du neutralisant étudié vis-à-vis de la souche test.

#### Rappel

Pour que l'efficacité du neutralisant soit démontrée il faut que :

- la concentration bactérienne de « l'inoculum » soit proche de 100 UFC/mL ;

- la concentration bactérienne du « neutralisant » soit proche de la concentration bactérienne de l'« inoculum » ( $N_{\text{neutralisant}} \approx N_{\text{inoculum}}$ ) ; dans le cas inverse, le neutralisant est considéré comme toxique ; - la concentration bactérienne de l'« essai » soit au moins égale à 50 % de la concentration bactérienne de l'« inoculum » ( $N_{\text{essai}} \geq 0,5 N_{\text{inoculum}}$ ).

## E5-U52 Techniques d'analyses et de contrôles (B) 2016

Durée : 6 heures Coefficient : 3

Calculatrice autorisée

## PRODUITS DE L'ALIMENTATION INFANTILE

### Premier jour : 5 h

Pour tenir compte de la grande fragilité du petit enfant, la réglementation des aliments infantiles prévoit :

- un niveau de sécurité supérieur aux aliments courants : absence de conservateur, de colorant, d'édulcorant, d'arôme artificiel ; une teneur en pesticides proche de 0 ; une teneur très faible et maîtrisée en nitrates et en différents résidus comme le chlore ;

- une surveillance accrue des procédés de fabrication : sélection des procédés, maîtrise des risques sanitaires.

Une entreprise démarre une activité de fabrication de plats cuisinés destinés à l'alimentation infantile. Dans le laboratoire interne, des contrôles sont mis en œuvre pour assurer la sécurité des produits fabriqués.

### 1. Contrôles biochimiques (30 points)

#### 1.1. Détermination de la teneur en collagène de la viande

L'entreprise reçoit de la viande de porc en vue de la fabrication des plats cuisinés. La teneur en collagène de la viande de porc est vérifiée.

La détermination de la teneur en collagène de la viande est un moyen d'apprécier la qualité de cette matière première. Elle permet d'expertiser le degré de parage des viandes utilisées et de déceler l'adjonction frauduleuse de fragments aponevrotiques ou tendineux. Les viandes de bonne qualité et convenablement parées ont des teneurs en collagène inférieures ou égales à 6 %.

Le collagène est une protéine contenant une forte proportion d'un acide aminé particulier, l'hydroxyproline. La teneur en collagène peut être calculée ainsi :

Teneur en collagène (%) =  $8 \times$  Teneur en hydroxyproline (%).

### 1.1.1. Principe

Une prise d'essai de viande est hydrolysée par ébullition continue dans une solution d'acide chlorhydrique contenant du chlorure d'étain. Après filtration et dilution, une fraction de l'hydrolysat est neutralisée au moyen d'une solution de soude. Cette étape est suivie à nouveau d'une filtration et d'une dilution. Puis l'oxydation de l'hydroxyproline est réalisée par la chloramine T. Un composé de couleur rosée se forme ensuite en présence de 1,4-diméthylaminobenzaldéhyde. L'absorbance est mesurée à la longueur d'onde de 558 nm.

### 1.1.2. Matériel et réactifs

Solution étalon d'hydroxyproline à 2,5 mg/L notée « S<sub>e</sub> »

~~Echantillon~~ Echantillon « P »

Solution de contrôle « C »

Chloramine T

Réactif colorimétrique R : 1,4 –diméthylaminobenzaldéhyde

Tubes à essai

Cuves

Pipette à piston P1000 + cônes

### 1.1.3. Mode opératoire

#### 1.1.3.1. Préparation de l'échantillon (déjà réalisée)

L'hydrolyse des protéines de la viande a été réalisée de la façon qui suit.

Introduire dans un ballon à fond plat :

- une masse  $m = 4,025$  g de viande de porc préalablement hachée,
- quelques grains de pierre ponce,
- 15,0 mL de solution d'acide chlorhydrique à 0,833 mg/L,
- environ 2 g de chlorure d'étain.

L'ensemble est amené à ébullition douce sous reflux pendant 16 heures.

Une filtration sur une fiole jaugée de 200,0 mL est effectuée. Le ballon et le papier filtre sont rincés avec des fractions de 10 mL d'acide chlorhydrique. Les liquides de rinçage sont ajoutés au filtrat. La fiole est complétée à 200,0 mL avec de l'eau désionisée.

Un volume  $V = 5,0$  mL d'hydrolysat filtré est déposé dans un bécher. Le pH est ajusté à 8 par addition de soude. Le contenu du bécher est filtré directement dans une fiole jaugée de 250,0 mL, ajustée ensuite avec de l'eau désionisée.

Cette solution constitue la solution « P » qui sera analysée.

#### 1.1.3.2. Gamme d'étalonnage

À partir de la solution étalon d'hydroxyproline notée « S<sub>e</sub> », effectuer une gamme de 6 tubes de 0 à 2,5 µg/mL d'hydroxyproline, chaque tube ayant un volume final de 1 mL. Le diluant est l'eau désionisée.

#### 1.1.3.3. Essai

Réaliser un essai à partir de 1 mL de l'échantillon « P », en même temps que la gamme.

#### 1.1.3.4. Contrôle

1 mL de solution de contrôle « C » sera traité dans les mêmes conditions que l'essai.

#### 1.1.3.5. Réalisation de la colorimétrie

Dans chaque tube, ajouter 2 mL de réactif à la chloramine T.

Mélanger et laisser à température ambiante pendant 20 minutes.

Ajouter 2 mL de réactif colorimétrique R (1,4 –diméthylaminobenzaldéhyde).

Boucher et mélanger.

Porter au bain thermostaté à 60 °C pendant exactement 20 minutes.

Refroidir sous un courant d'eau froide.

Transférer en cuve puis mesurer l'absorbance à 558 nm contre le témoin réactif de la gamme.

Appeler un examinateur lors de la lecture au spectrophotomètre.

#### 1.1.4. ~~Compte-rendu~~ Compte rendu

Compléter le tableau de l'annexe A.

À l'aide de l'outil informatique, tracer la droite de régression linéaire  $A_{558\text{ nm}} = f(\text{Chydroxyproline})$ , avec Chydroxyproline en  $\mu\text{g/mL}$ .

Afficher les paramètres de régression.

En déduire la concentration en hydroxyproline en  $\mu\text{g/mL}$  dans l'échantillon « P ».

Vérifier l'exactitude du résultat sachant que la concentration de la solution de contrôle « C » est de  $(1,32 \pm 0,02) \mu\text{g/mL}$ .

Établir l'équation aux grandeurs de la teneur en hydroxyproline en % (g/100 g) de l'échantillon de viande. La calculer.

Établir l'équation aux grandeurs puis calculer la teneur en collagène en % (g/100 g) de l'échantillon analysé.

Présenter le résultat final en utilisant l'**annexe métrologie pages 7 et 8**.

Conclure quant à la qualité de cette viande.

#### Données :

Validation et expression d'un résultat : **annexe métrologie pages 7 et 8**

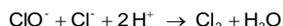
Écart-type de reproductibilité sur la concentration en hydroxyproline de « P » :  $s_R = 0,04 \mu\text{g/mL}$

Incertitude-type composée sur la teneur en hydroxydroproline de la viande :  $u_c = 0,01 \% \text{ (g/100 g)}$

### 1.2. Contrôle de la teneur en chlore actif

Les solutions d'eau de javel ou d'hypochlorite de sodium ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{ClO}^-$ ) sont des solutions basiques préparées par dissolution de gaz dichlore ( $\text{Cl}_2$ ) dans une solution de soude.

La teneur en chlore actif (%) représente la masse en gramme de dichlore ( $\text{Cl}_2$ ) libéré à partir de 100 g de produit selon la réaction :



Pour désinfecter les légumes, l'entreprise utilise un bain d'eau de javel.

Elle reçoit de l'eau de javel « E » à 9,6 % de chlore actif, conditionnée en bidon de 20 L. L'eau de javel étant un produit instable, l'entreprise vérifie la teneur en chlore actif avant chaque utilisation. Pour cela, elle réalise une solution diluée de « E » au 1/40, solution appelée « J ».

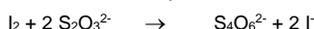
#### 1.2.1. Principe

Il s'agit d'un dosage en retour.

Les ions hypochlorite oxydent l'iodure de potassium ( $\text{K}^+$ ,  $\text{I}^-$ ) en diiode ( $\text{I}_2$ ) en milieu acide :



Le diiode libéré est dosé par le thiosulfate ( $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ) :



#### 1.2.2. Matériel et réactifs

Acide éthanoïque pur en distributeur

Eau de javel « E » diluée au 1/40, solution notée « J »

Solution d'iodure de potassium à 10 % (m/v)

Solution de thiosulfate de sodium à ..... mol/L (concentration fournie par le centre)

Indicateur de fin de réaction : empois d'amidon ou thiodène

Fioles d'Erlenmeyer de 250 mL

Pipette jaugée de 10 mL

Éprouvette de 10 mL

Éprouvette de 100 mL

Burette

#### 1.2.3. Mode opératoire

Dans une fiole d'Erlenmeyer, introduire :

- 10,0 mL de solution « J »,

- environ 100 mL d'eau désionisée,

- environ 10 mL d'iodure de potassium à 10 %,

- environ 5 mL d'acide éthanoïque.

Boucher la fiole d'Erlenmeyer.

Bien mélanger.

Verser le thiosulfate de sodium en agitant jusqu'à la décoloration jaune paille.

Ajouter l'indicateur de fin de réaction, puis verser le thiosulfate de sodium jusqu'à décoloration totale.

Appeler l'examineur lors de la lecture de la chute de burette.

#### 1.2.4. ~~Compte rendu~~ **Compte rendu**

Compléter l'annexe A.

La concentration molaire de la teneur en chlore actif de la solution « J » est calculée à l'aide de l'équation aux grandeurs suivante :

$$C_{Cl^-} = \frac{C_{\text{thiosulfate}} \times V_{\text{thiosulfate}}}{2 \times V_j}$$

Vérifier l'exactitude du résultat sachant qu'un contrôle, réalisé dans les mêmes conditions que l'essai et sur une prise d'essai de 10 mL d'un étalon contrôle à  $(0,0185 \pm 0,0005)$  mol.L<sup>-1</sup>, a donné une chute de burette de 3,70 mL.

Calculer la concentration molaire pour l'essai.

La teneur en chlore actif dans la solution commerciale « E » est calculée à l'aide de l'équation aux grandeurs suivante :

$$T_E = \frac{C_{Cl^-} \times Fd \times M_{Cl_2} \times 100}{\text{Masse volumique de } \bar{E}}$$

Démontrer l'équation aux grandeurs de T<sub>E</sub>.

Calculer la teneur en chlore actif (%) dans la solution commerciale « E ».

Présenter le résultat final en utilisant l'**annexe de métrologie pages 7 et 8**.

Conclure sachant que l'on attend une teneur en chlore actif de  $(9,6 \pm 0,2)$  %.

#### Données :

Écart-type de reproductibilité s<sub>R</sub> sur la concentration molaire en chlore actif de « J » : s<sub>R</sub> = 0,0005 mol/L

M<sub>Cl<sub>2</sub></sub> = 71 g.mol<sup>-1</sup>

Incertitude-type composée sur la teneur en chlore actif de « E » : u<sub>c</sub> = 0,15 %

Masse volumique de la solution commerciale « E » à 20 °C = 1090 g/L

## 2. CONTRÔLE IMMUNOTOXICOLOGIQUE (11 points)

Le laboratoire interne de l'entreprise effectue des contrôles immunologiques pour rechercher les entérotoxines staphylococciques dans certaines préparations pour nourrissons.

Au préalable, le laboratoire souhaite tester un nouveau sérum anti-toxine staphylococcique avant de l'utiliser pour ses analyses.

### 2.1. Principe

Un test ELISA est réalisé sur le nouveau sérum à tester, sérum de lapin « A », afin de déterminer la concentration en anticorps anti-toxine staphylococcique.

### 2.2. Matériel et réactifs

Pipette à piston P200 + cônes

Plaquette à fond conique munie d'un couvercle

Barrette de microtitration

Cristalliseur ou poubelle pour rejets

Papier absorbant

Agitateur et lecteur de microplaques

Incubateur à 30 °C

1 tube Eppendorf noté « sérum » : sérum de lapin contenant des anticorps anti-toxine staphylococcique

1 tube à hémolyse noté « PBS » : tampon PBS

1 tube Eppendorf noté « étalon » : sérum de lapin contenant la solution étalon d'anticorps anti-toxine staphylococcique à 1 mg.L<sup>-1</sup>

- 1 tube Eppendorf noté « A » : sérum de lapin à tester
- 1 tube Eppendorf noté « conjugué » : solution d'anticorps secondaire de chèvre anti-IgG de lapin couplé à une peroxydase
- 1 flacon noté « PBS Tween » : tampon PBS Tween de lavage
- 1 tube Eppendorf noté « TMB » : substrat enzymatique
- 1 tube à hémolyse noté « HCl » : solution d'HCl à 1 mol.L<sup>-1</sup>

### 2.3. Mode opératoire

Dépôt de la toxine staphylococcique : **cette étape a déjà été réalisée.**

La toxine staphylococcique a été fixée dans les puits C1 à C8 de la barrette de microtitration puis trois lavages ont été réalisés au PBS Tween.

Dilution de la solution d'anticorps-étalon

Dans la plaque à fond conique, déposer :

- 100 µL de tampon « PBS » dans chacun des puits A2 à A4,
- 100 µL de solution « étalon » dans le puits A2 et homogénéiser.

Transférer ensuite 100 µL de A2 dans A3 et homogénéiser.

Transférer enfin 100 µL de A3 dans A4 et homogénéiser.

Dépôt de la solution d'anticorps étalon

Numéroter la barrette de microtitration de C1 à C8.

Déposer 50 µL de la solution d'anticorps « étalon » dans le puits C1 de la barrette de microtitration.

Déposer 50 µL de A2 dans C2.

Déposer 50 µL de A3 dans C3.

Déposer 50 µL de A4 dans C4.

Dépôt des témoins

Déposer 50 µL du tube « sérum » dans le puits C5.

Déposer 50 µL de tampon « PBS » dans le puits C6.

Dépôt du sérum à tester

Déposer 50 µL de sérum à tester (tube « A ») dans C7 et dans C8.

Incubation

Couvrir, homogénéiser et placer 15 minutes à l'étuve à 30 °C.

Lavage

Effectuer 3 lavages en « PBS-Tween » : remplir chaque puits C1 à C8 avec 100 µL de tampon « PBS-Tween » ; laisser agir 10 secondes et vider ensuite dans le cristalliseur par retournement. Recommencer trois fois. A la fin du lavage, égoutter la plaque par tapotement sur papier absorbant.

Ajout de la solution d'anticorps secondaire

Déposer 80 µL de « conjugué » dans chaque puits C1 à C8 de la barrette de microtitration.

Incubation

Couvrir, homogénéiser et placer 15 minutes à l'étuve à 30 °C.

Lavage

Effectuer 3 lavages en « PBS-Tween » : remplir chaque puits C1 à C8 avec 100 µL de tampon « PBS-Tween » ; laisser agir 10 secondes et vider ensuite dans le cristalliseur par retournement. Recommencer trois fois. A la fin du lavage, égoutter la plaque par tapotement sur papier absorbant.

Ajout du substrat

Ajouter dans chaque puits C1 à C8, 80 µL de substrat « TMB ».

**Couvrir et surveiller l'apparition de la coloration bleue, qui se fait presque immédiatement.**

Stopper la réaction 7 minutes après apparition de la couleur bleue sur le témoin positif. Pour cela, ajouter dans tous les puits 50 µL de solution d'« HCl ».

Lire les absorbances contre l'air et à 405 nm au lecteur de microplaques.

### 2.4. ~~Compte rendu~~ Compte rendu

Compléter le principe de la méthode mise en œuvre sous forme de schémas légendés dans le tableau 1 de l'annexe B.

Indiquer le rôle des lavages.

Indiquer le rôle respectif :

- des puits C1 à C4,
- du puits C5,
- du puits C6.

Compléter le tableau de résultats de l'annexe B.

Expliquer le calcul des concentrations en anticorps anti-toxine des étalons.

Vérifier la validité des témoins.

Tracer la droite de régression de l'absorbance en fonction de la concentration en anticorps anti-toxine staphylococcique exprimée en  $\text{mg.L}^{-1}$  à l'aide de l'outil informatique.

Donner l'équation de la droite de régression.

Déterminer, pour chaque essai du sérum « A » à tester, la concentration en anticorps anti-toxine staphylococcique.

### **3. CONTRÔLES MICROBIOLOGIQUES (19 points)**

Le laboratoire interne de microbiologie effectue des tests sur le lait pasteurisé utilisé pour fabriquer des purées pour nourrisson :

- le dénombrement de la flore totale par calcul du Nombre le Plus Probable (NPP),
- la recherche d'entérobactéries.

Un échantillon de lait pasteurisé ne doit pas contenir plus de 5 microorganismes par mL de lait pasteurisé et ne doit pas contenir d'entérobactéries.

La procédure complète est donnée en annexe 2.

#### **3.1. Dénombrement de la flore totale dans un échantillon de lait pasteurisé par la méthode du NPP**

##### 3.1.1. Matériels et réactifs

- 1 tube de 10 mL d'échantillon de lait pasteurisé noté « B »
- 2 tubes de 9 mL d'eau physiologique stérile
- 5 pipettes graduées stériles de 1 mL ou pipette à piston + cônes stériles
- 9 tubes d'eau peptonée tamponnée notés « EPT »

##### 3.1.2. Mode opératoire

Réaliser l'ensemble des manipulations présentées à l'étape 1 de l'annexe 2 :

- à partir de l'échantillon de lait pasteurisé « B », faire les dilutions  $10^{-1}$  et  $10^{-2}$  en eau physiologique stérile ;
- à partir de chaque dilution  $10^0$ ,  $10^{-1}$  et  $10^{-2}$ ,ensemencer 3 tubes de 9 mL d'eau peptonée tamponnée.

Appeler un examinateur pour présenter l'ensemencement des tubes « EPT ».

Incuber 20 h comme indiqué dans l'annexe 2.

#### **3.2. Confirmation de la présence d'entérobactéries**

La présence d'entérobactéries est fortement suspectée dans un deuxième lot de lait pasteurisé « C ». Les étapes 1 et 2 ont été réalisées au préalable à partir de cet échantillon et ont conduit à la réalisation d'un isolement sur gélose VRBG.

##### 3.2.1. Matériel et réactifs

- Isolement sur gélose VRBG noté « C »
- 1 boîte de gélose nutritive
- Fiche technique du milieu VRBG

##### 3.2.2. Mode opératoire

Réaliser la lecture de la gélose VRBG noté « C ».

Choisir une colonie suspecte et l'isoler sur gélose nutritive.

### 3.2.3. ~~Compte-rendu~~ Compte rendu

Justifier la réalisation d'un ~~pré-enrichissement~~ pré-enrichissement en eau peptonée (étape 1 de l'annexe 2) suivi d'un enrichissement en milieu sélectif EE (étape 2 de l'annexe 2) en vue de rechercher la présence d'entérobactéries. La fiche technique du bouillon EE est donnée en annexe 3.

Justifier la température d'incubation utilisée durant tout le protocole.

Justifier le choix de la colonie à isoler sur gélose nutritive.

## ANNEXE A : À COMPLÉTER ET À RENDRE À L'HEURE INDIQUÉE

### FEUILLE DE RÉSULTATS BIOCHIMIE

#### 1.1. Dosage de l'hydroxyproline

Tubes	0	1	2	3	4	5	Essai	C
Solution étalon d'hydroxyproline $S_e$ (mL)								
Eau désionisée qsp 1 mL (mL)								
Échantillon « P » (mL)								
Solution de contrôle « C » (mL)								
Chloramine T (mL)								
Mélanger et attendre 20 minutes.								
Réactif R (mL)								
Boucher, mélanger et placer au bain thermostaté à 60 °C pendant 20 minutes.								
C hydroxyproline ( $\mu\text{g/mL}$ )								
A à 558 nm								

Mis en forme : Retrait : Gauche : 0 cm, Suspendu : 0,75 cm,  
Espace Avant : 6 pt, Après : 6 pt

#### 1.2. Dosage de l'eau de javel : détermination de la teneur en dichlore actif

$V_{\text{essai}} =$  mL

## ANNEXE B : À COMPLÉTER ET À RENDRE À L'HEURE INDIQUÉE

### CONTRÔLE IMMUNOTOXICOLOGIQUE

Tableau 1 : SCHÉMA DE PRINCIPE DE LA MÉTHODE

ÉTAPES	PUITS C1 à C4	PUITS C5	PUITS C6
Dépôt de toxine staphylococcique			
Dépôt de la solution anticorps-étalon			
Dépôt des témoins			
Lavage en PBS-tween			
Ajout de la solution d'anticorps secondaire conjugué à la peroxydase			
Lavage en PBS-tween			
Ajout du substrat (TMB)			
Ajout de la solution d'HCl			

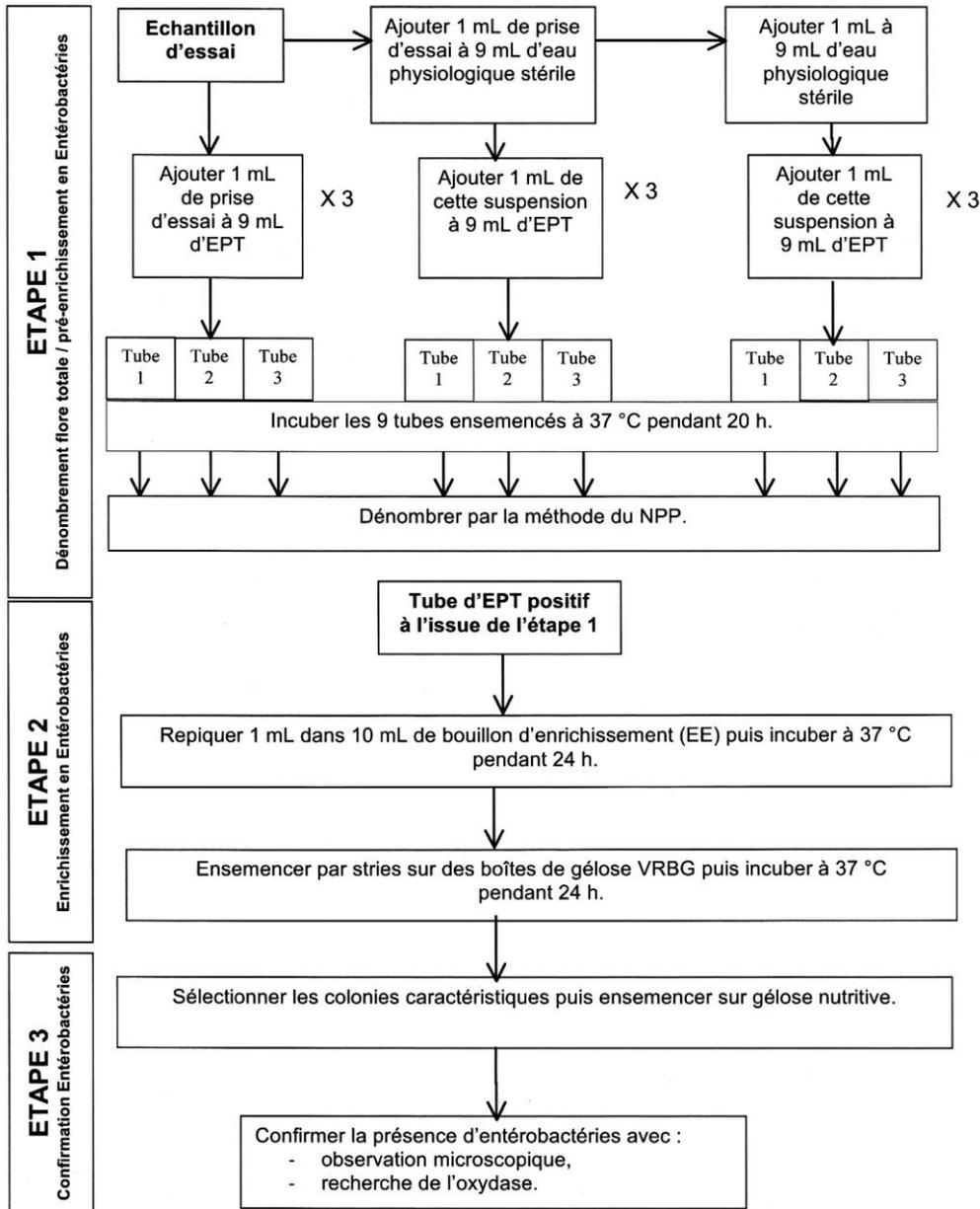
Légendes utilisées :

Tableau 2 : TABLEAU DE RÉSULTATS

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
C anti-toxine(mg.L <sup>-1</sup> )								
A à 405 nm								

## ANNEXE 2

### DIAGRAMME POUR LE DÉNOMBREMENT DE LA FLORE TOTALE PAR LA MÉTHODE DU NPP ET LA RECHERCHE DES ENTÉROBACTÉRIES



## ANNEXE 3

### Bouillon EE d'enrichissement pour les entérobactéries (selon MOSSEL)

#### DOMAINE D'UTILISATION

Le bouillon EE proposé par Mossel est un milieu d'enrichissement sélectif pour la recherche des *Enterobacteriaceae* dans les produits pharmaceutiques et les produits alimentaires.

#### PRINCIPES

La présence simultanée de bile de bœuf et de vert brillant provoque l'inhibition de la presque totalité des microorganismes à Gram positif et des bactéries à Gram négatif autres que les coliformes.

La peptone pancréatique de gélatine et le glucose constituent respectivement la source azotée et la source énergétique du développement des *Enterobacteriaceae*.

Les phosphates permettent de tamponner le milieu de façon à augmenter sa capacité de récupération.

#### FORMULE – TYPE

Pour 1 litre de milieu :

- Peptone pancréatique de gélatine .....10,00 g
- Bile de bœuf bactériologique .....20,00 g
- Glucose .....5,00 g
- Phosphate disodique .....6,45 g
- Phosphate monopotassique .....2,00 g
- Vert brillant .....15,0 mg

pH du milieu prêt à l'emploi à 25 °C : 7,2 ± 0,2

#### PRÉSENTATION DU MILIEU PRÉPARÉ

Milieu préparé : solution verte, limpide

### Deuxième jour : 1 h

Le laboratoire interne de microbiologie effectue des tests dans le lait pasteurisé utilisé pour fabriquer les purées pour nourrisson :

- le dénombrement de la flore totale par calcul du Nombre le Plus Probable (NPP),
- la recherche d'entérobactéries.

La procédure complète est donnée en annexe 1.

#### **1. DÉNOMBREMENT DE LA FLORE TOTALE DANS UN ÉCHANTILLON DE LAIT PASTEURISÉ PAR LA MÉTHODE DU NPP**

Procéder à l'interprétation des résultats de l'échantillon de lait pasteurisé « B », selon l'annexe 2. Un tube « témoin négatif » est fourni.

Calculer le nombre de micro-organismes par mL de lait pasteurisé « B ».

Conclure sur cet échantillon de lait pasteurisé.

#### **Donnée :**

L'échantillon de lait pasteurisé ne doit pas contenir plus de 5 microorganismes par mL de lait pasteurisé.

## **2. TESTS DE CONFIRMATION DE LA PRÉSENCE D'ENTÉROBACTÉRIES**

### **2.1. Matériel et réactifs**

Matériel courant de microbiologie

Lames et lamelles

Réactifs de recherche de l'oxydase et de la catalase

### **2.2. Mode opératoire**

Effectuer une observation macroscopique des colonies isolées sur la gélose nutritive.

Réaliser une coloration de Gram.

Effectuer le(s) test(s) enzymatique(s) nécessaire(s) à la confirmation de l'identité de la bactérie isolée.

*Montrer à l'examineur le résultat de l'examen microscopique, accompagné de son ~~compte-rendu~~compte rendu.*

*Réaliser devant l'examineur le ou le(s) test(s) enzymatique(s).*

### **2.3. ~~Compte-rendu~~Compte rendu**

Présenter les résultats de l'étude macroscopique, de la coloration de Gram et du ou des test(s) enzymatique(s) puis conclure.

## **3. CONCLUSION GÉNÉRALE**

Proposer des pistes d'explication pour l'ensemble des résultats obtenus et indiquer quelles actions correctives doivent être mises en place par l'entreprise.

## ANNEXE 2

### INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS DE NUMÉRATION EN MILIEU LIQUIDE D'APRÈS LA NORME NF ISO 7218/2007-10

La méthode utilisée est la méthode du NPP (Nombre le Plus Probable). Elle est basée sur une interprétation statistique des résultats. La méthode ci-dessous s'applique à un ensemencement de 1 mL par tube, trois tubes par dilution et trois dilutions successives ensemencées.

#### Étapes de la méthode

1. Constituer un tableau des résultats : compter pour chaque dilution le nombre de tubes positifs après incubation.
2. La somme des tubes positifs constitue une combinaison à 3 chiffres (nombre caractéristique).
3. Reporter ce nombre caractéristique dans la table statistique ci-dessous :

**Indices NPP et limites de confiance à 95 % lorsque trois prises d'essai de 1 g (ml), trois de 0,1 g (ml) trois de 0,01 g (ml) sont utilisés**

Nombre de résultats positifs			Indice NPP <sup>a</sup>	Catégorie <sup>b</sup>	Limites de confiance (95%) <sup>a,c</sup>	
					Limite inférieure	Limite supérieure
0	0	0	< 0,30		0,00	0,94
0	0	1	0,30	3	0,01	0,95
0	1	0	0,30	2	0,01	1
0	1	1	0,61	0	0,12	1,7
0	2	0	0,62	3	0,12	1,7
0	3	0	0,94	0	0,35	3,5
1	0	0	0,36	1	0,02	1,7
1	0	1	0,72	2	0,12	1,7
1	0	2	1,1	0	0,4	3,5
1	1	0	0,74	1	0,13	2
1	1	1	1,1	3	0,4	3,5
1	2	0	1,1	2	0,4	3,5
1	2	1	1,5	3	0,5	3,8
1	3	0	1,6	3	0,5	3,8
2	0	0	0,92	1	0,15	3,5
2	0	1	1,4	2	0,4	3,5
2	0	2	2,0	0	0,5	3,8
2	1	0	1,5	1	0,4	3,8
2	1	1	2,0	2	0,5	3,8
2	1	2	2,7	0	0,9	9,4
2	2	0	2,1	1	0,5	4
2	2	1	2,8	3	0,9	9,4
2	2	2	3,5	0	0,9	9,4
2	3	0	2,9	3	0,9	9,4
2	3	1	3,6	0	0,9	9,4
3	0	0	2,3	1	0,5	9,4
3	0	1	3,8	1	0,9	10,4
3	0	2	6,4	3	1,6	18,1
3	1	0	4,3	1	0,9	18,1
3	1	1	7,5	1	1,7	19,9
3	1	2	12	3	3	36
3	1	3	16	0		38
3	2	0	9,3	1	1,8	36
3	2	1	15	1	3	38
3	2	2	21	2	3	40
3	2	3	29	3	9	99
3	3	0	24	1	4	99
3	3	1	46	1	9	198
3	3	2	110	1	20	400

4. Relever l'indice NPP correspondant au nombre caractéristique.

5. Exprimer le résultat : le Nombre le Plus Probable de micro-organismes par mL d'échantillon est égal à l'indice NPP multiplié par l'inverse de la dilution correspondant au 1er chiffre du nombre caractéristique (dans le cas où le volume d'inoculum est de 1 mL).

## GESTION D'UNE ALERTE SANITAIRE ET SÉCURISATION DE LA FABRICATION

L'entreprise Champi'rêve fabrique et commercialise en France des conserves de Champignons de Paris, pour sa propre marque mais aussi pour des marques de distributeurs. Elle se situe dans l'Indre et Loire (37), proche des lieux de culture des champignons de Paris du Val de Loire. Le poste de responsable qualité a été pourvu depuis peu chez Champi'rêve.

### 1. GESTION D'UNE ALERTE SANITAIRE (40 POINTS)

La fiche de spécification « produit fini », présentée en annexe 1, caractérise le produit « Champignons de Paris pieds et morceaux tranchés ». Lors de la fabrication du lot M1326, un suivi de température a été réalisé lors de l'étape d'appertisation. L'enregistrement obtenu (annexe 2) a entraîné la rédaction d'une fiche de non-conformité présentée en annexe 3.

#### 1.1. Fiche de non-conformité

1.1.1. Effectuer une représentation du système documentaire de l'entreprise, puis indiquer le niveau auquel se situe la fiche de non-conformité.

1.1.2. Réaliser une étude critique de la fiche de non-conformité.

1.1.3. Proposer la fiche de non-conformité (vierge) finalisée qui permettrait d'améliorer le système qualité.

#### 1.2. Analyse du risque et réactivité

L'ANSES a publié un document d'information présenté en annexe 4.

1.2.1. Indiquer la signification du sigle « ANSES ». Expliquer le rôle de cette organisation. En déduire la fiabilité des informations publiées.

1.2.2. Sachant que le lot a été libéré, exploiter les données des annexes 1, 2, 3 et 4 pour justifier la décision du responsable qualité de déclencher une alerte sanitaire.

#### 1.3. Alerte des consommateurs

Lors d'une alerte sanitaire, un communiqué de presse doit être rédigé et diffusé.

1.3.1. À l'aide de l'annexe 5 et des données du sujet, rédiger les mentions obligatoires de ce communiqué.

1.3.2. Indiquer les destinataires de ce communiqué et citer l'action principale qu'ils devront mener.

#### 1.4. Rappel des produits

Le responsable qualité doit organiser le rappel des produits.

1.4.1. Indiquer les informations dont le responsable qualité doit disposer afin de procéder au rappel des lots des produits.

1.4.2. Préciser si cette organisation est une exigence réglementaire ou non. Justifier la réponse.

#### 1.5. Analyse des échantillons

Le responsable qualité décide de vérifier le niveau de gravité de la situation. Pour cela, il envoie à un laboratoire accrédité COFRAC une boîte du lot incriminé conservée dans l'échantillothèque de Champi'rêve.

1.5.1. Justifier l'intérêt d'une échantillothèque.

1.5.2. Argumenter le choix d'un laboratoire accrédité COFRAC.

### 1.5.3. Choix du domaine d'accréditation

1.5.3.1. Étudier la liste des commissions techniques d'accréditation (partie 1 de l'annexe 6) pour choisir la commission technique d'accréditation concernée par les analyses envisagées.

1.5.3.2. À l'aide de la liste des domaines d'analyses et d'essais (partie 2 de l'annexe 6), choisir le domaine d'analyses et d'essais concerné par l'étude. Justifier ce choix.

### 1.5.4. Choix du laboratoire accrédité

Le responsable qualité peut faire appel à des laboratoires listés en annexe 7. Il décide d'optimiser son choix en tenant compte du besoin immédiat mais également d'éventuelles situations ultérieures.

1.5.4.1. Le règlement n° 1169/2011 entre en application pour toutes les entreprises concernées en décembre 2016. Il est aussi appelé règlement INCO. Rappeler la signification de l'acronyme « INCO ». Préciser deux grandes évolutions liées à l'application de ce règlement.

1.5.4.2. Proposer le laboratoire accrédité qui répondra au mieux aux attentes du responsable qualité. Justifier la réponse.

1.5.5. Lister les conditions applicables au plan d'échantillonnage à vérifier avant l'envoi des échantillons.

## **2. MAITRISE DE LA FABRICATION (40 POINTS)**

### **2.1. Analyse des causes**

Après avoir mis en œuvre les principales actions d'urgence, le responsable qualité réunit un groupe de travail interdisciplinaire afin de lister et classer les causes potentielles ayant généré cet état de crise.

2.1.1. Choisir l'outil qualité le plus adapté à cette étude. Justifier la réponse.

2.1.2. À l'aide du diagramme de fabrication des champignons de l'annexe 8, élaborer l'outil proposé dans la question précédente en respectant la règle des 5M.

### **2.2. Mise en place d'actions : plan de nettoyage-désinfection**

Un des axes d'amélioration choisi est de vérifier le plan de « nettoyage » et de « désinfection » de la trancheuse utilisée pour la découpe des champignons.

2.2.1. Définir les termes « nettoyage » et « désinfection ».

2.2.2. Citer les différents paramètres influençant l'efficacité d'un plan de nettoyage-désinfection.

2.2.3. Le plan de nettoyage-désinfection de la trancheuse et la fiche technique du produit utilisé sont exposés en annexe 9. Réaliser une étude critique de ce plan de nettoyage-désinfection de la trancheuse.

2.2.4. Le règlement CE n° 852/2004, dont l'annexe 10 apporte un extrait, impose des dispositions applicables aux équipements en contact avec les denrées alimentaires. Le responsable qualité décide de mener un audit par rapport à ces exigences. Citer le type d'audit à mener. Représenter le document proposant une grille d'audit comportant six questions permettant d'évaluer cette conformité.

### **2.3. Mise en place d'actions : vérification du choix des fournisseurs**

Le responsable qualité décide de vérifier le choix du fournisseur de champignons de Paris. Le tableau de l'annexe 11, précédemment établi par l'ancien responsable qualité, rassemble les critères de choix pour trois fournisseurs A, B, C.

2.3.1. Analyser les résultats pour chaque fournisseur.

2.3.2. Le choix de Champi'rève s'est porté sur le fournisseur A. Discuter ce choix et proposer éventuellement un autre fournisseur. Argumenter la réponse.

## 2.4. Mise en place d'actions : renouvellement de la certification IFS

Champîrêve est certifiée IFS Food version 5 et doit renouveler son certificat. La version 6 est maintenant en vigueur. Une des principales évolutions est l'apparition du concept de « Food Defense ». L'annexe 12 propose un extrait de ce référentiel.

2.4.1. Rappeler la signification du concept de « Food Defense ».

2.4.2. En exploitant l'annexe 12, proposer trois mesures opérationnelles à mettre en œuvre pour répondre à ce concept et obtenir la certification IFS version 6.

## ANNEXE 1 : EXTRAIT DE LA FICHE DE SPÉCIFICATION PRODUIT FINI

Champignons de Paris pieds et morceaux tranchés

Boîte ½            Volume net : .....425 mL  
                      Poids net total : .....400 g  
                      Poids net égoutté : .....230 g

pH = 6 +/- 0,5

$a_w$  = 0,95

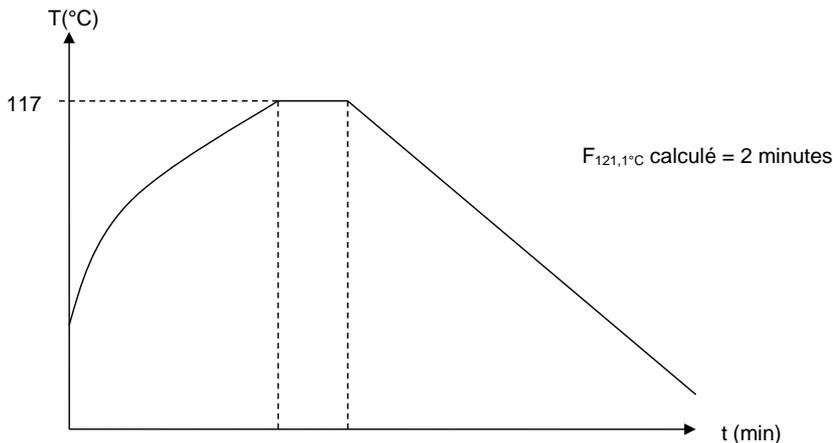
Valeurs nutritionnelles moyennes pour 100 g :

Énergie : .....76 kJ soit 18 kcal  
Protéines : .....2,1 g  
Glucides : .....0,2 g  
  dont sucres : .....0,1 g  
Lipides : .....0,4 g  
  dont acides gras saturés : .....traces  
Fibres alimentaires : .....2,8 g  
Sel : .....0,64 g  
  dont sodium : .....0,25 g

(On admet que le sel est présent uniquement dans le liquide de couverture.)

## ANNEXE 2 : ENREGISTREMENT DE L'APPERTISATION DU LOT M1326

Température = f (temps)



### ANNEXE 3 : FICHE DE NON-CONFORMITÉ

Champirèv 	ENR4 - 001 Fiche de non-conformité	Version 2 p. 1/1
<p style="text-align: center;"><u>Fiche de non-conformité n°</u> : 10</p> <p><u>Date</u> : 14 mai 2014                      <u>Ligne</u> : autoclave 4</p> <p><u>N° lot</u> : M1326</p> <p><u>Produit fabriqué</u> : Champignons de Paris Pieds et morceaux</p> <p><u>Conditionnement</u> : Boîte ½</p> <p><u>Description de la non-conformité</u> :</p> <p>F<sub>121,1°C</sub> calculé = 2 minutes</p> <p style="text-align: right;"><u>Visa</u> : </p>		

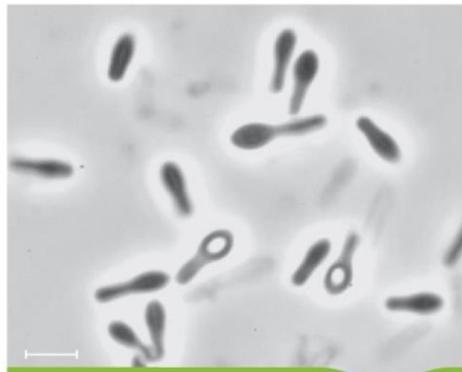
## ANNEXE 4 : FICHE D'INFORMATION DE L'ANSES



### Caractéristiques et sources des *Clostridium botulinum* et des *Clostridium neurotoxigènes*

#### Principales caractéristiques microbiologiques

Les *Clostridium botulinum* sont des bacilles à Gram positif, anaérobies stricts et sporulés. Les souches de *C. botulinum* sont très hétérogènes d'après leurs caractères culturaux, biochimiques et génétiques et elles sont divisées en quatre groupes (Groupe I à IV). De plus, certaines souches atypiques, plus rarement isolées en Europe, et appartenant à d'autres espèces de *Clostridium*, sont neurotoxigènes : *C. butyricum* (neurotoxine botulique E) et *C. baratii* (neurotoxine botulique F). A quelques exceptions près, chaque souche produit un seul type de toxine botulique. Les toxines botuliques se divisent en 7 types (A à G) selon leurs propriétés immunologiques, chacune étant neutralisée par un sérum spécifique. De plus, selon leurs séquences en acides aminés, des sous types sont identifiés dans chaque type de toxine botulique (Tableau 1).



*C. botulinum* type A. © M. Popoff

Tableau 1. Caractéristiques de survie, de croissance et de toxinogénèse des *C. botulinum*

	<i>C. botulinum</i> Groupe I Protéolytiques			<i>C. botulinum</i> Groupe II Non protéolytiques			<i>C. botulinum</i> Groupe III Non protéolytiques			<i>C. botulinum</i> Groupe IV Protéolytique		
Toxines	A, B, F			B, E, F			C, D			G		
Sous-types de toxines	A1, A2, A3, A4, A5, B1, B2, B3, bivalent B (Ba, Bf, Ab), proteolytic F			E1, E2, E3, E6, non proteolytic B, F			C, D, C/D, D/C			G		
Bactéries apparentées non toxigènes	<i>C. sporogenes</i>			Pas de nom d'espèces			<i>C. novyi</i>			<i>C. subterminale</i>		
Croissance cellules végétatives	Min.	Opt.	Max.	Min.	Opt.	Max.	Min.	Opt.	Max.	Min.	Opt.	Max.
Température (°C)	10	35-40	48	3	18-25	45	15	37-40	9.0	/	37	/
pH	4,6	/	9,0	5,0	7,0	9,0	5,1	6,1-6,3	9,0	4,6	7,0	/
a <sub>w</sub>	0,94	/	/	0,97	/	/	0,97	/	/	0,94	/	/
% NaCl inhibant la croissance	10			5								
Production toxines	10			3			15			/		
Température min (°C)	0,94			0,97			0,97			0,94		
Stabilité et inactivation des toxines	Les toxines résistent à la congélation (activité de la toxine préformée dans l'aliment non réduite par la congélation). Détruites après 10 min à 100 °C ou 30 min à 80 °C.											

Fiche de description de danger  
microbien transmissible par les aliments  
Janvier 2011

Mis en forme : Police :11 pt

Mis en forme : Titre 3

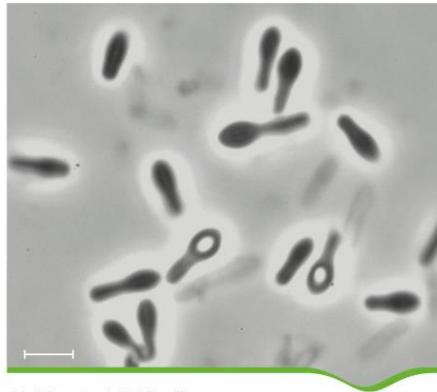
# Clostridium botulinum, Clostridium neurotoxigènes

*Clostridium botulinum*, *Clostridium* neurotoxigènes  
Famille des *Clostridiaceae*  
Bactérie

## Caractéristiques et sources des *Clostridium botulinum* et des *Clostridium* neurotoxigènes

### Principales caractéristiques microbiologiques

Les *Clostridium botulinum* sont des bacilles à Gram positif, anaérobies stricts et sporulés. Les souches de *C. botulinum* sont très hétérogènes d'après leurs caractères culturels, biochimiques et génétiques et elles sont divisées en quatre groupes (Groupe I à IV). De plus, certaines souches atypiques, plus rarement isolées en Europe, et appartenant à d'autres espèces de *Clostridium*, sont neurotoxigènes: *C. butyricum* (neurotoxine botulique E) et *C. baratii* (neurotoxine botulique F). A quelques exceptions près, chaque souche produit un seul type de toxine botulique. Les toxines botuliques se divisent en 7 types (A à G) selon leurs propriétés immunologiques, chacune étant neutralisée par un sérum spécifique. De plus, selon leurs séquences en acides aminés, des sous types sont identifiés dans chaque type de toxine botulique (Tableau 1).



*C. botulinum* type A. © M. Popoff

Tableau 1. Caractéristiques de survie, de croissance et de toxinogénèse des *C. botulinum*

	<i>C. botulinum</i> Groupe I Protéolytiques			<i>C. botulinum</i> Groupe II Non protéolytiques			<i>C. botulinum</i> Groupe III Non protéolytiques			<i>C. botulinum</i> Groupe IV Protéolytique		
<b>Toxines</b>	A, B, F			B, E, F			C, D			G		
Sous-types de toxines	A1, A2, A3, A4, A5, B1, B2, B3, bivalent B (Ba, Bf, Ab), proteolytic F			E1, E2, E3, E6, non proteolytic B, F			C, D, C'/D, D'/C			G		
<b>Bactéries apparentées non toxinogènes</b>	<i>C. sporogenes</i>			Pas de nom d'espèces			<i>C. novyi</i>			<i>C. subterminale</i>		
<b>Croissance cellules végétatives</b>	Min.	Opt.	Max.	Min.	Opt.	Max.	Min.	Opt.	Max.	Min.	Opt.	Max.
Température (°C)	10	35-40	48	3	18-25	45	15	37-40	9,0	/	37	/
pH	4,6	/	9,0	5,0	7,0	9,0	5,1	6,1-6,3	9,0	4,6	7,0	/
a <sub>w</sub>	0,94	/	/	0,97	/	/	0,97	/	/	0,94	/	/
% NaCl inhibant la croissance	10			5								
<b>Production toxines</b>												
Température min (°C)	10			3			15			/		
a <sub>w</sub> min	0,94			0,97			0,97			0,94		
<b>Stabilité et inactivation des toxines</b>	Les toxines résistent à la congélation (activité de la toxine préformée dans l'aliment non réduite par la congélation). Détruites après 10 min à 100 °C ou 30 min à 80 °C.											

Fiche de description de danger  
biologique transmissible par les aliments  
**Janvier 2011**  
Erratum sur recommandations aux opérateurs -  
**Avril 2016**

## ANNEXE 4

### Sources du danger

Le réservoir de *C. botulinum*, comme des autres *Clostridium* est l'environnement: sol, poussière, sédiments marins ou d'eau douce, eaux souillées, lisiers, et occasionnellement le contenu digestif de l'Homme et des animaux asymptomatiques.

Le botulisme est une maladie humaine et animale mais il n'y a pas de transmission directe documentée entre un animal atteint de botulisme et l'Homme. Par ailleurs, il n'existe pas de lien épidémiologique démontré entre les foyers de botulisme humain et les foyers de botulisme animal.

Le botulisme animal concerne essentiellement les oiseaux et les bovins et est le plus souvent dû aux types C ou D. En particulier, les oiseaux et les visons sont très sensibles au type C, les bovins au type D. Le botulisme de type D se rencontre aussi chez les palmipèdes. Les poissons des mers du Nord, notamment de la Baltique sont fréquemment des porteurs asymptomatiques de *C. botulinum* E dans leur tube digestif. Le botulisme sous forme clinique chez le porc est rare, mais *C. botulinum* B se retrouve dans le tube digestif de porcs asymptomatiques. Les sources de contamination de l'animal sont alimentaires et les mesures de prévention consistent en la maîtrise de la contamination des aliments pour animaux et le retrait régulier des cadavres.

### Voies de transmission

La maladie n'est pas transmissible entre individus, mais résulte le plus souvent d'ingestion d'un aliment contaminé. Trois formes de botulisme peuvent être distinguées selon le mode de contamination.

**L'intoxication botulique** est due à l'ingestion de toxine botulique préformée dans un aliment. C'est la forme la plus fréquente chez l'adulte.

**La toxo-infection botulique** causée par l'ingestion de bactéries et/ou spores de *C. botulinum*. Cette forme a été observée chez des jeunes enfants (0-12 mois, botulisme infantile), suite à l'ingestion de miel ou par inhalation de poussières contaminées par des spores de *C. botulinum*. Le botulisme par toxo-infection est aussi observé chez des adultes (cf. maladie humaine).

**Le botulisme par blessure** est causé par l'inoculation des spores de *C. botulinum* dans une plaie. Des cas de botulisme iatrogènes ont été rapportés suite à l'injection de toxine botulique à des fins thérapeutiques ou cosmétologiques.

## Maladie humaine d'origine alimentaire

### Nature de la maladie (Tableau 2)

Le botulisme se caractérise par des paralysies flasques, symétriques, sans atteinte du système sensoriel. Les types de botulisme A, B et E sont les plus fréquents chez l'Homme. La gravité des signes cliniques dépend de la quantité de toxine botulique absorbée et du type de toxine, le botulisme de type A étant le plus grave avec insuffisance respiratoire d'installation plus rapide et plus sévère que dans les autres types de botulisme.

**Population sensible**<sup>(1)</sup>: tous les individus sont susceptibles de développer une intoxication botulique suite à l'ingestion de la toxine préformée dans un aliment.

Les nourrissons (< 12 mois) en raison de leur flore intestinale, incomplètement constituée ou incomplètement fonctionnelle, sont sensibles à une toxo-infection botulique, par germination, multiplication de *C. botulinum* dans l'intestin et production de toxine *in situ*. Le botulisme par toxo-infection est aussi observé chez les adultes ayant subi une chirurgie digestive ou atteints de carcinomes intestinaux, de lésions chroniques de la muqueuse intestinale, d'anomalies anatomiques ou fonctionnelles de l'intestin, d'inflammation chronique, ou après une antibiothérapie.

### Relations dose-effet<sup>(2)</sup>

La toxine botulique est à ce jour considérée comme le poison le plus puissant qui existe. La toxine botulique A est la plus active. La dose létale chez un homme adulte est estimée à 100 ng – 1 µg par voie parentérale et 70 µg par voie orale (1 µg par kg).

Les effets sont fonction de la concentration en toxine ou de la teneur en bactéries/spores de *C. botulinum*. Plus la quantité de toxine ingérée est élevée, plus la maladie est d'apparition rapide et sévère. En général, l'ingestion unique de quelques grammes d'aliment contenant de la toxine botulique est suffisante pour déclencher un botulisme. Chez un nouveau-né ou un jeune enfant, l'ingestion d'une dizaine à une centaine de spores est capable de causer une toxo-infection, ce qui peut représenter des quantités aussi faibles que quelques mg d'aliment comme le miel ou quelques poussières.

### Épidémiologie

En France, depuis 1991, le nombre médian de cas déclarés à l'InVS (suspects et confirmés) est de 28 avec une étendue de 8 à 44. La moyenne annuelle est de 26. Dans la période 2007-2009, 43 cas de botulisme ont été confirmés, dix cas, dont quatre de botulisme infantile, étaient des formes sévères ayant nécessité des soins intensifs prolongés. Les deux derniers cas mortels ont été observés en 1997 et 2010.

Les foyers sont majoritairement associés à la toxine de type B. Les produits à l'origine des foyers alimentaires survenus en France sont les produits de charcuterie et les conserves de végétaux de fabrication familiale ou artisanale et exceptionnellement des produits industriels (2 cas en 2008).

L'incidence du botulisme dans les autres pays est variable et dépend de nombreux facteurs tels que les habitudes alimentaires, ou la prévalence de *C. botulinum* dans l'environnement. Aux États-Unis, le botulisme infantile est la forme de botulisme prédominante, alors qu'au Royaume-Uni le botulisme par blessure chez les utilisateurs de drogue est préoccupant.

(1) Population sensible : les personnes ayant une probabilité plus forte que la moyenne de développer, après exposition au danger par voie alimentaire [dans le cas des fiches de l'Anses], des symptômes de la maladie, ou des formes graves de la maladie.

(2) Relation entre la dose (la quantité de cellules microbiennes ingérées au cours d'un repas) et l'effet chez un individu.

Tableau 2. Caractéristiques de la maladie

Durée moyenne d'incubation	Principaux symptômes	Complication
1-10 jours 1-3 jours le plus souvent	• Troubles digestifs (vomissements, diarrhée) observés de façon inconstante en début d'évolution (environ 30-50 %) • Constipation fréquente en fin d'évolution (20-70 %)	Mortalité par insuffisance respiratoire (5-10%, jusqu'à 25% selon la prise en charge médicale)
Durée des symptômes	• Paralysies des muscles de l'accommodation : vision floue, diplopie, mydriase (70-100 %) • Paralysies au niveau buccal : sécheresse de la bouche, difficultés de déglutition et d'élocution (80-100 %) • Formes les plus graves : paralysies des membres (faiblesse des membres à parapésie) et des muscles respiratoires (50-80 %)	
Quelques jours à 8 mois		
Population cible	Formes asymptomatiques	
Cosmopolite, toutes classes d'âge	Non, Possibilité de formes frustes (troubles visuels et/ou troubles de la déglutition)	

Fiche de description de danger microbien transmissible par les aliments / *Clostridium botulinum*, *Clostridium neurotoxinogènes*

## ANNEXE 4

### Rôle des aliments

#### Principaux aliments à considérer

Les matières premières alimentaires sont contaminées par des bactéries/spores de *Clostridium* neurotoxigènes à partir de l'environnement (cf. sources du danger). Certaines denrées peuvent être contaminées par l'intermédiaire d'épices ou de condiments (poivre, ail, etc.).

Les conditions de préparation et de conservation des denrées déterminent ensuite une éventuelle germination des spores, la croissance des bactéries ainsi que la toxigénèse. La présence de toxine botulique dans les aliments manufacturés peu acides est souvent due à un défaut de maîtrise du procédé (contrôle de la température de cuisson/stérilisation ou de la température de conservation, contrôle insuffisant du pH et de l'a<sub>w</sub>, fuites de l'emballage). La toxine botulique est stable dans les aliments sur une longue période.

Les aliments à risque pour le consommateur sont des aliments conservés peu acides. Les aliments le plus souvent impliqués dans les foyers de botulisme sont des conserves familiales ou des produits de fabrication artisanale tels que :

- mortadelle, jambon cru salé et séché, charcuteries (saucisses, pâtés) (toxine de type B);
- conserves de végétaux (asperges, haricots verts, carottes et jus de carotte, poivrons, olives à la grecque, potiron, etc.), salaisons à base de viande de bœuf (toxine de type A);
- poisson salé et séché, marinades de poisson, poisson ou viande de phoque fermenté, emballé sous vide (toxine de type E).

Le miel contaminé par des spores de *C. botulinum* est le seul aliment connu pour la transmission du botulisme infantile.

#### Traitements d'inactivation en milieu industriel

Désinfectants	Hautes pressions												
<p>Les spores sont sensibles à la majorité des désinfectants autorisés en IAA, sous réserve de suivre les modalités d'utilisation recommandées.</p> <p>Les composés chlorés sont les agents chimiques les plus actifs.</p> <p>Les spores de <i>C. botulinum</i> A, B et E sont inactivées à des concentrations de 4,5 ppm (m/v) de chlore libre (pH 6,5).</p>	<p>Les spores de <i>C. botulinum</i> sont très résistantes à la pression.</p> <p>Les spores peuvent être inactivées par la combinaison d'un traitement thermique et d'un traitement par hautes pressions.</p>												
	Ionisation												
	<p>Valeur de D<sub>10</sub><sup>(3)</sup> pour les spores (traitements sur aliments congelés):</p> <p>D<sub>10</sub> (T°C ≤ -18) = 2 - 4,5 kGy (Groupe I)</p> <p>D<sub>10</sub> (T°C ≤ -18) = 1,0 - 2,0 kGy (Groupe II)</p>												
Effets de la température													
<p>La thermorésistance de <i>C. botulinum</i> varie entre groupes et au sein des groupes. En ce qui concerne les groupes I et II, un consensus international définissant des barèmes conférant un niveau de sécurité acceptable est établi.</p> <p>Les souches protéolytiques du groupe I possèdent les spores les plus thermorésistantes, les souches non protéolytiques du groupe II sont les plus thermosensibles.</p>													
<p>Tableau 3. Valeurs de D<sup>(4)</sup> et Z<sup>(5)</sup> pour les spores de <i>C. botulinum</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><i>C. botulinum</i> Groupe I</th> <th><i>C. botulinum</i> Groupe II</th> <th><i>C. botulinum</i> Groupe III</th> <th><i>C. botulinum</i> Groupe IV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D<sub>121,1°C</sub> = 0,21 min</td> <td>D<sub>101,1°C</sub> = 0,6-1,25 min*</td> <td>D<sub>101,1°C</sub> = 0,1-0,9 min*</td> <td>D<sub>101,1°C</sub> = 0,8-1,12 min*</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">Z = 10 °C</td> </tr> </tbody> </table>		<i>C. botulinum</i> Groupe I	<i>C. botulinum</i> Groupe II	<i>C. botulinum</i> Groupe III	<i>C. botulinum</i> Groupe IV	D <sub>121,1°C</sub> = 0,21 min	D <sub>101,1°C</sub> = 0,6-1,25 min*	D <sub>101,1°C</sub> = 0,1-0,9 min*	D <sub>101,1°C</sub> = 0,8-1,12 min*	Z = 10 °C			
<i>C. botulinum</i> Groupe I	<i>C. botulinum</i> Groupe II	<i>C. botulinum</i> Groupe III	<i>C. botulinum</i> Groupe IV										
D <sub>121,1°C</sub> = 0,21 min	D <sub>101,1°C</sub> = 0,6-1,25 min*	D <sub>101,1°C</sub> = 0,1-0,9 min*	D <sub>101,1°C</sub> = 0,8-1,12 min*										
Z = 10 °C													
<p>* Variable selon les souches. Les spores sont résistantes à la congélation.</p>													

(3) D<sub>10</sub> est la dose (en kGy) nécessaire pour réduire une population à 10 % de son effectif initial.

(4) D est le temps nécessaire pour diviser par 10 la population du danger microbiologique initialement présente.

(5) Z est la variation de température (°C) correspondant à une variation d'un facteur 10 du temps de réduction décimale.

(6) F<sub>0</sub>: durée en minutes d'un traitement thermique appliqué à cœur du produit à la température de référence de 121,1 °C.

### Surveillance dans les aliments

Il n'existe pas de critère spécifique dans la réglementation européenne pour *C. botulinum* dans les aliments. Il n'existe pas de méthode normalisée pour la détection de *C. botulinum*. La détection de *C. botulinum* est basée sur la recherche de toxine (test *in vivo*, ELISA, test d'activité enzymatique) et la mise en évidence de la bactérie par culture d'enrichissement suivie de détection de toxine et/ou des gènes codant pour les neurotoxines (PCR essentiellement). La recherche de *C. botulinum* dans les aliments n'est pas un examen approprié en routine, car la recherche de la toxine ne peut se faire que dans des conditions de sécurité particulières.

#### Recommandations aux opérateurs

- Appertisation des conserves non acides: tout produit de pH égal ou supérieur à 4,5 doit être soumis à un traitement garantissant une efficacité stérilisatrice (valeur stérilisatrice<sup>(6)</sup> F<sub>0</sub><sup>121,1</sup> ≥ 3 min) adéquate contre les spores de *C. botulinum*. Les barèmes de stérilisation sont fonction de la nature du produit et de son contenant.
- Respect des recommandations de l'ACMSF pour éviter un développement de *C. botulinum*, en particulier du groupe II (psychrotrophes), dans les produits peu acides ayant subi ou non un traitement thermique minimal et distribués réfrigérés.
- Salaisons: le NaCl (10 %) avec les nitrites (150 mg/g) sont les additifs les plus efficaces pour inhiber la croissance de *C. botulinum*. L'activité de l'eau est également un facteur à maîtriser.
- Étiquetage préventif concernant la consommation du miel par le nourrisson de moins de 12 mois.

### Hygiène domestique

#### Recommandations aux consommateurs

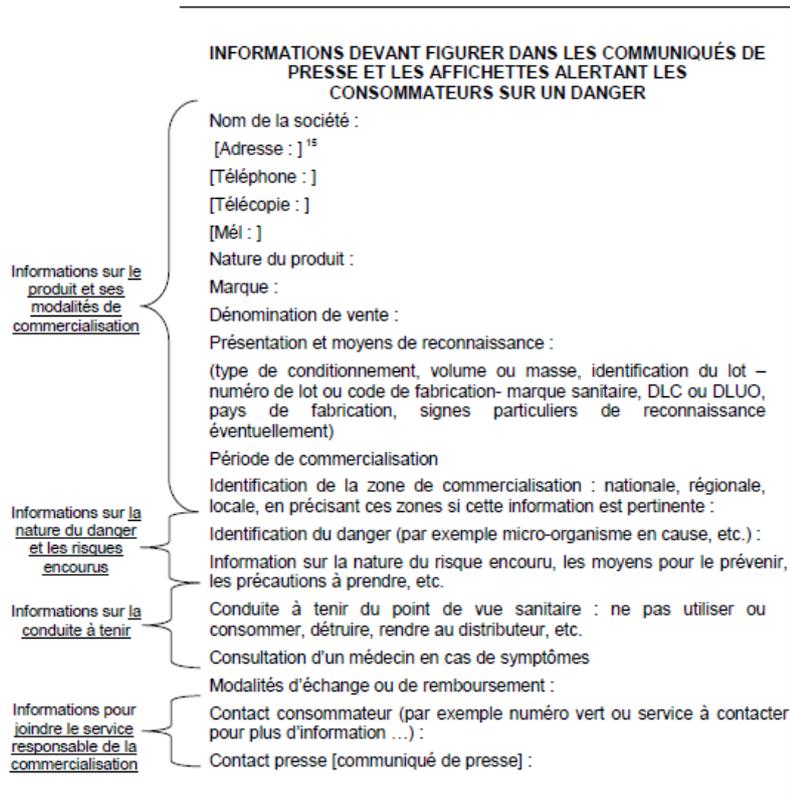
- Hygiène de la préparation des aliments à conserver (nettoyage soigneux des végétaux, hygiène de l'abattage des animaux à la ferme et de la préparation des viandes, propreté des récipients ou des emballages).
- Respect des consignes de stérilisation des fabricants (températures/temps, nombre d'unités de conserves par stérilisateur). Une cuisson par ébullition est insuffisante pour stériliser les denrées alimentaires.
- Les boîtes de conserves déformées/bombées et celles dégageant une odeur suspecte à l'ouverture ne doivent pas être consommées. Les légumes contaminés par la toxine botulique ne dégagent pas d'odeur spécifique.
- Pour les jambons de préparation familiale, il est impératif de respecter les concentrations en sel de la saumure et le temps de saumurage de façon à ce que les concentrations en NaCl et en nitrites inhibitrices de la croissance de *C. botulinum* atteignent le cœur du jambon.
- Le respect de la chaîne du froid est indispensable pour les préparations n'ayant pas subi de traitement thermique ou l'ayant subi à un niveau insuffisant.
- Pour les denrées du commerce, il est nécessaire de respecter les consignes de conservation au froid et les dates limites de consommation.
- Il ne faut pas faire consommer du miel aux nourrissons de moins de 12 mois.

## ANNEXE 5 : COMMUNIQUÉ DE PRESSE

Ces données doivent figurer dans tout message.

L'exploitant reste libre de compléter et d'adapter sa communication, en concertation avec les administrations.

☞ Il est indispensable, que le message comporte des éléments d'explication sur la nature du danger encouru, les moyens de le prévenir et les précautions à prendre.



<sup>15</sup> Informations facultatives

## ANNEXE 6 : EXTRAIT D'UN DOCUMENT COFRAC

	<b>Liste des domaines et documents techniques d'accréditation</b>	Référence : LAB INF 99 Indice de révision : 11 Date d'application : 01/02/2013
---	---	--

### PREAMBULE

Ce document est à l'usage des organismes accrédités ou candidats à l'accréditation pour la réalisation :

- d'essais ou d'analyses suivant la norme NF EN ISO/CEI 17025,
- d'étalonnages suivant la norme NF EN ISO/CEI 17025,
- de vérification d'instruments de mesure réglementés suivant le document LAB ML REF 02.

Il est également utile aux évaluateurs dans le cadre des missions qui leurs sont confiées.

Sont listés dans les tableaux suivants :

1. Les Commissions Techniques d'Accréditation en charge des domaines techniques ouverts à l'accréditation par la section Laboratoires du Cofrac ;
2. Les domaines d'analyses et d'essais ouverts à l'accréditation par la section Laboratoires, en liaison avec les éventuels documents associés développés par le Cofrac ;
3. Les domaines d'étalonnage ouverts à l'accréditation par la section Laboratoires, en liaison avec les éventuels documents associés développés par le Cofrac ;
4. Les domaines de métrologie légale ouverts à l'accréditation par la section Laboratoires ;
5. Les guides techniques et documents d'exigences spécifiques élaborés par le Cofrac ;
6. La nouvelle classification suivant laquelle la compétence des laboratoires est exprimée. Cette classification ou thématique est adoptée progressivement par le Cofrac.

Les documents cités ne constituent pas, pour la majorité d'entre eux, des documents d'exigences techniques opposables aux laboratoires dans le cadre des évaluations. Ils sont mis à disposition à des fins d'information et d'harmonisation.

Les programmes d'accréditation en essais cités ci-après (§ 2 et 3) et document appelés « exigences techniques » sont destinés à être remplacés progressivement par des Guides Techniques d'Accréditation et/ou des Documents d'Exigences Spécifiques, selon qu'ils comportent ou non des exigences additionnelles aux référentiels d'accréditation.

Les Guides Techniques d'Accréditation donnent des interprétations des exigences des référentiels d'accréditation cités plus haut pour un domaine technique spécifique. Ils fournissent en outre des recommandations sur la manière de répondre à ces exigences.

Les Documents d'Exigences Spécifiques définissent ou rappellent les exigences particulières des Pouvoirs Publics dans le cadre d'opérations définies dans la réglementation. A ce titre, ils sont opposables aux laboratoires postulant à l'accréditation pour des opérations réglementées.

Ces documents sont disponibles sur le site du Cofrac, [www.cofrac.fr](http://www.cofrac.fr), ou à défaut sur simple demande auprès du Cofrac.

La liste des domaines techniques d'accréditation n'est pas exhaustive, et est amenée à évoluer au fur et à mesure que de nouveaux domaines d'accréditation seront identifiés. Ainsi des accréditations pourront être octroyées pour des analyses, essais ou étalonnages relevant de

## ANNEXE 6 : EXTRAIT D'UN DOCUMENT COFRAC

	<b>Liste des domaines et documents techniques d'accréditation</b>	Référence : LAB INF 99 Indice de révision : 11 Date d'application : 01/02/2013
---	---	--

domaines non ici répertoriés, après examen par le Cofrac de sa capacité à prendre en charge les demandes.

### 1 LISTE DES COMMISSIONS TECHNIQUES D'ACCREDITATION

BAA	Biologie et Agro-Alimentaire
BGC	Bâtiment – Génie-civil
CE	Chimie - Environnement
ERT	Electricité – Rayonnements – Technologies de l'Information
MT	Mécanique - Thermique
CIL	Comparaisons Inter-Laboratoires et Producteurs de Matériaux de référence
ML	Méetrologie Légale

N.B. : La liste et la composition des Commissions Techniques d'Accréditation (CTA) de la section Laboratoires est disponible dans le document LAB INF 02.

## ANNEXE 6 : EXTRAIT D'UN DOCUMENT COFRAC

	<b>Liste des domaines et documents techniques d'accréditation</b>	Référence : LAB INF 99
		Indice de révision : 11
		Date d'application : 01/02/2013

### 2 LISTE DES DOMAINES D'ANALYSES ET D'ESSAIS

N°	LIBELLE	CTA	DOCUMENT ASSOCIE
2	Essais des appareils électrodomestiques et des luminaires	ERT	/
3	Essais sur le béton hydraulique et ses constituants	BGC	/
4	Essais des produits en béton pour voirie et environnement	BGC	/
5	Essais des armatures du béton	BGC	/
6	Essais de détermination de l'efficacité des antiseptiques et désinfectants	BAA	LAB GTA 19
7	Essais des pierres de construction	BGC	/
8	Essais des enrobés hydrocarbonés et de leurs constituants	BGC	/
9	Essais des matériels aérauliques (à l'exception de ceux utilisés dans le bâtiment)	MT	/
10	Essais de résistance mécanique des éléments de construction	BGC	/
11	Quincaillerie : essais des serrures et éléments de fermeture	MT	/
12	Essais des refroidisseurs de lait en vrac	MT	/
13	Essais d'éléments d'appareillage industriel à basse tension	ERT	/
14	Essais sur peintures et préparations assimilées	BGC	/
16	Essais en laboratoire de caractérisation thermique des matériaux, éléments de construction et parois de bâtiment	BGC	/
17	Essais acoustiques en laboratoire applicables aux éléments de construction destinés au bâtiment	BGC	LAB GTA 15
18	Essais acoustiques en laboratoire applicables aux équipements hydrauliques utilisés dans le bâtiment	BGC	LAB GTA 15
19	Essais thermiques d'échangeurs et de machines thermodynamiques à compression	MT	/
20-1	Essais des produits textiles et d'habillement - Partie 1 : Analyses chimiques quantitatives des textiles	MT	/
20-2	Essais des produits textiles et d'habillement - Partie 2 : Essais mécaniques	MT	/
20-3	Essais des produits textiles et d'habillement - Partie 3 : Solidité des teintures et étoffes	MT	/
20-4	Essais des produits textiles et d'habillement - Partie 4 : Caractéristiques des étoffes	MT	/
20-5	Essais des produits textiles et d'habillement - Partie 5 : Caractéristiques de construction des tissus	MT	/
20-6	Essais des produits textiles et d'habillement - Partie 6 : Accessoires et fournitures	MT	/
20-7	Essais des produits textiles et d'habillement - Partie 7 : Vêtements de protection	MT	/
20-8	Essais des produits textiles et d'habillement - Partie 8 : Articles textiles à usage médical	MT	/
20-9	Essais des produits textiles et d'habillement - Partie 9 : Essais des fibres et fils	MT	/
20-10	Essais des produits textiles et d'habillement - Partie 10 : Essais des plumes et duvets	MT	/
21	Essais d'éléments d'appareillage électrique pour installations	ERT	/

## ANNEXE 6 : EXTRAIT D'UN DOCUMENT COFRAC

	<b>Liste des domaines et documents techniques d'accréditation</b>	Référence : LAB INF 99
		Indice de révision : 11
		Date d'application : 01/02/2013

N°	LIBELLE	CTA	DOCUMENT ASSOCIE
	domestiques et analogues		
22	Essais des produits réfractaires	MT	/
23	Essais sur les roches et granulats	BGC	/
25-1	Essais des matériels aérauliques utilisés dans le bâtiment Partie 1 : Propriétés aérauliques et thermiques	BGC	/
25-2	Essais des matériels aérauliques utilisés dans le bâtiment Partie 2 : Propriétés acoustiques	BGC	LAB GTA 15
27-1	Essais de compatibilité électromagnétique : Partie Emission	ERT	LAB GTA 07 LAB GTA 13
27-2	Matériels informatiques : Essais de sécurité électrique	ERT	/
28-1	Essais des menuiseries de bâtiment Partie 1 : Fenêtres et ensembles menuisés	BGC	/
28-2	Essais des menuiseries de bâtiment Partie 2 : Profilés utilisés dans la fabrication des fenêtres	BGC	/
29-1	Essais des matériaux métalliques Partie 1 : Essais mécaniques	MT	LAB GTA 16
29-2	Essais des matériaux métalliques Partie 2 : Détermination de la composition chimique des métaux ferreux et non-ferreux	MT	LAB GTA 16
29-3	Essais des matériaux ferreux Partie 3 : Détermination des propriétés des tôles magnétiques	MT	/
29-4	Essais des matériaux métalliques Partie 4 : Essais physiques et physico-chimiques	MT	LAB GTA 16
29-5	Essais des matériaux métalliques Partie 5 : Essais sur assemblages soudés	MT	LAB GTA 16
29-6	Essais des matériaux métalliques Partie 6 : Analyses et essais des métaux précieux	MT	LAB REF 12
30	Essais des pompes centrifuges, hélico-centrifuges et hélices	MT	/
31-1	Essais des revêtements de sol textiles et des revêtements de sol résilients - Partie 1 : Propriétés d'usage	BGC	/
31-2	Essais des revêtements de sol textiles et de sol résilients Partie 2 : Propriétés électriques	ERT	/
32	Essais physico-chimiques des éléments de construction pour maçonnerie et couverture	BGC	/
33	Essais des soupapes de sûreté - Applications industrielles	MT	/
35-1	Essais des appareils de robinetterie industrielle	MT	/
35-2	Essais de matériels de robinetterie industrielle destinés aux circuits en pression ou température	MT	/
36	Essais sur panneaux à base de bois	BGC	/
37-1	Essais des systèmes de sécurité incendie Partie 1 : Matériels de détection automatique	BGC	/
37-2	Essais des systèmes de sécurité incendie Partie 2 : Aptitude à l'emploi des dispositifs actionnés de sécurité	BGC	/
38	Essais en environnement climatique et mécanique	MT	/
39-2	Essais des éléments de fixation mécanique :	BGC	/

## ANNEXE 6 : EXTRAIT D'UN DOCUMENT COFRAC

	<b>Liste des domaines et documents techniques d'accréditation</b>	Référence : LAB INF 99
		Indice de révision : 11
		Date d'application : 01/02/2013

N°	LIBELLE	CTA	DOCUMENT ASSOCIE
	Partie 2 : Essais de chevilles à expansion		
40	Essais des automates programmables	ERT	Programme n°40
41	Essais des appareils et matériels utilisant les combustibles gazeux	MT	/
42	Essais des casques de protection	MT	/
43	Essais de chaudières électrofioul domestiques	ERT	Programme n°43
44-1	Essais sur les matériels destinés à équiper les réseaux aériens isolés à basse tension : Partie relative aux accessoires	ERT	/
44-2	Essais sur les matériels destinés à équiper les réseaux aériens isolés à basse tension : Partie relative aux câbles isolés assemblés en faisceau	ERT	/
45	Essais des tubes et composants rigides à base polymérique	MT	/
47	Essais des vitrages isolants	BGC	/
48	Essais de sécurité des jouets	MT	/
49	Essais des géotextiles	BGC	/
50	Essais des corps de chauffe alimentés en eau chaude ou en vapeur basse pression	MT	/
51	Essais des tubes en cuivre à braser par capillarité	BGC	/
52	Essais des filtres et produits filtrants pour liquide	MT	/
53	Essais des cuirs et articles de la filière cuir	MT	/
54	Essais des chaudières automatiques fonctionnant aux combustibles liquide équipées de brûleurs à pulvérisation	MT	/
55	Essais des relais électriques de tout ou rien.	ERT	Programme n°55
56	Essais de turbines hydrauliques	MT	/
57	Essais des appareils de mesure utilisés pour la radioprotection et la radioprospection	ERT	/
58	Essais de matériels divers utilisés pour la distribution à haute ou moyenne tension	ERT	/
59	Analyses microbiologiques des produits et environnement agro-alimentaires	BAA	LAB GTA 59
60	Analyses des aliments diététiques et de régime et analyses destinées à l'étiquetage nutritionnel des aliments	BAA	LAB GTA 25
61	Analyse des produits laitiers : méthodes physico-chimiques	BAA	LAB GTA 25
62	Essais des appareils de cuisson sous pression à usage domestique	MT	/
63	Essais physiques et mécaniques des matériels de lignes aériennes	MT	/
64	Essais des huiles blanches (qualité alimentaire)	CE	Programme n°64
65	Essais des huiles isolantes	CE	Programme n°65
66-1	Essais des paraffines	CE	Programme n°66-1
66-2	Essais des cires et produits paraffineux	CE	Programme n°66-2
67	Essais des pétroles bruts, produits à distiller et condensats	CE	Programme n°67
68	Essais des fuels lourds et fuels de soute	CE	Programme n°68
69	Essais des graisses lubrifiantes	CE	Programme n°69

## ANNEXE 6 : EXTRAIT D'UN DOCUMENT COFRAC

	<b>Liste des domaines et documents techniques d'accréditation</b>	Référence : LAB INF 99
		Indice de révision : 11
		Date d'application : 01/02/2013

N°	LIBELLE	CTA	DOCUMENT ASSOCIE
93	Essais sur plastiques et sur composites à matrice organique	CE	/
94	Essais d'évaluation de la qualité de l'air des lieux de travail	CE	LAB GTA 94
96	Analyses de terres	BAA	Programme n°96
97	Prélèvements et analyses des polluants atmosphériques à l'émission et dans l'air ambiant	CE	LAB REF 22
98	Analyse des bières, malts, orges brassicoles, grains crus et houblons	BAA	Programme n°98
99-1	Analyse de contaminants chimiques chez les animaux, dans leurs produits et les denrées alimentaires destinées à l'homme ou aux animaux : Mycotoxines	BAA	LAB GTA 21
99-2	Analyse de contaminants chimiques chez les animaux, dans leurs produits et les denrées alimentaires destinées à l'homme ou aux animaux : Résidus de pesticides	BAA	LAB GTA 26
99-3	Analyse de contaminants chimiques chez les animaux, dans leurs produits et les denrées alimentaires destinées à l'homme ou aux animaux : Métaux	BAA	Programme n°99-3
99-4	Analyse de contaminants chimiques chez les animaux, dans leurs produits et les denrées alimentaires destinées à l'homme ou aux animaux : Radionucléides	BAA	Programme n°99-4
99-5	Analyse de contaminants chimiques chez les animaux, dans leurs produits et les denrées alimentaires destinées à l'homme ou aux animaux : Xénobiotiques anabolisants - Agonistes bêta adrénergiques	BAA	Programme n°99-5
99-6	Analyse de contaminants chimiques chez les animaux, dans leurs produits et les denrées alimentaires destinées à l'homme ou aux animaux : Résidus de médicaments vétérinaires	BAA	Programme n°99-6
100-1	Analyses physico-chimiques des eaux	CE	Programme n°100-1 LAB REF 18
100-2	Analyses microbiologiques, biologiques et de biologie moléculaire des eaux	CE	LAB GTA 23 LAB REF 18
100-3	Analyses biologiques des milieux aquatiques	CE	Programme n°100-3 LAB REF 18
101	Essais sur les marques et les produits de marquage de chaussées	BGC	/
102	Essais sur carreaux et dalles céramiques pour sols et murs	BGC	/
103	Essais des barbecues fonctionnant au charbon de bois	MT	/
104	Essais des poeles mobiles à pétrole	MT	/
105	Essais des produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique	BGC	/
107	Essais de compatibilité électromagnétique : Partie Immunité	ERT	LAB GTA 07 LAB GTA 13
108	Analyses des matières fertilisantes et supports de culture	BAA	Programme n°108
109	Essais et analyses en immuno-sérologie animale	BAA	Programme n°109
110-1	Essais des meubles, sièges, lits, matelas, sommiers	MT	/

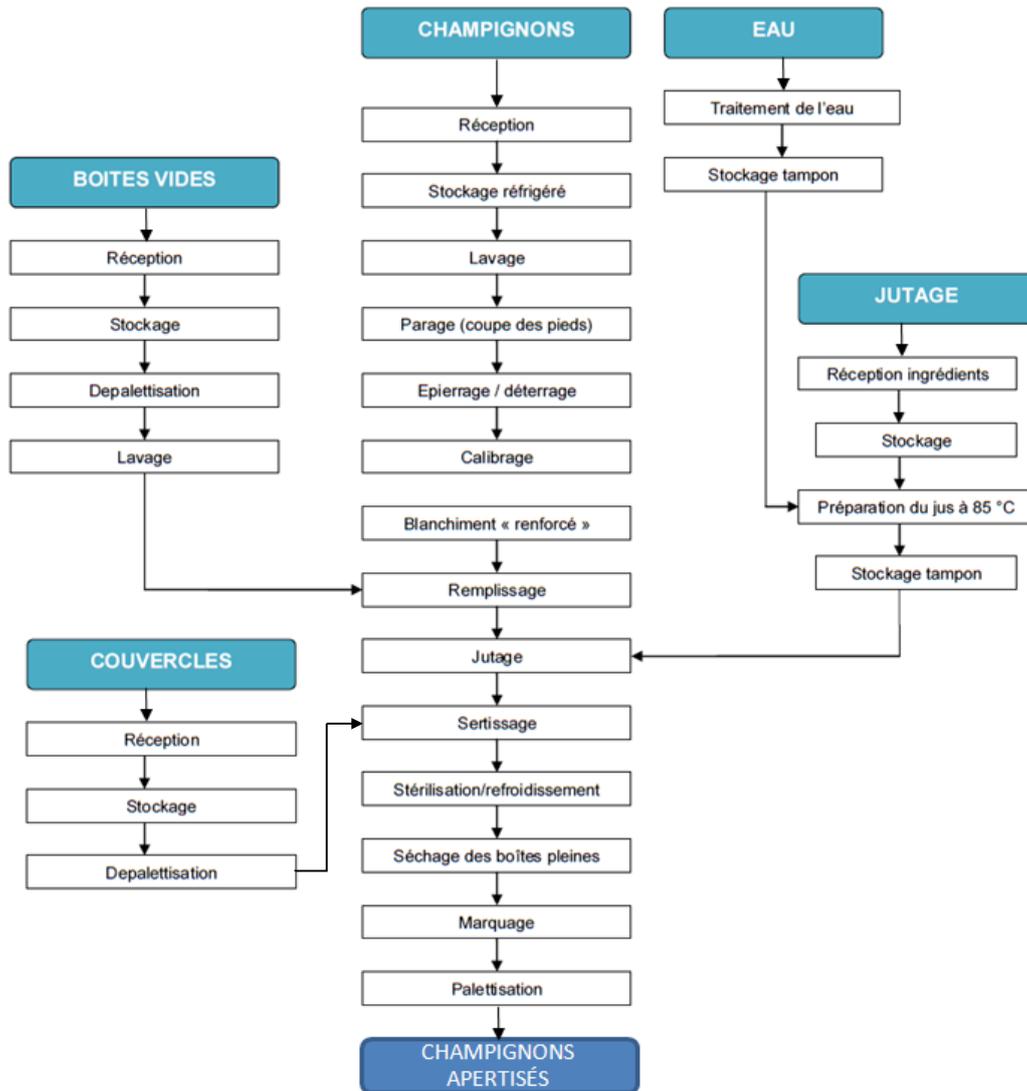
## ANNEXE 7 : EXTRAIT DE LA LISTE DES LABORATOIRES ACCRÉDITÉS

### COFRAC

Lieu	Programmes d'accréditation
Labo 1 Nantes (44)	N° 78 Analyses des vins et des moûts. N° 98 Analyses des bières, malts, orges brassicoles, grains crus et houblons. N° 118 Analyses physico-chimiques des sucres, produits sucrés et édulcorés, boissons sans alcool. N° 60 Analyses des aliments diététiques et de régime et analyses destinées à l'étiquetage nutritionnel des aliments. N° 81 Analyses des aliments pour animaux.
Labo 2 Douai (59)	N° 59 Analyses microbiologiques des produits agro-alimentaires. N° 60, 80, 118 Analyses physico-chimiques en vue de la détermination de la composition, des critères de qualité et technologiques et de l'étiquetage nutritionnel dans l'alimentation humaine et animale.
Labo 3 Orléans (45)	N° 59 Analyses microbiologiques des produits agro-alimentaires. N° 100-2 Analyses microbiologiques des eaux.
Labo 4 Metz (57)	N° 59 Analyses microbiologiques des produits agro-alimentaires. N° 116 Essais et analyses en bactériologie animale.
Labo 5 Paris (75)	N° 133 Analyses sensorielles.



**ANNEXE 8 : DIAGRAMME DE FABRICATION DES CHAMPIGNONS APPERTISÉS**



## ANNEXE 9

### DOCUMENT 1 : PLAN DE NETTOYAGE / DESINFECTION DE LA TRANCHEUSE

Matériel	Fréquence	Produit	Mode d'action	Documentation
Trancheuse	Tous les jours en fin de production	Propy	Trempage 20 min dans une solution à 2 %	Remplir l'enregistrement associé

### DOCUMENT 2 : PROPY

#### Produit détergent, antitartre et sans phosphore pour l'hygiène des extérieurs

<b>Caractéristiques physico-chimiques</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Présentation : liquide jaune pâle</li><li>- Nature : alcalin</li><li>- pH à 1 % (m/v) en eau distillée et à 20 °C : 11,9 ± 0,3</li><li>- Densité à 20 °C : 1,15 ± 0,02</li><li>- Sensibilité au gel : 8 °C</li><li>- Formation de mousse : Auto moussant</li></ul>
<b>Comportement vis-à-vis des matériaux</b>	Le Propy ne doit pas être utilisé sur aluminium et autres alliages légers.
<b>Qualités</b>	<p>Le Propy est un détergent moussant à très fort pouvoir complexant. Sa composition empêche la formation de tartre et permet son utilisation en phase unique, même en eaux dures. Sa formulation autorise des applications par brossage manuel. Le Propy laisse les inox brillants.</p> <p>Le Propy est exempt de phosphore. Cela contribue à la protection de l'environnement par l'absence de phosphore rejeté.</p>
<b>Domaines d'application</b>	<p>Suivant la concentration, le Propy est utilisable en brossage, trempage ou mousse.</p> <p>Le Propy est particulièrement adapté :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- au nettoyage en mousse des extérieurs de matériels (cuveries, tuyauteries, ...),</li><li>- au nettoyage par brossage ou trempage des petits matériels démontables (agitateurs, brasseurs, raccords, ...),</li><li>- au nettoyage en mousse ou par brossage des sols et murs.</li></ul>

Le document 2 de l'annexe 9 se poursuit page suivante.

## ANNEXE 9

Mode d'emploi	Concentration	Temps de contact	Température
<b>TREMPAGE</b>	De 1 à 2 %	de 30 mn à quelques heures	Ambiante
<b>BROSSAGE</b>	De 1,4 à 1,5 %	quelques minutes	Ambiante à 40 °C
<b>MOUSSE</b>	De 2 à 2,5 %	30 minutes	Ambiante
L'opération de nettoyage doit être suivie d'un rinçage à l'eau potable.			
<b>Contrôle de concentration</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prise d'essai : 10 mL</li> <li>- Indicateur coloré : Phénolphtaléine</li> <li>- Réactif : HCl 0,5 mol.L<sup>-1</sup></li> <li>- Facteur de titrage : 4,8</li> </ul> <p>Nombre de mL d'HCL 0,5 mol.L<sup>-1</sup> versés (x) facteur de titrage = Concentration en % (m/v)</p>		
<b>Matériel d'application</b>	Le Propy peut être utilisé en mousse grâce à notre matériel (canon à mousse, centrale mousse, ...)		
<b>Toxicité</b>	De par son alcalinité, le Propy pur est dangereux pour la peau et les muqueuses.		
<b>Sécurité et précautions d'emploi</b>	<p>À chaque fois qu'un produit détergent entre en contact avec la peau, les yeux, ..., il faut rincer abondamment à l'eau et contacter, le cas échéant, le plus rapidement possible, un médecin.</p> <p>D'une façon générale, tous les produits détergents sont à proscrire, en particulier un produit alcalin avec un produit acide car ce mélange donne lieu à une réaction exothermique très dangereuse.</p> <p>Ce produit est classé dangereux. Avant utilisation, lire attentivement les conseils mentionnés sur l'étiquette ou la Fiche de Données de Sécurité du produit.</p>		

## ANNEXE 10 : EXTRAIT DU RÈGLEMENT CE N° 852/2004

(Règles générales d'hygiène pour toutes les denrées alimentaires)

### CHAPITRE V

Dispositions applicables aux équipements

1. Tous les articles, installations et équipements avec lesquels les denrées alimentaires entrent en contact doivent :
  - a) être effectivement nettoyés et, le cas échéant, désinfectés. Le nettoyage et la désinfection doivent avoir lieu à une fréquence suffisante pour éviter tout risque de contamination ;
  - b) être construits, réalisés et entretenus de manière à réduire au maximum les risques de contamination ;
  - c) à l'exception des conteneurs et emballages perdus, être construits, réalisés et entretenus de manière à ce qu'ils soient tenus propres et, au besoin, désinfectés ;
  - d) être installés de manière à permettre un nettoyage convenable des équipements et de la zone environnante.
2. Si cela est nécessaire, les équipements doivent être munis d'un dispositif de contrôle approprié pour garantir la réalisation des objectifs du présent règlement.
3. S'il est nécessaire pour empêcher la corrosion des équipements et des récipients, utiliser des additifs chimiques. Ils doivent l'être conformément aux bonnes pratiques.

## ANNEXE 11

**TABLEAU D'AIDE À LA DÉCISION POUR LE CHOIX DU FOURNISSEUR DE CHAMPIGNONS FRAIS**  
Évaluation des fournisseurs selon la méthode CQFD

Fournisseur	Coût	Qualité de l'organisation	Fiabilité	Délai	Note moyenne
A	8	5	3	4	5,0
B	3	5	7	6	5,3
C	4	8	3	5	5,0

Fiabilité = taux de non conformités à réception

Chaque critère est évalué de 1 (mauvais) à 10 (très bon).

## ANNEXE 12

### EXTRAITS DE L'IFS FOOD VERSION 6 (chapitre 6)

#### 6.1. Évaluation de la protection de la chaîne alimentaire contre les actes malveillants

6.1.1. Les responsabilités pour la protection de la chaîne alimentaire contre les actes malveillants doivent être clairement définies. Ce(s) responsable(s) doi(ven)t faire partie du personnel clé ou doi(ven)t avoir accès à l'équipe de direction. Des connaissances suffisantes dans ce domaine doivent être démontrées.

6.1.2. Une analyse des dangers et une évaluation des risques associés sur la protection de la chaîne alimentaire contre les actes malveillants doivent avoir été réalisées et documentées. Sur la base de cette évaluation et des dispositions légales, les zones critiques pour la sûreté doivent être identifiées.

Cette évaluation doit être revue au moins annuellement ou en fonction des changements pouvant affecter l'intégrité des aliments.

Un système d'alerte appropriée doit être défini et son efficacité doit être régulièrement vérifiée.

6.1.3. Si la législation requiert des enregistrements ou des inspections sur site, des preuves doivent être fournies.

#### 6.2. La sécurité du site

6.2.1. Sur la base d'une analyse des dangers et d'une évaluation des risques associés, les zones critiques pour la sûreté doivent être protégées de manière appropriée pour empêcher tout accès non autorisé. Les zones d'accès doivent être contrôlées.

6.2.2. Des procédures doivent être mises en place afin d'empêcher et/ou d'identifier tout acte de malveillance

#### 6.3. Personnel et sécurité des visiteurs

6.3.1. La politique pour les visiteurs doit contenir des clauses sur la protection de la chaîne alimentaire contre les actes malveillants. Les livreurs et personnes en charge des déchargements étant en contact avec les produits doivent être identifiés et doivent respecter les conditions d'accès à la société. Les visiteurs et les prestataires de services externes doivent être identifiés dans les zones où les produits sont stockés et doivent être enregistrés au moment de leur accès. Ils devraient être informés de la politique du site et de la vérification des accès qui en découle.

6.3.2. Tous les employés doivent être formés à la protection de la chaîne alimentaire contre les actes malveillants, annuellement ou lorsque des changements importants se produisent. Les sessions de formation doivent être documentées. Les processus d'embauche et de licenciement des employés doivent prendre en compte les aspects sécuritaires, comme permis dans les dispositions légales.

#### 6.4. Inspections externes

6.4.1. Une procédure documentée doit exister pour la gestion des inspections externes et des visites réglementaires. Le personnel concerné doit être formé pour exécuter la procédure.

# Sujets 2017

**E2-U21 Mathématiques**

**2017**

Durée : 2 heures Coefficient : 2

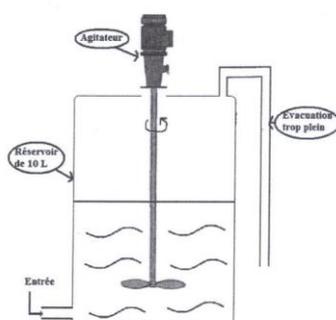
Calculatrice autorisée

## Exercice 1 : (10 points)

Un réservoir d'une capacité de 10 litres contient 2 litres d'un concentré de parfum. On y introduit, à partir de l'instant  $t=0$ , de l'éthanol, avec un débit de  $20 \text{ cm}^3$  par seconde. Le liquide présent dans le réservoir est mélangé en permanence par un agitateur.

Dans tout le problème,  $Q(t)$  désigne la quantité, en  $\text{cm}^3$ , d'éthanol présente dans le réservoir, à l'instant  $t$  exprimé en seconde.

On rappelle qu'un litre vaut  $1000 \text{ cm}^3$ .



### PARTIE A : Étude qualitative du problème

1. (a) Vérifier que le réservoir contient 5 litres de mélange concenter

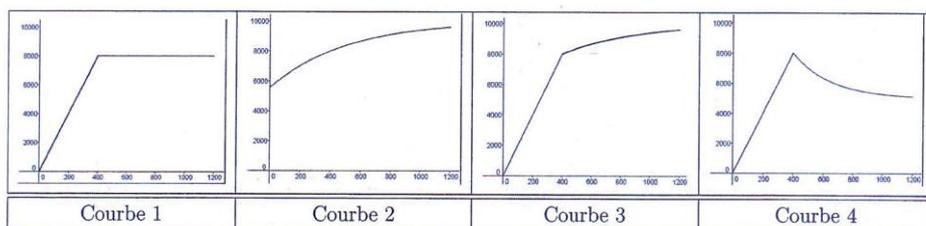
(b) Au bout de combien de temps le réservoir est-il plein ?

2. Alors que le réservoir est plein, suite à un incident, la pompe continue à l'alimenter dans les mêmes conditions. Un système de trop-plein a été prévu dans ce cas de figure, et dès cet instant, chaque seconde,  $20 \text{ cm}^3$  de liquide homogène s'échappe par ce système.

On s'intéresse à la quantité  $Q$  d'éthanol présente dans le récipient depuis l'instant initial, moment où commence le remplissage du réservoir.

(a) D'après vous, comment varie cette quantité  $Q$  en fonction du temps ? Argumenter.

(b) Parmi les quatre courbes ci-dessous (l'axe des abscisses représente le temps exprimé en secondes, l'axe des ordonnées, la quantité  $Q$  exprimée en  $\text{cm}^3$ ), une seule représente la quantité d'éthanol présente dans le réservoir en fonction du temps. Laquelle ? Justifier votre choix



Dans la suite du problème, on va modéliser plus précisément la quantité  $Q$ , suite à l'incident.

### Partie B : Une équation différentielle.

On admet que, pour tout instant  $t \geq 400$ , la quantité d'éthanol présente dans le réservoir vérifie l'équation différentielle :

$$Q'(t) + 0,002 Q(t) = 20, \text{ avec } Q(400) = 8000.$$

On considère l'équation différentielle suivante :

$$(E) : y' + 0,002 y = 20$$

où l'inconnue  $y$  est une fonction de la variable  $t$ , avec  $t \in [400 ; +\infty[$ .

1. Déterminer l'ensemble des solutions de l'équation différentielle homogène associée  
 $(E_0) : y' + 0,002 y = 0$ .
2. Déterminer le réel  $a$  tel que la fonction constante  $t \mapsto a$  soit une solution particulière de (E).
3. En déduire l'ensemble des solutions de (E).
4. Déterminer la fonction  $Q$  répondant au problème posé.

### Partie C : Étude d'une fonction.

On considère la fonction  $Q_1$  définie pour tout réel  $t$  de l'intervalle  $[400 ; +\infty[$  par :

$$Q_1(t) = 10000 - 4451,1 e^{-0,002t}$$

On admet que cette fonction exprime la quantité d'éthanol présente dans le récipient pour  $t \geq 400$ .

1. Calculer la limite de  $Q_1$  en  $+\infty$ . Interpréter ce résultat.
2. En étudiant les variations de la fonction  $Q_1$ , vérifier mathématiquement le résultat de la partie A question 2 (a).
3. On veut déterminer l'instant  $t$  où la proportion d'éthanol dans le réservoir vaut 85%. Par la méthode de votre choix, déterminer une valeur approchée à l'unité près de la solution.
4. On donnera une description de la méthode utilisée.
5. Cette question fait l'objet d'un QCM : on écrira l'unique réponse correcte sur la copie, aucune justification n'est demandée.

On considère l'algorithme suivant :

```
Demander  $A$  un nombre réel compris strictement entre 8000 et 10000
Mettre 400 dans  $T$ 
Tant que  $10000 - 4451,1 e^{-0,002T} < A$ 
  Mettre  $T + 10$  dans  $T$ 
Fin du Tant que
Afficher  $T$ 
```

Cet algorithme a pour but de :

**Réponse (a) :** Déterminer la valeur exacte de l'équation  $Q_1(t) = A$  dans l'intervalle  $[400 ; +\infty[$ .

**Réponse (b) :** Déterminer une valeur approchée par défaut à 10 près de l'équation  $Q_1(t) = A$  dans l'intervalle  $[400 ; +\infty[$ .

**Réponse (c) :** Déterminer une valeur approchée par excès à 10 près de l'équation  $Q_1(t) = A$  dans l'intervalle  $[400 ; +\infty[$ .

**Réponse (d) :** Déterminer les solutions de l'inéquation  $Q_1(t) > A$  dans l'intervalle  $[400 ; +\infty[$ .

## Exercice 2 : (10 points)

Les parties A, B, C et D suivantes peuvent être traitées de façon indépendante.

### Partie A : Défaut de fabrication.

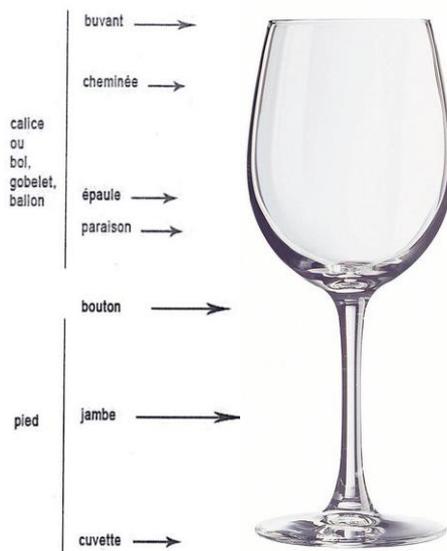
Un verre à pied est constitué de deux parties : le calice (ou bol) et le pied. Ces deux parties sont assemblées à chaud et fabriquées par deux procédés différents. Elles peuvent présenter des défauts indépendamment l'une de l'autre.

On a constaté que la machine qui fabrique les calices produit 5 % de calices défectueux et que la machine qui fabrique les pieds produit 2 % de pieds défectueux. On appelle A l'événement « le calice est défectueux » et B l'événement « le pied est défectueux ».

On prélève un verre au hasard dans la production.

1. Calculer la probabilité pour que le verre ait les deux défauts.

2. Calculer la probabilité pour que le verre soit défectueux c'est-à-dire que le verre ait au moins un des deux défauts.



### Partie B : Vérification d'un lot.

Dans un stock important de verres à pied, on en prélève 20 au hasard pour vérification. Le stock est assez important pour qu'on puisse assimiler ce prélèvement à un tirage avec remise de 20 verres. On considère la variable aléatoire  $X$  qui à tout prélèvement de 20 verres associe le nombre de verres défectueux. On suppose que la probabilité qu'un verre soit défectueux est de  $p = 0,069$ .

1. Justifier que  $X$  suit une loi binomiale dont on précisera les paramètres.

2. Calculer à  $10^{-2}$  près la probabilité de l'événement « dans un tel prélèvement, cinq verres au moins sont défectueux ».

### Partie C : Diamètre du buvant du verre.

Dans cette question on s'intéresse au diamètre, exprimé en millimètre, d'ouverture du verre appelée « buvant » du verre.

On note  $D$  la variable aléatoire qui à chaque verre associe le diamètre de son « buvant ». On admet que  $D$  suit la loi normale de paramètres  $m = 46$  et  $\sigma = 0,3$

On prélève au hasard un verre dans la production.

1. Calculer à  $10^{-2}$  près la probabilité que le diamètre de ce verre soit compris entre 45,8 et 46,3.

2. Déterminer, par la méthode de votre choix, une valeur approchée à  $10^{-1}$  du nombre réel  $a$  tel que

$$P(46 - a \leq D \leq 46 + a) = 0,95.$$

#### Partie D : Brilliance des verres.

La brillance des verres est contrôlée par un dispositif électronique qui analyse les reflets du verre. La durée de bon fonctionnement de ce dispositif, exprimée en mois, est modélisée par une variable aléatoire  $T$  qui suit une loi exponentielle de paramètre  $\lambda$  avec  $\lambda > 0$ . Ainsi, pour tout réel  $t$  positif, la probabilité que le dispositif ait un temps de bon fonctionnement inférieur ou égal à  $t$  mois, est donnée par :

$$P(T \leq t) = \int_0^t \lambda e^{-\lambda x} dx$$

1. Montrer que  $P(T \leq t) = 1 - e^{-\lambda t}$ .
2. Sachant que  $P(T \leq 24) = 0,93$ , montrer que la valeur arrondie au centième de  $\lambda$  est 0,11.
3. Quelle est l'espérance de la durée de bon fonctionnement de ce dispositif ? On arrondira à l'unité et on interprétera le résultat.
4. La probabilité que la durée de vie soit supérieure à 4 ans est-elle supérieure à 1% ? Justifier.

On rappelle que  $e^u$  est une primitive de  $u'e^u$ .

Durée : 2 heures Coefficient : 3

Calculatrice autorisée

## Le lait

### Partie A : les ions chlorure dans l'eau utilisée dans une laiterie (5 points)

L'industrie laitière utilise beaucoup d'eau pour le fonctionnement des chaudières (opérations de pasteurisation et de stérilisation) et le nettoyage des installations.

On s'intéresse à l'eau utilisée dans une laiterie. Cette eau, puisée dans une nappe proche de la mer, présente parfois une forte concentration en ions chlorure  $\text{Cl}^-$ , concentration qui est régulièrement contrôlée.

Vous êtes technicien dans un laboratoire d'analyses.

Pour déterminer la concentration en ions chlorure, vous avez titré 20,0 mL d'eau puisée dans la nappe (auxquels ont été ajoutés environ 180 mL d'eau déminéralisée), par une solution de nitrate d'argent ( $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$ ) de concentration molaire, notée C, égale à  $2,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .

Le titrage a été suivi par conductimétrie. Les résultats obtenus sont représentés sur le graphe du **document réponse**.

- A.1. Écrire l'équation de la réaction support du dosage.
- A.2. Le produit de solubilité du chlorure d'argent vaut  $K_s(\text{AgCl}_{(s)}) = 1,77 \cdot 10^{-10}$ . En déduire la valeur de K, constante d'équilibre de la réaction support du dosage.
- A.3. En utilisant le **document réponse (à rendre avec la copie)**, déterminer le volume équivalent. On laissera trace de la construction permettant de le déterminer.
- A.4. Déterminer la concentration molaire en ions chlorure de l'eau. En déduire le titre massique.

**Donnée :** masse molaire du chlore  $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$

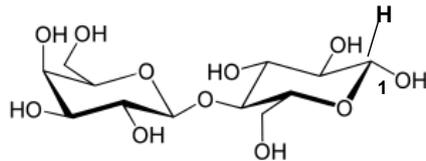
- A.5. Ce dosage aurait-il pu être suivi par pH métrie ? Justifier.
- A.6. Expliquer l'augmentation de la conductivité  $\sigma$  du mélange après l'équivalence.

### Partie B : le lactose et les effluents (9,5 points)

**Document 1 - le lactosérum et le lactose**

Le lactosérum, ou petit-lait ou sérum, est la partie liquide issue de la coagulation du lait. Le lactosérum est un liquide jaune-verdâtre, composé d'environ 94 % d'eau, de sucre (le lactose), de protéines et de très peu de matières grasses.

Le lactose (formule développée ci-dessous) possède des « **carbones chiraux** » dans sa formule.



D'après Wikipédia, le 09/12/2015

**Document 2 - effets de la fermentation sur la composition du lait**

L'effet majeur de la fermentation lactique sera l'hydrolyse des glucides du lait : le lactose, quantitativement le principal composant solide du lait, va donner, pour chaque molécule, une molécule de galactose et deux molécules d'acide lactique. Il ne faut guère plus de trois heures à 45 °C pour que les bactéries transforment un lait en yaourt qui contiendra environ 1 pour cent d'**acide lactique sous forme du racémique L (+) et D (-)**. La fermentation conduit à un abaissement du pH qui aura pour effet de cailler le lait.

D'après fao.org

**Données :**

- Formule semi-développée de l'acide lactique :  $\text{CH}_3\text{-CHOH-COOH}$
- Numéro atomique :  $Z(\text{H}) = 1$  ;  $Z(\text{C}) = 6$  ;  $Z(\text{O}) = 8$
- L'acide lactique est soluble dans l'eau et possède un  $\text{pKa}$  de 3,9

**B.1.** Le document 1 fait apparaître l'expression « carbones chiraux ».

**B.1.1.** Le terme utilisé « carbones chiraux » est-il rigoureux ? Sinon proposer une expression adaptée.

**B.1.2.** À l'aide des règles CIP (Cahn, Ingold et Prelog), déterminer la configuration absolue du carbone 1 sur la molécule de lactose.

**B.2.** On s'intéresse au document 2.

**B.2.1.** Que signifie les notations L et D ?

**B.2.2.** À quoi font référence les signes (+) et (-) ?

**B.2.3.** Expliquer la phrase en gras dans le document 2.

**B.2.4.** Comment peut-on expliquer que la fermentation lactique conduise à une diminution du pH ?

**B.3.** On souhaite déterminer par polarimétrie la concentration massique en lactose dans les effluents de la laiterie.

**B.3.1.** Légendez le schéma sur le document réponse (à rendre avec la copie) en utilisant les mots : « cuve contenant l'échantillon », « polariseur », « analyseur », « trajet de la lumière ».

**B.3.2.** Pour cela on réalise une gamme étalon de solutions de lactose. On mesure le pouvoir rotatoire des différents échantillons avec une cuve de longueur 2,0 dm et à la température de 20 °C.

Le pouvoir rotatoire d'une substance est proportionnel à la concentration de l'espèce chimique optiquement active :  $\alpha = [\alpha] \cdot l \cdot c$ .

Où  $\alpha$  est l'angle de rotation en degré (°),  $[\alpha]$  est le pouvoir rotatoire spécifique à la température de travail,  $l$  est la longueur de la cuve en décimètre (dm) et  $c$  la concentration en gramme par litre ( $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ).

Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Concentration <b>c en <math>\text{g}\cdot\text{L}^{-1}</math></b>	10	20	30	40	50	60	70	80
Angle de rotation <b><math>\alpha</math> en °</b>	1,1	2,2	3,0	4,2	5,2	7,4	7,2	8,3

**B.3.2.a.** Sur feuille de papier millimétré tracer la courbe  $\alpha$  en fonction de  $c$ .

Échelle en abscisse : 1,0 cm pour 10  $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$

Échelle en ordonnée : 1,0 cm pour 1,0 °

**B.3.2.b.** Quelle est l'allure de cette courbe ?

Que pouvez-vous en déduire sur les grandeurs  $\alpha$  et  $c$  ?

**B.3.2.c.** Quelle critique pouvez-vous émettre sur une des mesures obtenues expérimentalement dans le tableau ?

**B.3.2.d.** Montrer que le pouvoir rotatoire spécifique du lactose a pour valeur :  $[\alpha] = + 53 \text{ }^\circ\cdot\text{mL}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{dm}^{-1}$ .

**B.3.3.** La mesure du pouvoir rotatoire d'un échantillon provenant des effluents de la laiterie, dans une cuve de longueur 2,0 dm et à la température de 20 °C conduit au résultat suivant :  $\alpha = + 7,9 \text{ }^\circ$ .

Déterminer par la méthode de votre choix la concentration du lactose dans cet effluent.

Comparer avec la valeur moyenne en lactose dans le lactosérum doux qui est de 75  $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ .

### Partie C : homogénéisation du diamètre des globules gras d'un lait (5,5 points)

#### Document 3 - comment éviter l'écémage ?

L'homogénéisation du lait est utilisée dans l'industrie laitière depuis les années 1950 pour stabiliser l'émulsion de matière grasse du lait et éviter la séparation de la crème. Ce procédé consiste à faire éclater les globules de matière grasse en fines particules. Ainsi, celles-ci ne remontent pas à la surface, mais se répartissent de façon homogène dans la phase aqueuse du lait, ce qui empêche la séparation de la crème même après un entreposage de plusieurs jours.

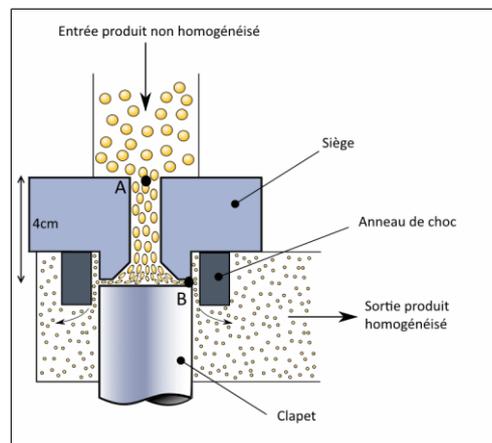
Le diamètre des globules gras est compris entre 2 et 5  $\mu\text{m}$  (les globules gras de 0,1  $\mu\text{m}$  de diamètre sont nombreux mais ont une masse globale faible ; ceux de 10  $\mu\text{m}$  sont rares). Pour une stabilité de quelques jours une taille de 1 à 2  $\mu\text{m}$  est suffisante pour éviter l'écémage ; pour plusieurs semaines le diamètre doit être compris entre 0,2 et 0,7  $\mu\text{m}$ .

#### Document 4 - principe de fonctionnement d'un homogénéisateur

Le principe de base de l'homogénéisation réside dans le contrôle d'une très forte accélération à travers un orifice très étroit et réglable. Le produit est envoyé sous haute pression dans l'espace laissé entre le clapet et son siège.

Le lait non homogénéisé est injecté au point A grâce à une pompe à la pression de 14 MPa et à la vitesse moyenne de  $v_A = 5 \text{ m.s}^{-1}$ .

Le lait passe ensuite dans l'étroite ouverture entre le clapet et le siège. Sa vitesse augmente alors très fortement et elle vaut  $v_B = 120 \text{ m.s}^{-1}$  au point B. La pression chute fortement et devient inférieure à 5 kPa. Des phénomènes de cavitation ont alors lieu et des tourbillons turbulents intenses de la taille des globules se forment. Ces phénomènes de cavitation et de turbulence conduisent à la réduction de la taille des globules de lipide.



D'après <https://www.uoguelph.ca/foodscience/book-page/homogenization->

#### Données :

- Intensité du champ de pesanteur terrestre :  $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$
- Masse volumique du lait :  $\rho = 1030 \text{ kg.m}^{-3}$

#### C.1. Théorème de Bernoulli.

Pour un fluide parfait incompressible en régime permanent, pour deux points A et B situés sur une même ligne de courant, on a :

$$\frac{\rho}{2}(v_B^2 - v_A^2) + \rho g(z_B - z_A) + (P_B - P_A) = 0$$

Donner le sens physique des différentes grandeurs et préciser leur unité.

Dans les questions C.2. à C.3.2. on admettra que le théorème de Bernoulli s'applique au lait dans l'homogénéisateur.

#### C.2. Comparaison des différents termes.

En utilisant le document 4, montrer que dans le cas de l'homogénéisateur, la variation de pression de pesanteur  $\rho g(z_B - z_A)$  est négligeable devant la variation de pression cinétique  $\frac{\rho}{2}(v_B^2 - v_A^2)$ .

On admettra dans la suite que le terme  $\rho g(z_B - z_A)$  peut être négligé.

**C.3. Calcul de la pression au point B.**

**C.3.1.** Écrire la relation de Bernoulli entre le point d'injection du lait et le point où la vitesse du lait atteint 120 m.s<sup>-1</sup>.

**C.3.2.** En déduire la valeur numérique de la pression au point B. Comparer avec la valeur de 5 kPa mentionnée dans le **document 4**.

**C.3.3.** Émettre une hypothèse permettant d'expliquer l'écart constaté.

**C.4. Calcul du nombre de Reynolds au point B.**

Le nombre de Reynolds a pour expression :  $Re = \frac{vD}{\nu_l}$

où  $v$  est la vitesse du lait,  $D$  le diamètre du conduit où s'écoule le lait et  $\nu_l$  la viscosité cinématique du lait.

**Données :**

- Viscosité cinématique du lait :  $\nu_l = 2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
- Surface d'un disque de rayon  $R$  :  $S = \pi \cdot R^2$
- Relation de continuité :  $v_A \cdot S_A = v_B \cdot S_B$  où  $v$  est la vitesse du fluide et  $S$  la surface traversée.
- Régime laminaire :  $Re < 2000$

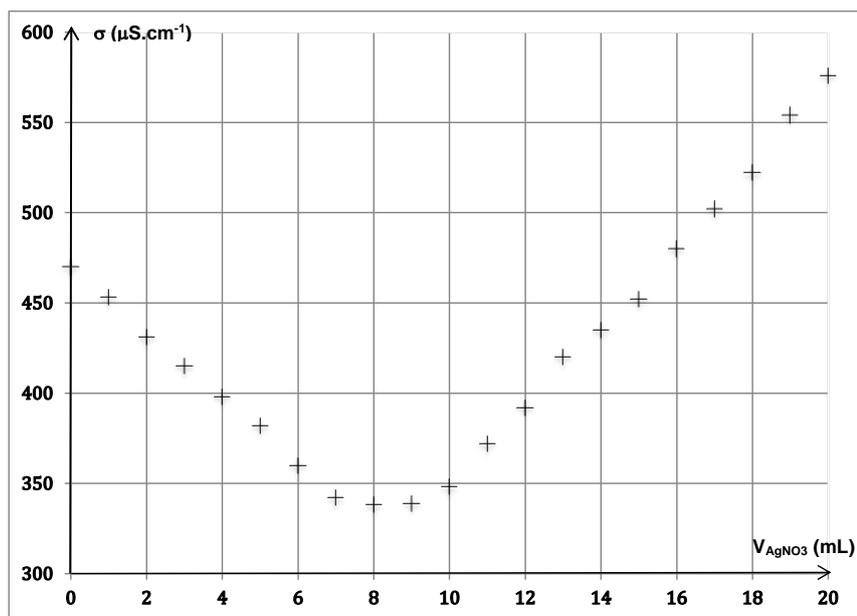
**On assimile la section au point B à un disque de diamètre  $D_B$ .**

**C.4.1.** L'orifice d'entrée du lait (point A) a un diamètre de  $D_A = 3,0$  cm. En utilisant la relation de continuité, montrer que la taille de l'interstice entre le clapet et le siège (point B) est équivalente à un disque de diamètre  $D_B = 6,1$  mm.

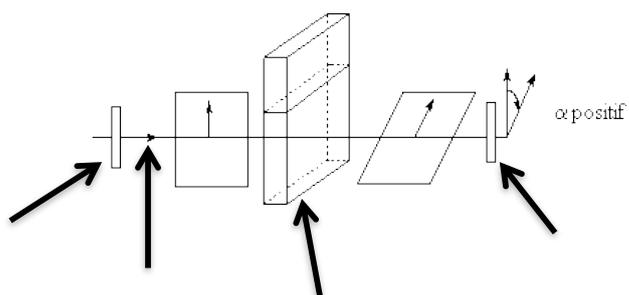
**C.4.2.** Calculer la valeur numérique du nombre de Reynolds,  $Re$ , au point B. Votre résultat est-il en accord avec le texte ?

**Document réponse (à rendre avec la copie)**

**Partie A – Question A.3. – Dosage des ions chlorure**



**PARTIE B – QUESTION B.3.1. - Illustration du pouvoir rotatoire d'une substance :**



## LES GRAINES GERMÉES

Les graines germées sont obtenues par germination, en général hors sol, à des fins d'alimentation. Elles sont appréciées pour leurs qualités nutritionnelles et leur aspect décoratif. De nombreuses variétés se prêtent à la consommation comme les légumineuses, les céréales, les oléagineux ou encore les légumes.

Que la germination soit réalisée par le consommateur ou en entreprise, les graines germées sont des aliments à risque. D'ailleurs, elles ont été impliquées plusieurs fois dans des accidents sanitaires.

### PARTIE MICROBIOLOGIE (43 points)

En juin 2011, une épidémie mortelle touche l'Allemagne, puis la totalité de l'Europe. La bactérie *Escherichia coli* entérohémorragique (EHEC) a finalement été retrouvée sur des graines germées. L'annexe 1 présente la fiche de description éditée par l'ANSES relative à ces EHEC.

#### 1. LES *E. COLI* ENTÉROHÉMORRAGIQUES

- 1.1. Indiquer le nom de la famille bactérienne à laquelle appartient *Escherichia coli* et en donner les caractéristiques.
- 1.2. L'annexe A représente l'ultrastructure de la paroi d'*Escherichia coli*. Annoter ce document et le rendre avec la copie.

Certains EHEC colonisent les entérocytes grâce à une protéine de leur membrane externe, l'intimine.

- 1.3. L'intimine est un facteur d'adhésion. Expliquer son rôle et donner un autre exemple de facteur d'adhésion. Parmi les EHEC, le sérotype impliqué dans l'épidémie des graines germées est *E.coli* O104 : H4.

- 1.4. Expliquer ce que signifient O104 et H4.
- 1.5. Décrire le principe général de la technique du sérotypage.

#### 2. LE POUVOIR PATHOGENE DES *E. COLI* ENTÉROHÉMORRAGIQUES

- 2.1. À l'aide des données de l'annexe 1, préciser les différentes composantes du pouvoir pathogène d'*E. coli* entérohémorragique.

- 2.2. Donner le nom des toxines sécrétées par les EHEC et préciser à quel type de toxines elles appartiennent.

- 2.3. Citer trois signes cliniques rencontrés lors d'une infection à EHEC.

- 2.4. Les gènes codant pour la toxine des EHEC sont portés par un prophage. L'annexe 2 présente un schéma des cycles lytique (étapes 1, 2, 3A, 4A) et lysogène (étapes 1, 2, 3B, 4B, 5).

- 2.4.1. Nommer et décrire succinctement chaque étape en reportant le numéro sur la copie.

- 2.4.2. Définir le terme prophage et donner un exemple de facteur exogène capable de déclencher son excision, à l'origine du cycle lytique.

#### 3. EXPOSITION AUX EHEC

L'annexe 1 présente les voies de contamination de l'être humain par les EHEC.

- 3.1. Lister les voies de transmission.
- 3.2. Préciser les aliments à risque pour l'humain.
- 3.3. Les animaux domestiques, bovins notamment, constituent des réservoirs d'EHEC retrouvées dans les matières fécales donc dans le fumier. Le résultat du dénombrement des EHEC dans le fumier stocké à 37 °C ou à 15 °C est présenté dans l'annexe 3.

- 3.3.1. À l'aide de la calculatrice, déterminer les paramètres de régression des droites :

$\ln(\text{nombre d'EHEC en UFC/g}) = f(\text{temps})$  à 37 °C et à 15 °C.

- 3.3.2. En déduire les vitesses de décroissance en jour<sup>-1</sup> aux deux températures. Conclure par rapport à la température de stockage à privilégier en vue de l'épandage ultérieur des fumiers.

#### Donnée :

Épandage de fumier : dépôt de fumier dans les champs en vue de les fertiliser.

#### **4. Recommandations pour la production primaire et aux consommateurs**

Afin de se prémunir efficacement des infections par EHEC, des recommandations strictes sont données tout au long de la chaîne alimentaire, du producteur au consommateur.

4.1. À l'aide de l'annexe 1, indiquer deux exemples de recommandations à suivre dans la filière de production primaire de graines.

4.2. Proposer deux recommandations applicables en hygiène domestique par le consommateur.

### **PARTIE TOXICOLOGIE (14 points)**

La consommation de graines germées est en constante augmentation. Elle est recommandée par les nutritionnistes, à raison d'environ 100 g par jour, pour leurs bienfaits tenant à leur composition riche en vitamines, en minéraux, en oligo-éléments, en acides aminés et en enzymes.

Les graines de céréales et légumineuses utilisées pour produire des graines germées sont conservées en silo après traitement insecticide par fumigation.

La deltaméthrine est un fumigant insecticide de la famille des pyréthrinoïdes utilisé pour traiter les graines séchées de légumineuses (sauf les oléagineuses) et le café vert en grain. Ses propriétés sont présentées en annexe 4.

#### **1. Toxicité aiguë de la deltaméthrine**

Le document 1 de l'annexe 4 compare la DL50 de différentes classes d'insecticides sur les rats et les insectes.

1.1. Définir la DL50. Indiquer les conditions de sa détermination.

1.2. Représenter de façon théorique la DL50 sur un graphique de votre choix en identifiant les axes.

1.3. Calculer sur la copie le facteur de sélection des différentes classes d'insecticides proposées dans le document 1 de l'annexe 4. Conclure sur les résultats obtenus et leur signification.

1.4. Après absorption par voie orale, la deltaméthrine est rapidement éliminée par voie hépatique. Expliquer le mécanisme général d'élimination des substances toxiques par le foie.

#### **2. Toxicité chronique de la deltaméthrine**

2.1. La toxicité de la deltaméthrine par voie orale dépend du solvant utilisé : elle est en effet plus toxique lorsqu'elle est administrée dans un solvant huileux ou organique que dans un solvant aqueux.

D'après ces observations, conclure sur le potentiel accumulatif de la deltaméthrine chez l'être humain.

L'organe cible des pyréthrinoïdes est le système nerveux par action sur les canaux Na<sup>+</sup>. On distingue deux types de neurotoxicité : neurotoxicité de type T des pyréthrinoïdes de type I (molécules sans groupement cyano -C≡N) et neurotoxicité de type CS des pyréthrinoïdes de type II (molécules à groupement cyano -C≡N) comme l'illustre le document 2 de l'annexe 4.

2.2. Préciser le type de neurotoxicité de la deltaméthrine. Justifier la réponse.

2.3. Déterminer la quantité de deltaméthrine qu'un individu de 60 kg doit consommer quotidiennement avant d'atteindre la DJT.

2.4. Déterminer la quantité maximale de graines de légumineuses germées qu'un individu de 60 kg peut consommer quotidiennement sans risque pour sa santé.

2.5. Conclure sur la pertinence de la valeur de LMR pour la protection des consommateurs de graines germées compte tenu des recommandations des nutritionnistes.

### **PARTIE BIOCHIMIE (43 points)**

Les aspects biochimiques de la germination sont nombreux. La reprise des activités métaboliques est observée. Elle entraîne une mobilisation des tissus de réserve pour former des nutriments utilisés dans les voies du métabolisme.

#### **1. LES RÉSERVES BIOCHIMIQUES DES GRAINES**

##### **1.1. Les réserves amylicées**

L'amidon est la principale forme de réserve glucidique des graines. Il est formé de deux polyholosides, amylose et amylopectine, composés d'unités α-D-glucopyranose (α-D-Glcp).

1.1.1. En vous appuyant sur l'exemple de l' $\alpha$ -D-glucopyranose (formule donnée dans le document 1 de l'annexe 5), expliquer son appartenance à la série D et la signification de l'anomérisation  $\alpha$ . Représenter le  $\beta$ -D-mannopyranose épimère en C2 du glucose.

1.1.2. L'amylose est un polymère linéaire de résidus de glucose liés par liaisons  $\alpha(1-4)$ . Il comporte deux extrémités appelées extrémité réductrice et extrémité non réductrice. Représenter l'enchaînement de quatre molécules de  $\alpha$ -D-Glcp et identifier sur le schéma les deux extrémités en argumentant la réponse.

1.1.3. Lors du chauffage d'une suspension d'amidon, la viscosité est mesurée en fonction du temps. Les résultats sont présentés dans le document 2 de l'annexe 5.

Justifier l'allure de la courbe en précisant les phénomènes mis en jeu à chaque phase.

## 1.2. Les réserves protéiques

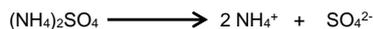
Les protéines de réserve sont constituées en majorité de globulines (60 à 90 % des protéines totales) et d'albumine (10 à 40 % des protéines totales). Ces protéines présentent des différences de solubilité. Par exemple, les albumines sont solubles dans l'eau et les globulines sont solubles dans les solutions salines.

1.2.1. Expliquer l'origine des différences de solubilité entre ces deux familles de protéines.

1.2.2. La courbe en annexe 6 présente la solubilité d'une globuline en fonction de la force ionique. Déterminer les conditions optimales de solubilité. Indiquer deux autres paramètres physico-chimiques modifiant la solubilité d'une protéine.

1.2.3. Démontrer que la force ionique optimale pour la solubilité de la globuline est obtenue grâce à une solution de  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  à 0,2 mol.  $\text{L}^{-1}$ .

**Données :** équation de dissociation dans l'eau du sulfate d'ammonium



$F_i = 1/2 \sum C_i Z_i^2$  où  $C_i$  est la concentration molaire des espèces et  $Z_i$  la charge ionique.

## 1.3. Les réserves lipidiques

Les réserves lipidiques sont essentiellement sous la forme de triglycérides. L'acide gras majoritaire des graines de tournesol est un acide en oméga 6, l'acide linoléique (C18:2  $\omega$ 6).

1.3.1. Indiquer la nature des liaisons entre glycérol et acides gras et préciser le nom de la famille d'enzymes qui catalysent leur hydrolyse au cours de la germination.

1.3.2. Ecrire la réaction catalysée par ces enzymes sur un triglycéride en précisant les composés. Les formules semi-développées des produits d'hydrolyse sont demandées.

## 2. ASPECTS ENZYMATIQUES DE LA GERMINATION

Lors de la germination d'une graine, les réserves glucidiques et protéiques sont également hydrolysées par voie enzymatique.

2.1. Rappeler la nature biochimique d'une enzyme. Citer deux exemples d'enzymes catalysant l'hydrolyse des glucides en précisant leurs substrats respectifs.

2.2. La reprise des activités enzymatiques lors de la germination est liée dans un premier temps à une hydratation de la graine mesurable par l'Aw.

2.2.1. Expliquer ce que représente l'Aw.

2.2.2. Argumenter l'absence d'activité enzymatique pour des Aw très faibles.

2.3. Lors de la germination, l'hydratation de la graine permet d'éliminer certains inhibiteurs d'enzymes. Les types d'inhibition sont nombreux. Dans l'inhibition compétitive, l'inhibiteur a une analogie structurale avec le substrat et peut se lier au site actif de l'enzyme. Dans ce cas, l'affinité entre l'enzyme et son substrat est diminuée. Il est possible de lever l'inhibition par un excès de substrat.

Identifier à partir de la représentation de Lineweaver-Burk de l'annexe 7 les tracés obtenus en présence et en absence d'inhibiteur compétitif. Argumenter la réponse.

## 3. MÉTABOLISME ÉNERGÉTIQUE LORS DE LA GERMINATION

L'intensité respiratoire des graines accroit très fortement au début de la germination. L'augmentation de l'activité de la chaîne respiratoire permet la production importante d'ATP par phosphorylation oxydative.

3.1. Définir le sigle ATP et expliquer l'intérêt métabolique de cette molécule.

3.2. Localiser la chaîne respiratoire dans une cellule eucaryote et justifier le terme de phosphorylation oxydative.

**3.3.** Citer les noms des voies métaboliques réduisant le  $\text{NAD}^+$  en  $\text{NADH}$  et le  $\text{FAD}$  en  $\text{FADH}_2$  lors du catabolisme d'une molécule de glucose.

**3.4.** Établir le bilan énergétique de la réaction d'oxydation totale d'une molécule de glucose à l'aide des données de l'annexe 8.

**3.5.** L'oxydation totale de l'acide gras  $\text{CH}_3(\text{-CH}_2)_4\text{-COOH}$  (acide caproïque) produit 44 ATP.

Comparer les bilans énergétiques du glucose et de l'acide caproïque.

**ANNEXE 1**  
**FICHE DE DANGER BIOLOGIQUE**



# *E. coli* entérohémorragiques (EHEC)

*Escherichia coli*  
Famille des *Enterobacteriaceae*  
Genre *Escherichia*  
Bactérie

## Caractéristiques et sources d'*E. coli* entérohémorragiques (EHEC)

### Principales caractéristiques microbiologiques

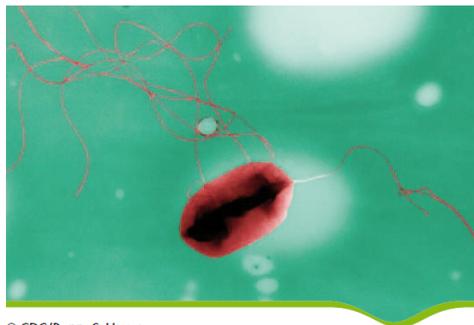
Bacille à coloration de Gram négative, aéro-anaérobie facultatif, oxydase négative, mesurant de 2 à 4 µm de long et d'un diamètre d'environ 0,6 µm, *Escherichia coli* (*E. coli*) est une bactérie normalement présente parmi la microflore digestive de l'Homme et des animaux à sang chaud. Mais certaines souches d'*E. coli* sont pathogènes car elles ont acquis des facteurs de virulence. Sur la base des signes cliniques observés chez les malades, les souches d'*E. coli* pathogènes sont regroupées en pathovars (ou pathotypes) parmi lesquels les *E. coli* entérohémorragiques ou EHEC (*enterohemorrhagic E. coli*).

Chez l'Homme, les EHEC sont responsables de troubles variés allant d'une diarrhée aqueuse bénigne à une colite hémorragique pouvant évoluer vers des formes graves: syndrome hémolytique et urémique (SHU), principalement chez le jeune enfant, ou micro-angiopathie thrombotique (MAT) chez l'adulte.

Les EHEC libèrent des toxines, les shigatoxines (encore appelées vérotoxines), qui induisent des lésions de l'endothélium vasculaire, principalement intestinal, rénal et cérébral. Les shigatoxines, Stx1 et Stx2, sont codées par les gènes *stx*. Toute souche d'*E. coli* possédant un gène *stx* est appelée *E. coli* producteur de shigatoxine ou STEC (*shigatoxin-producing E. coli*) ou encore VTEC (*verotoxin-producing E. coli*).

Des souches EHEC appartenant à de nombreux sérotypes différents d'*E. coli*, caractérisés par leur antigène somatique O et leur antigène flagellaire H, ont été impliquées dans des épisodes de colite hémorragique ou de SHU. *E. coli* O157:H7 a été le premier sérotype identifié et est aujourd'hui le plus fréquemment isolé chez les malades.

Les EHEC « typiques » induisent des lésions dites « d'attachement et d'effacement » des cellules de la muqueuse de l'iléon distal et du côlon, notamment par l'intermédiaire d'une protéine de membrane, l'intimine. Cette protéine est codée par le gène *eae* porté par le locus chromosomique d'effacement des entérocytes (LEE). Les souches les plus fréquemment impliquées aujourd'hui dans les épidémies ont été définies par l'Anses comme souches « EHEC typiques majeures ». Elles appartiennent aux sérotypes O26:H11, O103:H2, O111:H8, O145:H28 et O157:H7 et leurs dérivés non-mobiles. Par ailleurs, Karmali et son équipe ont classé les



© CDC/Peggy S. Hayes

sérotypes de STEC dans cinq séropathotypes (de A à E) en fonction de l'incidence relative des sérotypes dans les infections humaines, de leur fréquence d'implication dans des épidémies et de leur association ou non avec des symptômes cliniques sévères.

Les « EHEC atypiques » sont des souches qui ne possèdent pas le gène *eae* et ne produisent donc pas de lésion d'attachement et d'effacement. Ces souches possèdent d'autres mécanismes d'adhésion à la muqueuse colique. De nombreuses adhésines ont été décrites mais leur implication véritable dans la pathogénie de ces souches reste néanmoins à préciser. C'est le cas des souches du sérotype O91 ou encore O104, dont la souche O104:H4 responsable de deux épidémies en Allemagne et en France en 2011.

Le **Tableau 1** présente les caractéristiques de croissance de la majeure partie des souches d'*E. coli* O157:H7, le sérotype le plus étudié.

**Tableau 1. Caractéristiques de croissance d'*E. coli* O157:H7**

Paramètres	Croissance	
	Optimum	Extrêmes
Température (°C)	40	6 45,5
pH	6-7	4,4 9
a <sub>w</sub>	0,995	0,95
NaCl (%)	0	8,5

## Sources du danger

Les ruminants domestiques, et plus particulièrement les bovins, sont les principaux réservoirs de STEC dans leur tube digestif. Ce sont des porteurs sains, ils participent à la contamination de l'environnement par les bactéries présentes dans leurs fèces. Dans une moindre mesure, d'autres animaux d'élevage ou des animaux sauvages dont certains gibiers peuvent également être porteurs sains de STEC. Les études réalisées chez les bovins montrent qu'en fonction des élevages, de 20 à 80 % des animaux peuvent être porteurs de STEC (recherche des gènes *stx* dans les matières fécales) mais *E. coli* O157:H7 n'est isolé que chez peu d'animaux (0 à 3 %).

La persistance de souches de STEC dans les cheptels est due au portage digestif par les animaux et à la contamination par contact d'animal à animal, mais aussi à la contamination des sols (prairies, champs) et des eaux superficielles à partir des déjections animales ou d'engrais de fermes contaminés (fumiers, lisiers) épandus pour fertiliser les terres agricoles. Les aliments (herbe, fourrages) et l'eau d'abreuvement des animaux peuvent ainsi être contaminés. Les STEC peuvent survivre pendant plusieurs semaines dans l'environnement de la ferme (tels que les sédiments d'abreuvoir, les fèces ou le fumier sur le sol).

Différents végétaux consommés par l'Homme peuvent être contaminés par des STEC, soit par les fumures obtenues à partir d'animaux contaminés, soit quand de l'eau contaminée est utilisée pour l'irrigation.

## Voies de transmission

Du fait des possibilités de leur transmission, directe ou indirecte, des réservoirs animaux à l'Homme, ces bactéries doivent être considérées comme des agents zoonotiques. La transmission directe est possible par contact avec des animaux infectés ou avec leurs déjections, mais aussi de personne à personne (transmission interhumaine féco-orale). La principale voie de transmission est indirecte par consommation d'aliments d'origine animale ou végétale et d'eau de boisson contaminés par un environnement souillé le plus souvent par les matières fécales d'animaux infectés. Aux États-Unis, les études épidémiologiques montrent que la consommation d'aliments contaminés, la transmission de personne à personne, l'ingestion d'eau contaminée et le contact avec les animaux (notamment les bovins) représentent respectivement 66 %, 20 %, 12 % et 2 % des modes de contamination.

### Recommandations pour la production primaire (élevage, cultures)

- Le respect strict des règles d'hygiène générale avec limitation des contaminations fécales au cours de la production primaire des denrées alimentaires est un pré-requis essentiel.
- Le respect des bonnes pratiques de culture des végétaux, notamment ceux devant être consommés crus ou destinés à la production de graines à germer (respect de la réglementation sur les pratiques d'épandage de matières fertilisantes, contrôle de la qualité bactériologique de l'eau d'irrigation) est indispensable pour prévenir les contaminations.
- La protection des sources d'eau potable et des aquifères, dont ceux servant directement aux industries agro-alimentaires, contre leur contamination par des déjections animales est primordiale.

## Maladie humaine d'origine alimentaire

### Nature de la maladie

Les caractéristiques de la maladie sont précisées dans le [Tableau 2](#).

**Populations sensibles<sup>(1)</sup>** : les jeunes enfants (surtout en dessous de 3 ans) et les personnes âgées pour les EHEC typiques.

### Relations dose-effet<sup>(2)</sup> et dose-réponse<sup>(3)</sup>

La quantité de bactéries ingérées entraînant la maladie avec une forte probabilité est faible. Lors de l'épidémie française de 2005 mettant en cause de la viande hachée de bœuf surgelée, la concentration des *E. coli* O157:H7 dans les steaks hachés incriminés était en moyenne de six par gramme. La dose ayant provoqué le SHU chez la moitié des individus exposés a été estimée à 600 bactéries pour les enfants de moins de 5 ans et à 3000 bactéries pour les enfants de 6 à 10 ans. Cette dernière est équivalente à celle estimée pour les enfants de la même tranche d'âge lors de l'épidémie due à la consommation de jeunes pousses de radis au Japon en 1996, alors que la dose a été évaluée à environ 10<sup>6</sup> bactéries pour les adultes.

## Épidémiologie

En France, la surveillance porte sur le SHU chez les enfants de moins de 15 ans, elle est coordonnée par l'Institut de veille sanitaire (InVS).

Entre 1996 et 2009, l'incidence annuelle allait de 0,59 à 1,01 cas/100 000 (moyenne sur la période: 0,74). La quasi totalité de ces cas de SHU étaient des formes sporadiques, avec une recrudescence estivale. L'incidence est plus élevée chez les très jeunes enfants. Depuis 1996, l'incidence annuelle moyenne la plus élevée a été rencontrée dans les régions Franche-Comté et Bretagne. Le sérotype O157 (83 % des cas) prédominait parmi ces

(1) Population sensible : les personnes ayant une probabilité plus forte que la moyenne de développer, après exposition au danger par voie alimentaire [dans le cas des fiches de l'Anses], des symptômes de la maladie, ou des formes graves de la maladie.

(2) Relation entre la dose (la quantité de cellules microbiennes ingérées au cours d'un repas) et l'effet chez un individu.

(3) Pour un effet donné, relation entre la dose et la réponse, c'est-à-dire la probabilité de la manifestation de cet effet, dans la population.

Tableau 2. Caractéristiques de la maladie

Durée moyenne d'incubation	Population cible	Principaux symptômes	Durée des symptômes	Durée de la période contagieuse	Complications	Formes asymptomatiques
3-4 jours (variable de 2 à 12 jours)	Toute la population	Diarrhée banale ou, Colite hémorragique : crampes abdominales et diarrhée initialement aqueuse puis sanglante chez un patient généralement apyrétique ou subfébrile	5 à 12 jours	Une semaine au moins chez l'adulte, mais peut être supérieure chez l'enfant	Syndrome hémolytique et urémique (SHU) dans 5 à 8 % des cas. La létalité du SHU chez l'enfant âgé de moins de 15 ans est de 1% en France Micro-angiopathie thrombotique (MAT) (létalité chez les personnes âgées : 50 %) Complications neurologiques graves pouvant apparaître dans 25 % des cas de SHU Insuffisance rénale chronique chez 50 % des survivants du SHU	L'Homme peut être porteur d'EHEC sans exprimer de signe clinique

infections à EHEC confirmées (64 % en Europe de 2002 à 2006). Plusieurs sérogroupes non O157 ont également été mis en évidence : O26 (6 %), O103 (3 %), O145 (2 %), O91 (1 %), O111 (1 %) et O55 (1 %). La proportion de sérogroupes non O157 était de 10 % de 1996 à 2001 et de 26 % de 2002 à 2008.

L'absence de stratégies d'isolement efficace des EHEC non O157 entraîne vraisemblablement une sous-estimation du nombre d'infections par ces souches.

En France, 4 épidémies d'infections à EHEC ont été détectées et investiguées : deux épidémies à *E. coli* O157:H7 liées à la consommation de steaks hachés de bœuf surgelés, survenues en 2005 et 2011 ; une épidémie à *E. coli* O26 associée à la consommation de fromages au lait cru, survenue en 2005 ; une épidémie due à une souche atypique O104:H4 liée à la consommation de graines germées consommées crues en 2011.

## Rôle des aliments

### Principaux aliments à considérer

Dans le monde, les principaux aliments mis en cause lors d'épidémies d'infections à EHEC sont : la viande hachée de bœuf insuffisamment cuite, les produits laitiers non pasteurisés, les végétaux crus (salade, jeunes pousses de radis blancs, graines germées) ou les produits d'origine végétale non pasteurisés (jus de pommes), l'eau de boisson. Notons que les végétaux et l'eau ont été à l'origine d'épidémies de plusieurs centaines de malades ces dernières années.

La contamination d'aliments d'origine animale par des bactéries d'origine fécale intervient par exemple à l'abattoir (dépouille ou éviscération des animaux) pour les viandes, ou en élevage au moment de la traite pour le lait, tout particulièrement lorsque les règles d'hygiène générale ne sont pas respectées. Pour les végétaux, cette contamination peut résulter de l'épandage de fumures ou d'effluents d'élevage de ruminants contaminés sur le sol où ils sont cultivés, ou de l'utilisation d'eau d'irrigation contaminée. Concernant les légumes feuilles (salades, épinards), la bactérie peut pénétrer à l'intérieur des tissus végétaux, migrer et persister dans le végétal mais sans se multiplier. L'eau de boisson peut être contaminée accidentellement ou lors d'un défaut de potabilisation.

### Traitements d'inactivation en milieu industriel (Tableau 3)

*E. coli* O157:H7 n'est pas considérée comme une bactérie thermorésistante. Les traitements thermiques considérés comme efficaces vis-à-vis de *Salmonella* spp. le sont également vis-à-vis d'*E. coli* O157:H7. Il a été montré expérimentalement que des souches EHEC typiques O157:H7, sérotype le plus étudié, pouvaient avoir une capacité de survie supérieure en conditions acides (produits carnés ou laitiers fermentés, jus de fruits,

salades assaisonnées, etc.) que d'autres souches d'*E. coli*. Aucune autre résistance particulière aux traitements assainissants n'est rapportée.

### Surveillance dans les aliments

Les STEC comptent 400 sérotypes qui diffèrent considérablement tant en ce qui concerne leurs caractéristiques physiologiques que leur potentiel pathogène pour l'Homme. Les souches d'*E. coli* d'origine animale, alimentaire ou environnementale, possédant les gènes *stx* et *eae*, sont considérées comme des STEC potentiellement pathogènes. De plus, si elles appartiennent aux sérogroupes O157, O26, O103, O111 ou O145, elles sont considérées comme des STEC potentiellement hautement pathogènes car de mêmes caractéristiques que les EHEC typiques majeures.

Telle que définie dans le règlement (CE) n° 2073/2005<sup>(4)</sup> modifié, la surveillance d'*E. coli* représente le meilleur indicateur d'hygiène des procédés pour suivre la contamination fécale d'un aliment. À ce jour, les évaluations de l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA) n'ont pas conclu à la nécessité de mettre en place un critère de sécurité spécifique des STEC pathogènes. Cependant, ces bactéries pathogènes doivent être prises en compte par les professionnels dans l'analyse des dangers et peuvent être recherchées dans le cadre de la réalisation des autocontrôles et du respect des principes généraux fixés par le « Paquet hygiène ». Pour la détection d'*E. coli* O157 dans les denrées alimentaires, une méthode de référence (NF EN ISO 16654<sup>(5)</sup>) et plusieurs méthodes alternatives validées sont disponibles. Pour la détection des souches non-O157, un projet de spécification technique ISO/CEN en cours de validation (ISO TS 13136) est actuellement utilisé par les laboratoires de référence pour le dépistage des principaux sérogroupes de STEC potentiellement hautement pathogènes non-O157 (séropathotype B dans la nomenclature de Karmali). Des techniques de séparation immuno-magnétique sont disponibles pour l'isolement des souches appartenant à ces sérogroupes (O26, O103, O111 et O145).

En France, la Direction générale de l'alimentation (DGAL) organise chaque année des plans de surveillance ou de contrôle des aliments (viande destinée au hachage, viande hachée, fromages au lait cru). Il n'y a à ce jour aucun système harmonisé de surveillance à l'échelon européen : dans un avis publié le 18 octobre 2007, l'EFSA recommande qu'une surveillance initiale porte sur *E. coli* O157:H7 car ce sérotype est majoritairement associé à de graves infections humaines (notamment des cas de SHU). La surveillance devrait ensuite être étendue aux sérotypes O26, O91, O103, O111, O145 et à d'autres sérotypes en fonction de l'évolution des données épidémiologiques.

(4) Règlement (CE) n° 2073/2005, modifié par le règlement n°1441/2007, concernant les critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires, définit deux types de critères microbiologiques.

(5) Microbiologie des aliments - Méthode horizontale pour la recherche des *Escherichia coli* O157 (juillet 2001).

Tableau 3. Traitements d'inactivation en milieu industriel d'*E. coli* O157:H7

Désinfectants		Effets de la température
Sensibles à tous les désinfectants autorisés en IAA, sous réserve de suivre les recommandations d'utilisation. Les traitements de désinfection chimique de l'eau destinée à la consommation humaine sont efficaces contre ces bactéries. Traitement avec des solutions d'hypochlorite de sodium : • salade : 20 ppm de chlore actif pendant 2 min → moins d'une réduction décimale Traitements à l'ozone : • myrtilles : 1,7 mg/L d'eau → 1,3 réduction décimale ; • pommes : 22 mg/L d'eau → 2,6 réductions décimales. Pour les végétaux, l'efficacité des biocides (ozone, chlore, etc.) se limite à leur surface (aucun effet sur les bactéries qui se trouvent à l'intérieur des tissus).		Valeurs de D* et z** : D <sub>10°C</sub> = 0,5 à 3 min et z = 3,5 à 7°C NB : la teneur en matière grasse des produits carnés augmente la thermorésistance.
Ionisation	UV (253,7 nm)	Hautes pressions
Viande de bœuf : 2 kGy → 5 réductions décimales Salade : 1,5 kGy → 4 réductions décimales Épinards : 1,5 kGy → 3 réductions décimales	Salade : 24 mJ/cm <sup>2</sup> → 2,8 réductions décimales	Graines de luzerne (alfalfa) : 650 MPa pendant 15 min à 20 °C → environ 5 réductions décimales Salami : 600 MPa pendant 3 min → environ 4 réductions décimales

\* D est le temps nécessaire pour diviser par 10 la population du danger microbiologique initialement présente.

\*\* z est la variation de température (°C) correspondant à une variation d'un facteur 10 du temps de réduction décimale.

### Recommandations aux opérateurs

- Il est important de souligner que la mise en place d'analyses microbiologiques pour la recherche de STEC potentiellement pathogènes dans les aliments est de nature à réduire le risque de survenue de cas groupés de SHU chez les enfants de moins de 15 ans, mais ne peut suffire à elle seule.
- Le respect strict des bonnes pratiques d'hygiène avec limitation des contaminations fécales au cours de l'abattage des animaux de boucherie, de la traite et de la transformation des denrées alimentaires est un pré-requis essentiel.
- En France, la note d'information interministérielle DGAL/SDSSA/O2007-8001 du 13 février 2007 relative aux recommandations concernant la cuisson des steaks hachés dans le cadre de la prévention des infections à *E. coli* O157:H7 pour les professionnels de la restauration collective, recommande une cuisson avec une température à cœur de 65 °C. Par ailleurs, une température à cœur plus élevée (70 °C) est souvent recommandée afin de lutter non seulement contre les STEC potentiellement pathogènes, mais aussi contre d'autres contaminations microbiennes.

## Hygiène domestique

### Recommandations aux consommateurs

- L'hygiène personnelle et collective reste la base de la prévention. Il faut insister sur un lavage soigneux des mains après être allé aux toilettes, mais aussi avant la préparation et la prise des repas.
- Il est nécessaire de bien cuire à cœur les viandes hachées ou produits à base de viande hachée consommés par les jeunes enfants et les personnes âgées.
- Le lait cru et les fromages au lait cru ne doivent pas être consommés par les enfants de moins de 3 ans.
- Les légumes, mais aussi les fruits et les herbes aromatiques, en particulier ceux qui vont être consommés crus, doivent être soigneusement lavés, puis épluchés si possible, avant leur préparation et leur consommation.

## Références et liens

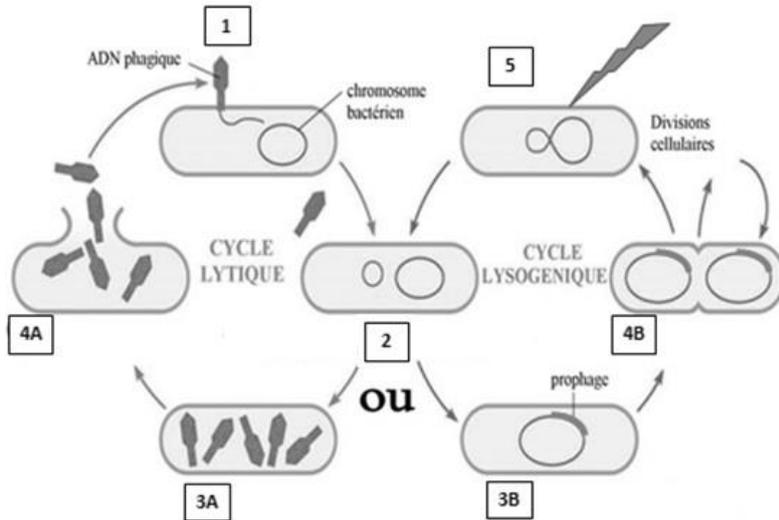
### Références générales

- Afssa (2003). Bilan des connaissances relatives aux *Escherichia coli* producteurs de Shiga-toxines (STEC).
- Afssa (2007). Appréciation quantitative des risques liés à *Escherichia coli* O157:H7 dans les steaks hachés surgelés consommés en restauration familiale en France par les enfants de moins de 16 ans.
- Afssa (2008). Avis du 15 juillet 2008 de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa) relatif aux souches d'*Escherichia coli* productrices de shigatoxines considérées comme pathogènes pour l'Homme.
- Afssa (2010). Avis du 27 mai 2010 de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à la pertinence d'une révision de la définition des STEC pathogènes, précisée par l'avis Afssa du 15 juillet 2008.
- Anses (2011). Avis du 11 janvier 2011 de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) relatif à la révision de la définition des EHEC majeurs typiques, à l'appréciation quantitative des risques liés à ces bactéries à différentes étapes de la chaîne alimentaire, selon les différents modes de consommation des steaks hachés, et à la prise en compte du danger lié aux *E. coli* entéro-pathogènes (EPEC) dans les aliments.
- EFSA (2007). Scientific Opinion of the Panel on Biological Hazards on a request from EFSA on monitoring of verotoxigenic *Escherichia coli* (VTEC) and identification of human pathogenic VTEC types. The EFSA Journal (2007) 579: 1-61.

### Liens utiles

- Laboratoire d'études de micro-organismes alimentaires pathogènes/ Laboratoire national de référence pour les STEC (LNR STEC) : VetAgroSup, Campus vétérinaire de Lyon (Marcy-l'Étoile).
- Centre national de référence (CNR) des *Escherichia coli* et shigelles:
  - CNR coordonnateur: unité de recherche et d'expertise des bactéries pathogènes entériques, Institut Pasteur (Paris);
  - laboratoire associé: service de microbiologie, hôpital Robert Debré, AP-HP (Paris).
- Laboratoire de référence de l'Union européenne pour *Escherichia coli*, y compris *E. coli* vérotoxigène (VTEC) : Istituto Superiore di Sanità (ISS) I-00161 (Rome – Italie).
- Institut de veille sanitaire:
  - [http://www.invs.sante.fr/publications/2006/enquete\\_e\\_coli\\_2003/index.html](http://www.invs.sante.fr/publications/2006/enquete_e_coli_2003/index.html);
  - <http://www.invs.sante.fr/surveillance/shu/index.htm>.

## ANNEXE 2 : CYCLE LYTIQUE ET CYCLE LYSOGENE



## ANNEXE 3

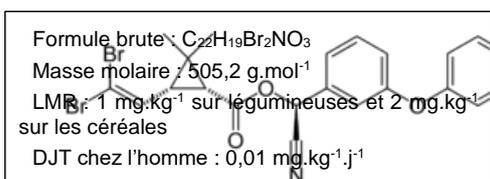
### RÉSULTATS DU DÉNOMBREMENT DES EHEC A 15 °C ET 37 °C DANS LE FUMIER

Temps (jours)	EHEC à 15 °C (UFC/g)	EHEC à 37 °C (UFC/g)
0	$10^5$	$10^5$
5	$5 \cdot 10^4$	$10^4$
10	$2 \cdot 10^4$	$6,6 \cdot 10^2$
15	$7 \cdot 10^3$	60,3
20	$3 \cdot 10^3$	5
25	$1,3 \cdot 10^3$	-
30	$4,9 \cdot 10^2$	-
35	$2 \cdot 10^2$	-
40	80,0	-
45	33,0	-
50	13,5	-
55	6,0	-
60	2,7	-

## ANNEXE 4

### CARACTÉRISTIQUES DE LA DELTAMÉTHRINE

**Nom chimique :** (1R,3R)-3-(2,2-dibromovinyl)-2,2-diméthyl-cyclopropane carboxylate de (S)- $\alpha$ -cyano-3-phénoxybenzyle



**Document 1 : comparaison de la  $DL_{50}$  de différentes classes d'insecticides sur les rats et les insectes**

Comparaison des toxicités ( $DL_{50}$ ) de différentes classes d'insecticides	Insectes ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	Rats ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	Facteur de sélection $\frac{DL_{50} \text{ rats}}{DL_{50} \text{ insectes}}$
Carbamates	2,8	45	...
Organophosphates	2,0	67	...
Hydrocarbures chlorés	2,6	230	...
Pyréthrinoïdes	0,45	2000	...

**Document 2 : toxicité au niveau de l'expérimentation animale** (figure extraite de guide pratique de toxicologie, Franz-Xavier Reichl, ed : de Boeck)

Expérimentation animale 

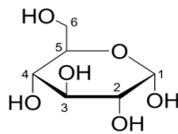
**Type I** → « Syndrome-T »  
 Tremblements, ataxie, excitabilité élevée, hypersensibilité vis-à-vis des stimulations extérieures

**Type II** → « Syndrome-CS »  
 Chloréoathétose, Salivation, tremblements cérébelleux, convulsions cloniques

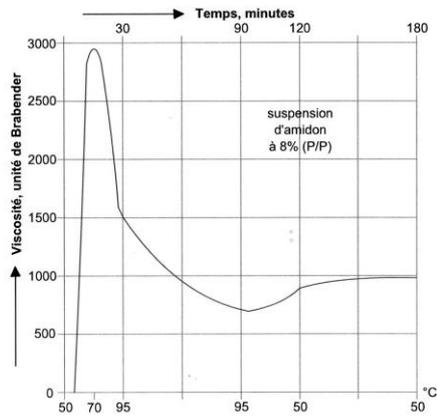
## ANNEXE 5

### LES RÉSERVES AMYLACÉES DES GRAINES

Document 1 : structure de l' $\alpha$ -D-glucopyranose

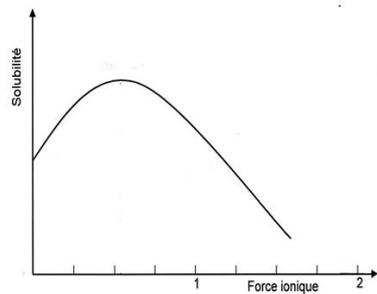


Document 2 : Evolution de la viscosité (en unité arbitraire) d'une suspension d'amidon en fonction de la température. La viscosité est mesurée par un viscoamylographe de marque Brabender.



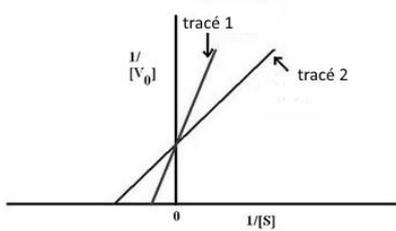
## ANNEXE 6

### COURBE DE SOLUBILITÉ D'UNE PROTÉINE EN FONCTION DE LA FORCE IONIQUE



Le gradient de force ionique est obtenu par différentes solutions de  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

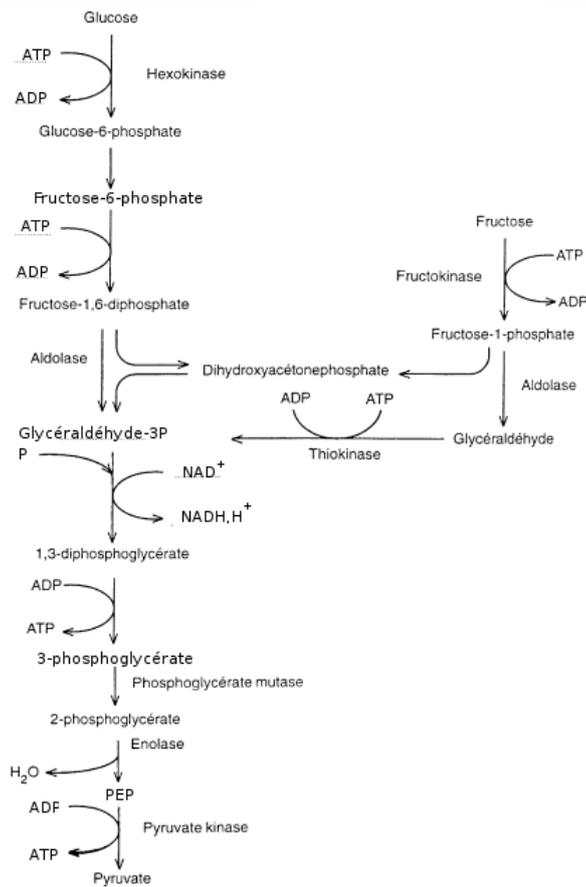
**ANNEXE 7 : REPRÉSENTATION DE LINEWEAVER – BURK**  
**TRACÉS AVEC ET SANS INHIBITEUR COMPÉTITIF**



$$\frac{1}{V_o} = \frac{K_m}{V_{max}} \frac{1}{[S]} + \frac{1}{V_{max}}$$

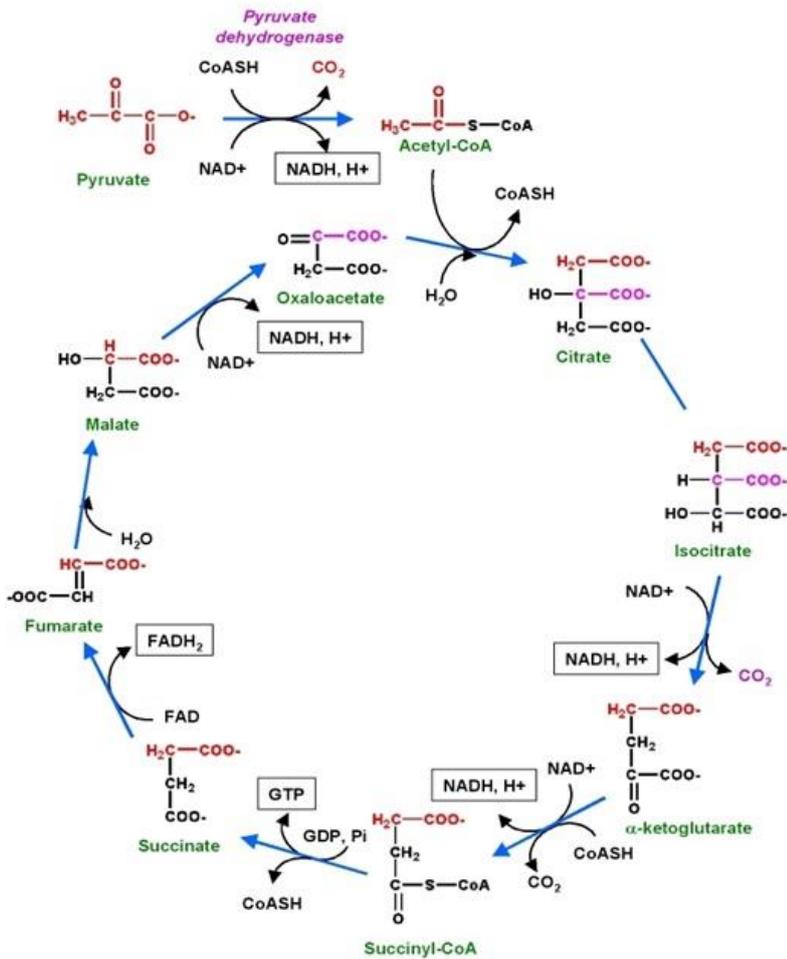
**ANNEXE 8**

**REACTIONS DU METABOLISME OXYDATIF LORS DE LA GERMINATION**  
**(PARTIE 1/2)**



## ANNEXE 8

### RÉACTIONS DU MÉTABOLISME OXYDATIF LORS DE LA GERMINATION (PARTIE 2/2)



#### Rapports P/O :

$\text{NADH, H}^+$  produit par le cycle de Krebs : 3 ATP par  $\text{NADH, H}^+$

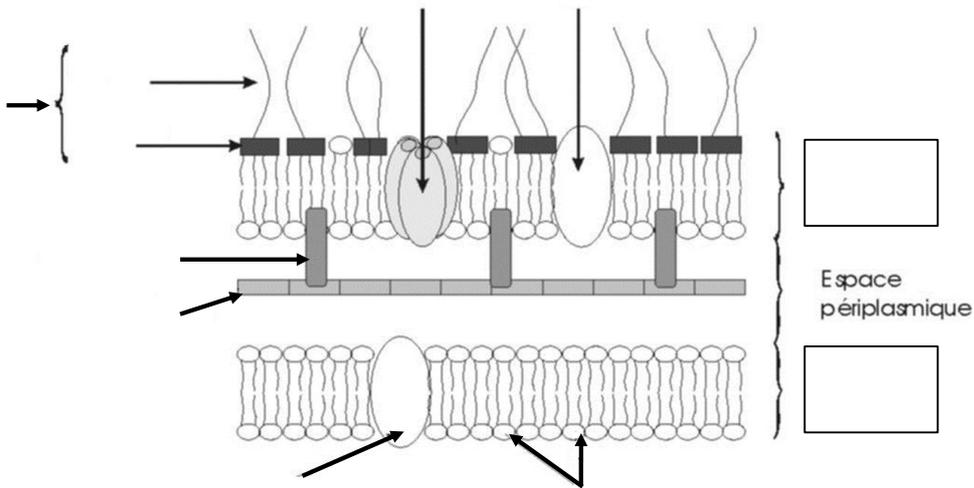
$\text{NADH, H}^+$  produit dans le cytosol : 2 ATP par  $\text{NADH, H}^+$

$\text{FADH}_2$  : 2 ATP par  $\text{FADH}_2$

**ANNEXE A**

À COMPLÉTER ET A REMETTRE AVEC LA COPIE

PAROI D'ESCHERICHIA COLI



## LE PÂTÉ CRÉOLE DE LA RÉUNION

Le pâté créole de la Réunion est une recette à base de viande dégustée en fin d'après-midi au cours des repas de fête. Il s'agit d'un pâté en croûte sucré-salé agrémenté de divers épices dont certaines sont produites localement sur l'île.

Les ingrédients sont : viande de porc, farine, coule pasteurisée concentrée d'œuf entier, tomate, oignon, huile, ail, sucre, sel, levure chimique, curcuma, thym, poivre.

### SCIENCES DES ALIMENTS (50 points)

#### 1. ÉTUDE DE QUELQUES MATIÈRES PREMIÈRES (14 points)

##### 1.1. Les œufs

1.1.1. Annoter le schéma de la coupe d'œuf présenté dans l'annexe A à remettre avec la copie.

1.1.2. Citer deux protéines contenues dans le blanc d'œuf, dont la protéine la plus abondante.

1.1.3. Les protéines du blanc d'œuf ont une valeur biologique très élevée, mais un coefficient d'utilisation digestive (CUD) faible si l'œuf est cru. Expliquer les termes « valeur biologique » et « CUD ». Expliquer la faible valeur de ce dernier paramètre pour le blanc d'œuf cru.

1.1.4. Décrire deux méthodes permettant de déterminer l'état de fraîcheur des œufs.

##### 1.2. Le sucre

1.2.1. Préciser le nom scientifique de la molécule habituellement désignée sous le nom de sucre.

1.2.2. Le sucre peut être obtenu à partir de la transformation de la canne à sucre. Nommer une autre plante permettant la production industrielle du sucre.

#### 2. Fabrication de la pâte (16 points)

La pâte est constituée d'un mélange de farine de blé, d'eau, d'œuf, de sucre et de levure chimique.

2.1. Citer les types de blé utilisés commercialement et indiquer leurs utilisations principales.

2.2. Nommer les constituants protéiques du gluten en précisant pour chacun leurs principales caractéristiques.

2.3. Les protéines du blé sont pauvres en lysine. Expliquer les conséquences nutritionnelles qui en résultent.

2.4. La farine de blé utilisée est de type 80. Donner la signification du « type ».

2.5. L'annexe 1 présente plusieurs types de farines commercialisées. La farine complète est considérée comme meilleure pour la santé. Présenter des arguments favorables et des arguments défavorables à cette affirmation.

2.6. L'annexe B représente le diagramme de fabrication des farines. Compléter le diagramme présenté à l'aide des noms ci-après : épointage, farine, humidification, mouture, semoule, nettoyage, tamisage, tri.

2.7. La croûte de la pâte est dorée après cuisson. Nommer la réaction à l'origine du brunissement de la pâte. Préciser les réactifs mis en jeu et les modifications organoleptiques associées à cette réaction.

#### 3. FABRICATION DE LA FARCE (15 points)

La farce est préparée à partir des ingrédients suivants : viande de porc, huile, oignon, ail, tomate, curcuma et thym.

##### 3.1. La viande

3.1.1. Présenter les étapes successives qui à partir de la mort de l'animal aboutissent à la rigidité cadavérique.

3.1.2. La viande a besoin d'être maturée. Expliquer les évolutions physiques et biochimiques du muscle lors de la maturation.

3.1.3. Énumérer au moins deux situations pouvant conduire à l'exsudation de la viande.

3.1.4. La matière première est réceptionnée sous emballage thermoscellé avec une atmosphère enrichie en CO<sub>2</sub>. Préciser deux rôles du CO<sub>2</sub> lui permettant de prolonger la conservation de la viande.

### 3.2. Les légumes

3.2.1. Les tomates, comme d'autres fruits, ont la propriété de pouvoir mûrir après leur récolte. Citer et décrire cette propriété.

3.2.2. Recenser au moins trois paramètres physico-chimiques à maîtriser pour un entreposage optimal.

### 4. EMBALLAGE (5 points)

L'emballage du produit porte les mentions : « Conserver au réfrigérateur à +4/6 °C » et « produit conditionné sous atmosphère protectrice ».

4.1. Expliquer pourquoi ces deux conditions de stockage permettent de stabiliser la qualité sanitaire et biochimique du produit fini.

4.2. Nommer les deux ingrédients de la pâte farcie posant le plus de problèmes de conservation.

4.3. Expliquer deux propriétés du film de scellage attendues pour préserver la qualité chimique et microbiologique du pâté.

## GÉNIE INDUSTRIEL (50 points)

La couleur jaune du pâté créole est essentiellement due à l'utilisation de coule d'œuf entier et à la présence de curcuma. On se propose d'étudier la fabrication de ces deux ingrédients.

### 1. FABRICATION DE COULE D'ŒUF ENTIER : ULTRAFILTRATION (6 points)

Le diagramme de fabrication de cet ovoproduit est présenté en annexe 2.

1.1. Comparer les étapes de filtration et d'ultrafiltration en complétant le tableau de l'annexe C.

1.2. Expliquer l'intérêt d'effectuer une filtration avant une ultrafiltration.

1.3. L'industriel utilise une membrane de type spirale plutôt qu'une membrane tubulaire. Argumenter ce choix.

### 2. FABRICATION DE COULE D'ŒUF ENTIER : PASTEURISATION (14 points)

2.1. Expliquer l'intérêt de l'étape de pasteurisation.

2.2. Un traitement de 2,5 minutes à 64,4 °C est mis en œuvre.

2.2.1. Définir puis calculer la valeur pasteurisatrice.

#### Données :

Température de référence pour la pasteurisation :  $T_{ref} = 70^{\circ}\text{C}$

Facteur d'inactivation thermique :  $z = 7^{\circ}\text{C}$

Durée de référence :  $\Delta t_{ref} = 1 \text{ min}$

2.2.2. Le traitement de référence pour ce type de produit correspond à un barème de 20 s à 70°C. Conclure sur la conformité du traitement thermique.

2.2.3. Expliquer la nécessité d'utiliser des barèmes de pasteurisation ayant une température inférieure à 70°C.

2.3. Un pasteurisateur à plaques, dont le principe de fonctionnement est schématisé en annexe 3, est utilisé pour la pasteurisation puis le refroidissement rapide du produit.

2.3.1. Nommer sur la copie les fluides 1, 3, 6 et 8 et les étapes 2, 4, 5 et 7 subies par le produit. Expliquer le rôle du chambreur.

2.3.2. La notice de l'appareil indique qu'un débit nominal de produit de 100 L.h<sup>-1</sup> correspond à un temps de séjour dans le chambreur de 2 minutes. Calculer le débit adapté pour réaliser un temps de séjour de 2,5 minutes.

2.4. Après chaque fabrication, le pasteurisateur est nettoyé et désinfecté selon les étapes successives :

- eau + détergent alcalin à 60 °C pendant 10 minutes ;

- eau à 60 °C pendant 10 minutes ;

- acide chlorhydrique à 60 °C pendant 10 minutes ;

- eau à 40 °C pendant 10 minutes.

Indiquer l'intérêt de chacune de ces étapes.

### 3. FABRICATION DE POUDRE DE CURCUMA : SÉCHAGE (19 points)

Le curcuma est une épice utilisée dans de nombreux plats réunionnais. Il s'agit d'un rhizome d'une couleur orange intense, réduit en poudre selon le diagramme de fabrication présenté en annexe 4. Après une étape de tranchage, les lamelles de curcuma peuvent être séchées dans une chambre de séchage selon un procédé discontinu.

3.1. Schématiser les transferts réalisés entre l'aliment et l'air de séchage.

3.2. Lors d'une fabrication, 40 kg de curcuma humide sont introduits dans le sécheur. Le produit passe de 36 % d'humidité à 12 % et la masse de curcuma séchée obtenue est de 29,1 kg.

3.2.1. Calculer la masse d'eau retirée puis en déduire la capacité évaporatoire du sécheur sachant que cette masse d'eau est retirée en 8 heures.

3.2.2. Indiquer si le tranchage du curcuma a une influence sur la cinétique de séchage. Justifier la réponse.

3.3. Le séchage est mené dans les conditions suivantes :

- température sèche de l'air ambiant (F) :  $T_{Fs} = 29 \text{ °C}$  ;
- température humide de l'air ambiant (F) :  $T_{Fh} = 27 \text{ °C}$  ;
- température de l'air chaud (F')  $T_F = 50 \text{ °C}$  ;
- débit d'air =  $272 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ .

Les différents airs seront représentés de la façon suivante :

- air ambiant = point F ;
- air chaud entrant = point F' ;
- air sortant du sécheur = point F''.

3.3.1. Placer les points F et F' sur le diagramme de l'annexe D.

3.3.2. Déterminer l'humidité absolue de l'air chaud entrant.

3.3.3. À partir des caractéristiques de l'air entrant, calculer l'hygrométrie absolue moyenne de l'air sortant du sécheur sachant que la capacité évaporatoire est de  $1,362 \text{ kg}_{\text{eau}}\cdot\text{h}^{-1}$ . Placer le point F'' sur le diagramme sachant que l'enthalpie spécifique est conservée lors du séchage.

3.3.4. Définir la consommation énergétique spécifique (CES) puis calculer cette dernière.

Donnée : Capacité thermique moyenne de l'air  $C_{p_{\text{air}}} = 1004 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

### 4. FABRICATION DE LA POUDRE DE CURCUMA : BROYAGE (6 points)

Lors d'une fabrication, 30 kg de tranches de curcuma séchées contenant 12 % d'humidité sont broyées.

Une masse d'eau de 700 g est perdue lors de cette opération. Par ailleurs, des poussières (pertes), dont la teneur en eau est de 9 %, sont générées lors du broyage. Au final, la masse de poudre de curcuma obtenue a une teneur en eau de 10 %.

4.1. Citer et schématiser un broyeur pouvant être utilisé lors de cette étape.

4.2. Lors d'une journée particulièrement humide, les tranches de curcuma séchées sont passées de 12 % à 15 % d'humidité. Préciser l'impact d'un tel changement sur la qualité de la poudre obtenue après broyage.

4.3. L'étape de broyage présente des dangers pour la santé de l'opérateur. Citer au moins deux dangers et proposer des aménagements préventifs associés.

### 5. FABRICATION DE LA POUDRE DE CURCUMA : CONTRÔLE DE LA POUDRE (5 points)

5.1. La qualité du broyage est régulièrement vérifiée par une analyse granulométrique. Décrire les étapes techniques de ce contrôle.

5.2. Suite à l'analyse d'un lot de poudre, la courbe des pourcentages cumulés des refus en fonction de la maille est tracée et présentée en annexe 5.

5.2.1. Exploiter la courbe de l'annexe 5 pour déduire la valeur de la maille théorique de coupure.

5.2.2. Conclure sur la qualité du lot de poudre analysé sachant que la maille théorique de coupure de référence pour la poudre de curcuma est de  $500 \mu\text{m}$  avec une tolérance de 10 %.

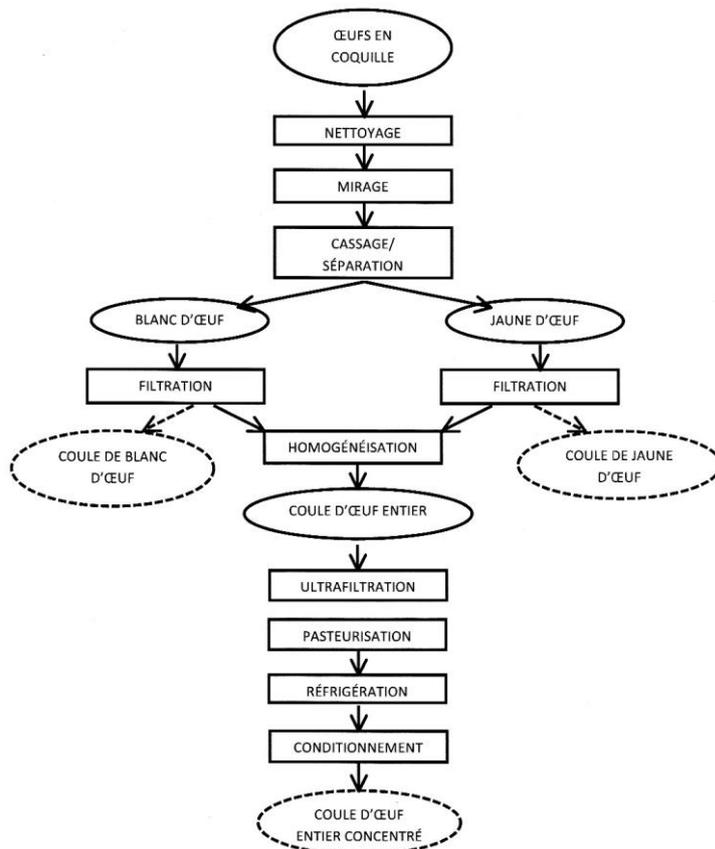
## ANNEXE 1

### LES DIFFÉRENTS TYPES DE FARINES

Type	Taux d'extraction (en %)	Taux de cendres (en %)	Utilisation
45	68	Inférieur à 0,50	Pâtisseries
55	74	0,50 – 0,60	Pains blancs, biscuits
65	78	0,62 – 0,75	Biscuits
80	82	0,75 – 0,90	Pains spéciaux
110	85	1,00 – 1,20	Pains bis
150	94	Supérieur 1,40	Pains complets

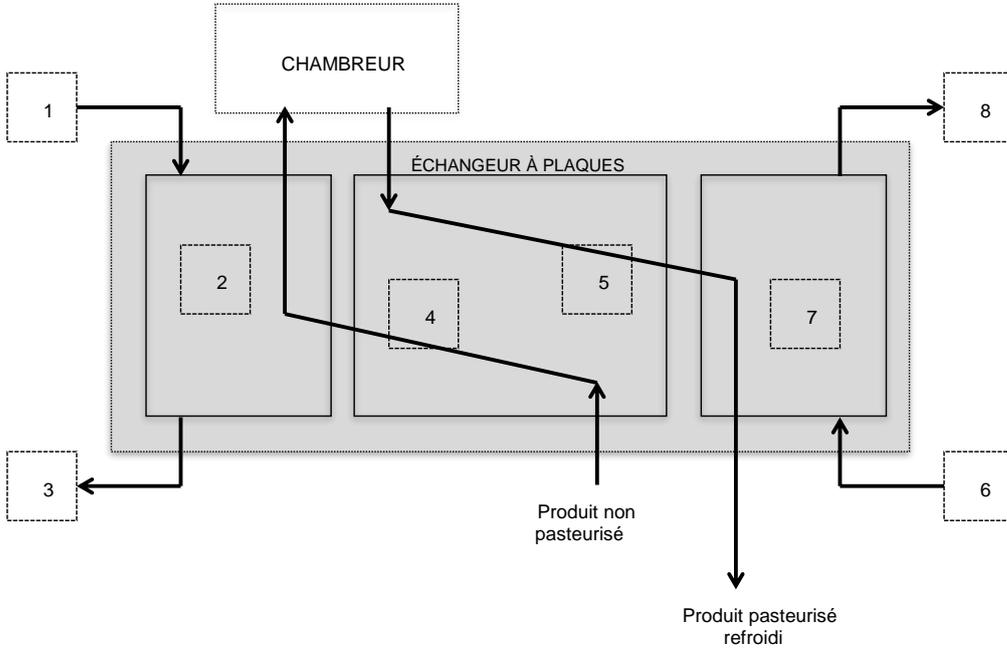
## ANNEXE 2

### DIAGRAMME DE FABRICATION DE LA COULE D'ŒUF ENTIER



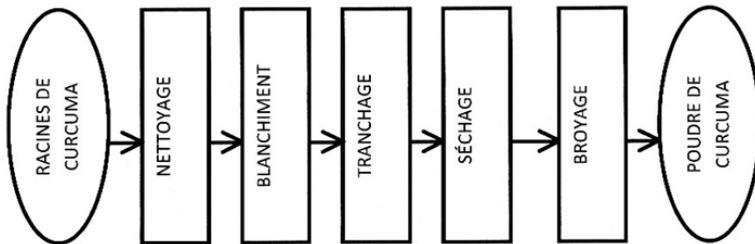
### ANNEXE 3

#### SCHÉMA DE PRINCIPE D'UN PASTEURISATEUR À PLAQUES



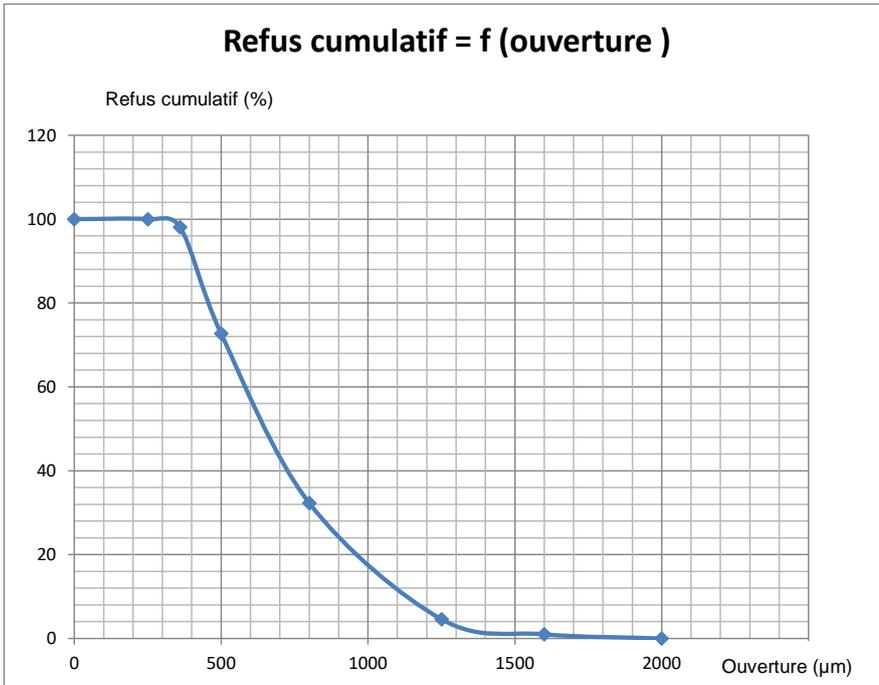
### ANNEXE 4

#### DIAGRAMME DE FABRICATION DE LA POUDRE DE CURCUMA



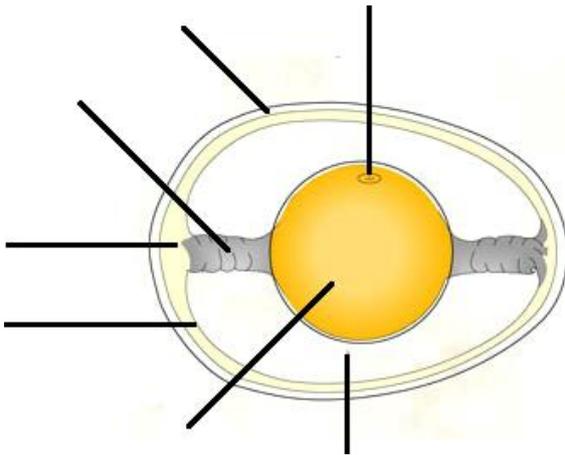
## ANNEXE 5

### ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE



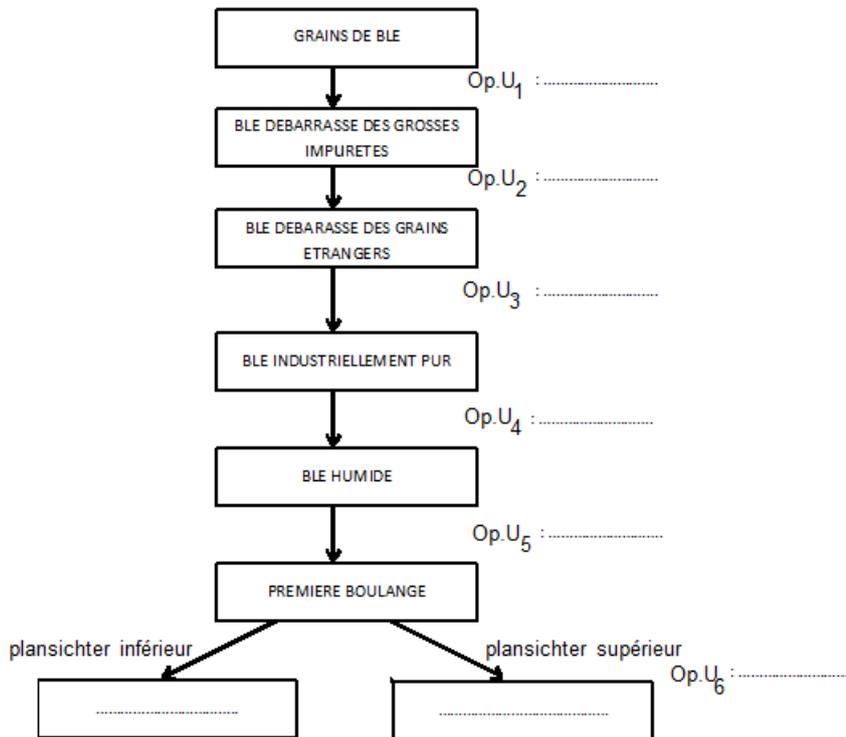
## ANNEXE A

À COMPLÉTER ET À REMETTRE AVEC LA COPIE  
**STRUCTURE DE L'ŒUF**



## ANNEXE B

À COMPLÉTER ET À REMETTRE AVEC LA COPIE  
 DIAGRAMME DE FABRICATION  
 DE LA RÉCOLTE DES GRAINS DE BLÉ À L'OBTENTION DE LA PREMIÈRE FARINE



## ANNEXE C

À COMPLÉTER ET À REMETTRE AVEC LA COPIE

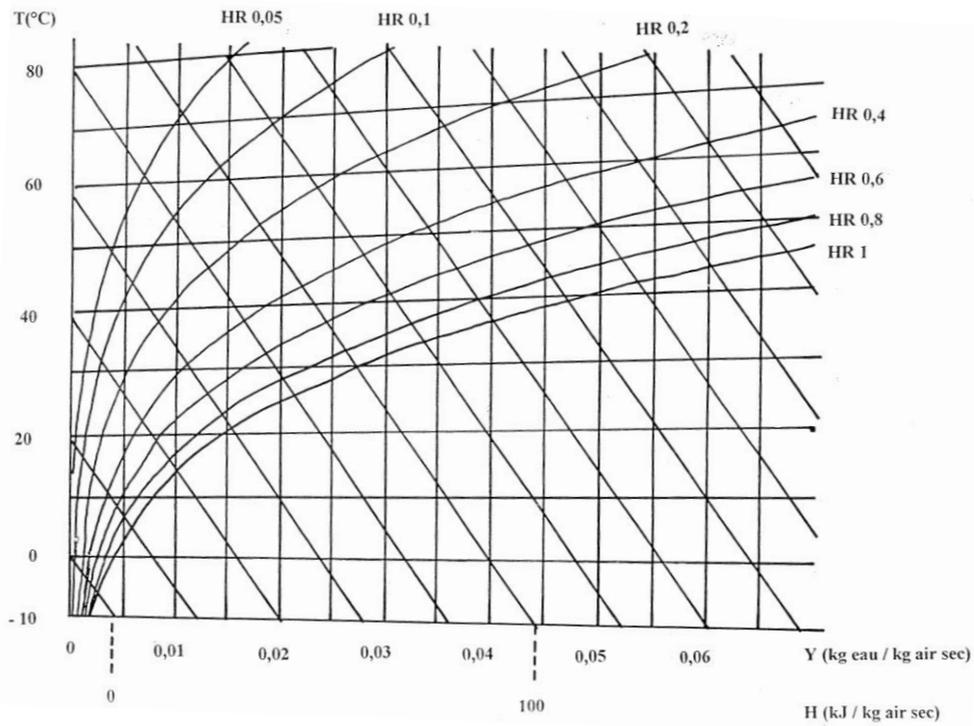
Tableau comparatif des deux techniques de filtration

Étapes du diagramme de fabrication (Annexe 2)	Type de filtration (Selon le flux de produit)	Taille des particules retenues	Pression de filtration (bar)
FILTRATION			
ULTRAFILTRATION			

## ANNEXE D

À COMPLÉTER ET À REMETTRE AVEC LA COPIE

### DIAGRAMME ENTHALPIQUE DE L'AIR HUMIDE - MOYENNES TEMPÉRATURES



## CONTRÔLES QUALITÉ LORS DE LA PRODUCTION DE FROMAGES AU LAIT CRU

**Premier jour : 4 h 30**

L'utilisation de lait cru permet d'obtenir des fromages aux propriétés organoleptiques significativement différentes de celles obtenues à partir de lait ayant subi un traitement thermique. Différents contrôles qualité sont réalisés sur le lait cru afin d'assurer la stabilité de la production et d'éviter tout risque sanitaire.

### 1. CONTRÔLES MICROBIOLOGIQUES

Les fromages au lait cru doivent respecter les critères microbiologiques de sécurité des aliments et d'hygiène des procédés définis par le règlement (CE) n°2073/2005 du 15 novembre 2005, modifié par le règlement (CE) n°1441/2007.

#### 1.1. Recherche et identification de *Salmonella spp*

Durant l'année 2010, la bactérie a été suspectée d'être à l'origine de 141 foyers de toxi-infection alimentaire collective (TIAC) à partir de produits laitiers. Dans ces produits laitiers, *Salmonella Dublin* est retrouvée dans 57,6 % et *Salmonella typhimurium* dans 5,8 % des cas déclarés. Le règlement spécifie « absence de *Salmonella* dans 25 g de lait cru ».

##### 1.1.1. Étapes préliminaires

###### 1.1.1.1. Principe

Les étapes de la méthode de référence (annexe 1) ont été réalisées à partir d'un échantillon de lait cru « L » : un milieu XLD (annexe 2) et un milieu Hektoen (annexe 3) ont été ensemencés pour isolement à partir des milieux d'enrichissement.

###### 1.1.1.2. Matériel et réactifs

Isolement sur gélose XLD notée XLD « L + n° de poste »

Isolement sur gélose Hektoen notée Hektoen « L + n° de poste »

###### 1.1.1.3. Mode opératoire

Effectuer une lecture et une interprétation des deux milieux d'isolement.

###### 1.1.1.4. ~~Compte-rendu~~ Compte rendu

Décrire l'aspect des colonies suspectes sur les deux milieux.

Justifier cet aspect grâce à la composition des milieux XLD et Hektoen.

Conclure sur la présence de colonies suspectes.

##### 1.1.2. Confirmation biochimique de la présence de *Salmonella spp*

###### 1.1.2.1. Principe

Un repiquage sur gélose nutritive (fournie) à partir d'une colonie suspecte sur gélose Hektoen a été effectué.

###### 1.1.2.2. Matériel et réactifs

Isolement sur gélose nutritive ordinaire notée GN « L + n° de poste »

Microscope et colorants de Gram

Tests oxydase et catalase

###### 1.1.2.3. Mode opératoire

Réaliser les observations et les tests nécessaires à l'orientation de l'identification de la souche.

Ces tests seront montrés à l'examineur.

Proposer les milieux nécessaires à l'identification.

Les milieux seront distribués 1 heure avant la fin de l'épreuve, après remise de l'annexe A.

Ensemencer les milieux fournis par le centre.

#### 1.1.2.4. ~~Compte-rendu~~Compte rendu

Compléter l'annexe A et la rendre 1 heure avant la fin de l'épreuve.

### **1.2. Dénombrement de *Staphylococcus aureus***

Les critères d'hygiène des procédés concernant *Staphylococcus aureus* stipulent un maximum de 10<sup>5</sup> UFC/g de fromage au lait cru.

#### 1.2.1. Principe

Un dénombrement de *Staphylococcus aureus* est réalisé sur un échantillon de fromage au lait cru.

#### 1.2.2. Matériel et réactifs

Suspension de fromage au lait cru fournie dans un tube noté « SM », obtenue par pesée de 10 g de fromage complétée à 100 mL avec de l'eau peptonée stérile

3 tubes de tryptone-sel de 9 mL stériles

Pipettes de 1 mL stériles ou pipettes paille stériles

3 boîtes de gélose Baird Parker

Billes stériles ou râtaux

Agitateur

#### 1.2.3. Mode opératoire

Technique : dénombrement en surface

Essais : 3 dilutions à déterminer

Milieu : gélose Baird Parker

Volume de l'inoculum : à déterminer

#### 1.2.4. ~~Compte -rendu~~

Déterminer et justifier les dilutions choisies pour l'ensemencement des géloses Baird Parker.

### **1.3. Recherche d'antibiotiques**

Le lait utilisé en fromagerie doit être exempt d'inhibiteurs, dont les antibiotiques. Lorsque ceux-ci sont utilisés pour traiter des animaux malades, ils peuvent être présents dans le lait.

#### 1.3.1 Détection de la présence d'antibiotiques dans le lait à la production

##### 1.3.1.1. Principe

Les laits crus à tester, après inactivation thermique, sont additionnés d'un indicateur de pH, le pourpre de bromocrésol (BCP), violet en milieu neutre, et sont ensemencés avec *Streptococcus thermophilus*. Après incubation, la croissance de la bactérie se traduit par une acidification qui fait virer au jaune le BCP.

##### 1.3.1.2. Matériel

Tubes de laits, après incubation, qui ont subi le test de détection ; nommés :

« X1 + n° de poste »,

« X2 + n° de poste »,

« X3 + n° de poste ».

##### 1.3.1.3. Mode opératoire

Réaliser la lecture et l'interprétation des tubes X1, X2 et X3.

##### 1.3.1.4. ~~Compte-rendu~~Compte rendu

Indiquer les résultats observés et interpréter.

Commenté [g1]:

### 1.3.2. Test de confirmation de la présence d'antibiotique dans les laits

#### 1.3.2.1. Principe

Les laits ayant fourni un test positif (présence d'antibiotique) subissent un test de confirmation par la technique de diffusion en gélose.

#### 1.3.2.2. Matériel et réactifs

Lait(s) choisi(s) d'après les résultats du 1.3.1 à demander à l'examineur

Suspension de *Geobacillus stearothermophilus* (permettant de détecter la présence d'antibiotique) en bouillon Mueller-Hinton notée « *Geobacillus* + n° de poste »

1 tube de 10 mL de gélose Mueller-Hinton en surfusion à 55 °C

1 boîte de Pétri vide stérile de 90 mm de diamètre

1 petite boîte de Petri avec disques stériles de papier

Laits témoins « Lait T+ » et « Lait T- »

#### 1.3.2.3. Mode opératoire

À partir de la souche de *Geobacillus stearothermophilus*, ensemercer la gélose en surfusion dans les proportions de 1 volume de suspension / 5 volumes de milieu en surfusion.

Couler rapidement en boîte de Pétri.

Homogénéiser de façon à recouvrir tout le fond de la boîte.

Déposer les disques sur la gélose puis l'imprégner avec 5 µL des différents laits (laits choisis et laits témoins).

Tous les disques doivent se situer sur un cercle à 1 cm de la périphérie de la boîte. Aucun disque ne doit être placé au centre de la boîte.

Incuber à 55 °C.

Mis en forme : Police :Italique

Mis en forme : Police :Italique

Mis en forme : Police :Italique

## **2. CONTROLES BIOCHIMIQUES**

Afin de maîtriser la production fromagère et le rendement en fromage, deux paramètres biochimiques de contrôle sont retenus : la teneur en azote et la teneur en calcium. La teneur moyenne en protéines dans le lait de vache est comprise entre 30 et 36 g.L<sup>-1</sup>. La teneur moyenne en calcium est de 1,23 g.L<sup>-1</sup>.

### **2.1. Vérification de la teneur en azote du lait cru de vache**

La minéralisation du lait **a été réalisée au préalable** durant 4 heures à 300 °C sur 2 mL de lait cru en présence de 5 g de catalyseur chimique et 14 mL d'acide sulfurique concentré.

Puis, selon la technique de Kjeldahl, l'ammoniac est libéré et isolé à l'aide d'un distillateur automatique (appareil de Kjeldahl). L'ammoniac recueilli dans la fiole d'Erlenmeyer est neutralisé par un excès connu d'acide sulfurique. L'excès d'acide sulfurique est dosé par l'hydroxyde de sodium, permettant ainsi de déterminer la quantité d'ammoniac (dosage dit « en retour »).

#### 2.1.1. Réactifs

Minéralisat noté « M1 » fourni dans un matras

Solution d'acide sulfurique à C<sub>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></sub> = 1 mol.L<sup>-1</sup>

Solution d'hydroxyde de sodium à C<sub>NaOH</sub> environ 0,100 mol.L<sup>-1</sup> (concentration exacte fournie par le centre)

Rouge de phénol

Vert de bromocrésol

#### 2.1.2. Alcalinisation et distillation pour le minéralisat M1

Ajouter au contenu du matras 4 gouttes de rouge de phénol.

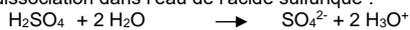
Préparer une fiole d'Erlenmeyer contenant 50 mL d'eau désionisée additionnée de 1,000 mL d'acide sulfurique à 1 mol.L<sup>-1</sup>.

Distiller le minéralisat selon la notice d'utilisation de l'appareil fournie par le centre.

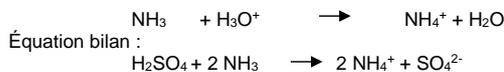
#### 2.1.3. Dosage de l'ammoniac recueilli

L'ammoniac libéré réagit avec un excès d'acide sulfurique selon les équations suivantes :

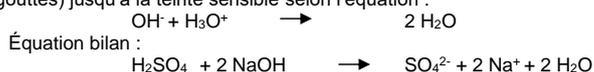
Équation de dissociation dans l'eau de l'acide sulfurique :



Équation du dosage :



L'excès d'acide sulfurique est dosé par l'hydroxyde de sodium en présence de vert de bromocrésol (environ 5 gouttes) jusqu'à la teinte sensible selon l'équation :



Réaliser ce dosage pour le distillat.

La manipulation sera montrée à un examinateur.

#### 2.1.4. Résultats

Établir l'équation aux grandeurs du nombre de moles d'azote contenu dans le minéralisat.

Établir l'équation aux grandeurs de la concentration massique en azote total du lait cru en g.L<sup>-1</sup>

Réaliser l'application numérique.

En déduire la concentration massique en azote protéique du lait cru en g.L<sup>-1</sup> puis la concentration massique en protéines du lait cru en g.L<sup>-1</sup>.

Exprimer le résultat final conformément à l'**annexe de métrologie pages 7 et 8**.

La vérification ponctuelle a été réalisée préalablement et validée.

Conclure sur la conformité du lait analysé.

#### Données :

Masse molaire de l'azote :  $M_N = 14,01 \text{ g.mol}^{-1}$

Pour un dosage « en retour » : la totalité de l'acide est neutralisé par l'ammoniac présent dans le minéralisat et par la soude ajoutée.

Dans le lait, 95 % de l'azote total se trouve dans les protéines.

La teneur en protéine du lait exprimée en g.L<sup>-1</sup> est obtenue en multipliant la teneur en azote protéique par le coefficient 6,38.

Incertitude-type composée sur la concentration massique en protéines du lait cru :  $u_c = 1,2 \text{ g.L}^{-1}$ .

## **2.2. Vérification de la teneur en calcium du lait cru de vache**

La concentration en calcium du lait est intéressante pour le contrôle de la formation du caillé. La maîtrise de ce paramètre permet d'améliorer la fabrication des fromages.

### 2.2.1. Principe

En milieu alcalin, les ions  $\text{Ca}^{2+}$  forment un complexe coloré rouge foncé avec le O-crésolphtaléine complexon. L'absorbance de ce complexe est mesurée à 570 nm. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de calcium présente dans l'échantillon.

### 2.2.2. Réactifs

Réactif de travail noté « R »

Solution étalon notée « Etalon » de concentration massique  $\rho(\text{Ca};\text{Se}) = 100 \text{ mg.L}^{-1}$

Minéralisat noté « M2 » présenté en tube à hémolyse

Solution de contrôle notée « Sc2 » de concentration massique  $\rho(\text{Ca};\text{Sc}) = (101,0 \pm 7,8) \text{ mg.L}^{-1}$

### 2.2.3. Mode opératoire – Méthode spectrophotométrique par comparaison avec un étalon

#### 2.2.3.1. Minéralisation du lait avant dosage (déjà réalisée)

Les composés organiques (caséines notamment) perturbent le dosage en précipitant et en entraînant du  $\text{Ca}^{2+}$ . De plus, une part importante du  $\text{Ca}^{2+}$  est associée aux phosphoprotéines du lait. La minéralisation en milieu sulfo-nitrique à chaud en présence de catalyseur permet d'éliminer toute la matière organique et d'obtenir le calcium sous forme  $\text{Ca}^{2+}$  libre.

Une minéralisation sulfo-nitrique est réalisée sur 10 mL de lait (les réactifs utilisés ne contiennent pas de  $\text{Ca}^{2+}$ ). Le minéralisat est transvasé quantitativement dans une fiole jaugée de 200 mL et le volume est complété à 200 mL avec de l'eau désionisée.

Cette solution notée « M2 » est fournie.

### 2.2.3.2. Colorimétrie

Introduire dans des microcuvettes :

	Blanc	Étalon	Essai	Contrôle
Réactif de travail (µL)	1000	1000	1000	1000
Solution étalon (µL)		25		
Minéralisat (µL)			25	
Solution de contrôle (µL)				25
Eau désionisée (µL)	25			

Boucher les microcuvettes avec du parafilm® et homogénéiser.

Laisser reposer 5 minutes à température ambiante.

Lire les absorbances à 570 nm.

La coloration est stable 1 heure à 20-25 °C à l'abri de la lumière.

### 2.2.4. Résultats

Compléter l'annexe B.

Établir l'équation aux grandeurs de la concentration massique en  $\text{Ca}^{2+}$  de la solution de contrôle  $\rho(\text{Ca}^{2+}; \text{Sc})$  en  $\text{mg.L}^{-1}$ .

Procéder à l'application numérique.

Vérifier l'exactitude ponctuelle du résultat de mesure à l'aide de l'**annexe de métrologie pages 7 et 8**.

Établir l'équation aux grandeurs de la concentration en  $\text{Ca}^{2+}$  dans le minéralisat  $\rho(\text{Ca}; \text{M2})$  en  $\text{mg.L}^{-1}$ .

Procéder à l'application numérique.

En déduire la concentration en  $\text{Ca}^{2+}$  dans le lait,  $\rho(\text{Ca}; \text{lait})$  en  $\text{g.L}^{-1}$ . Exprimer le résultat final conformément à l'**annexe de métrologie pages 7 et 8**.

Conclure quant aux propriétés du lait analysé.

#### Données :

Concentration de la solution de contrôle :  $Y_{\text{ref}} = (101,0 \pm 7,8) \text{ mg.L}^{-1}$  de  $\text{Ca}^{2+}$

Écart-type de reproductibilité de la méthode :  $s_R = 5,2 \text{ mg.L}^{-1}$

Incertitude-type composée sur la concentration en calcium dans le lait :  $u_c = 0,08 \text{ g.L}^{-1}$

## 3. CONTRÔLES TOXICOLOGIQUES

L'aflatoxine B1 est une mycotoxine pouvant être présente dans l'alimentation des vaches laitières. Elle est alors métabolisée et excrétée dans le lait sous forme d'aflatoxine M1, hépatotoxique et cancérigène. Stable, elle persiste dans les fromages.

La présence de l'aflatoxine M1 est contrôlée dans deux échantillons de lait, L1 et L2.

### 3.1. Réactifs et matériel

1 tube de 5 mL d'agarose à 1 % en tampon PBS (phosphate buffer saline), maintenu en surfusion au bain thermostaté à 55 °C

1 tube d'aflatoxine M1 noté « M1 »

1 tube d'échantillon de lait noté « L1 »

1 tube d'échantillon de lait noté « L2 »

1 tube de tampon PBS noté « PBS »

1 tube d'anticorps anti-aflatoxine M1 noté « anti-M1 »

1 boîte de Petri (diamètre 5 cm)

Emporte-pièce : cloche de Durham ou équivalent

### 3.2. Mode opératoire

#### 3.2.1. Préparation de la boîte

Poser la boîte de Pétri sur un support horizontal.

Verser l'agarose dans la boîte de Petri ; laisser prendre en masse à température ambiante et placer la boîte 30 minutes minimum au réfrigérateur.

En suivant le schéma gabarit de l'annexe C, creuser délicatement dans la boîte 5 puits à l'emporte-pièce en l'enfonçant verticalement jusqu'au fond de la gélose, puis en le retirant également verticalement.

### 3.2.2. Remplissage des puits

Définir les réactifs à introduire dans les puits 1 à 5 afin d'atteindre l'objectif fixé et de réaliser les témoins appropriés.  
Déposer 20 µL par puits.

### 3.2.3. Incubation

Laisser diffuser en chambre humide, à température ambiante, pendant 24 h ou 48 h.

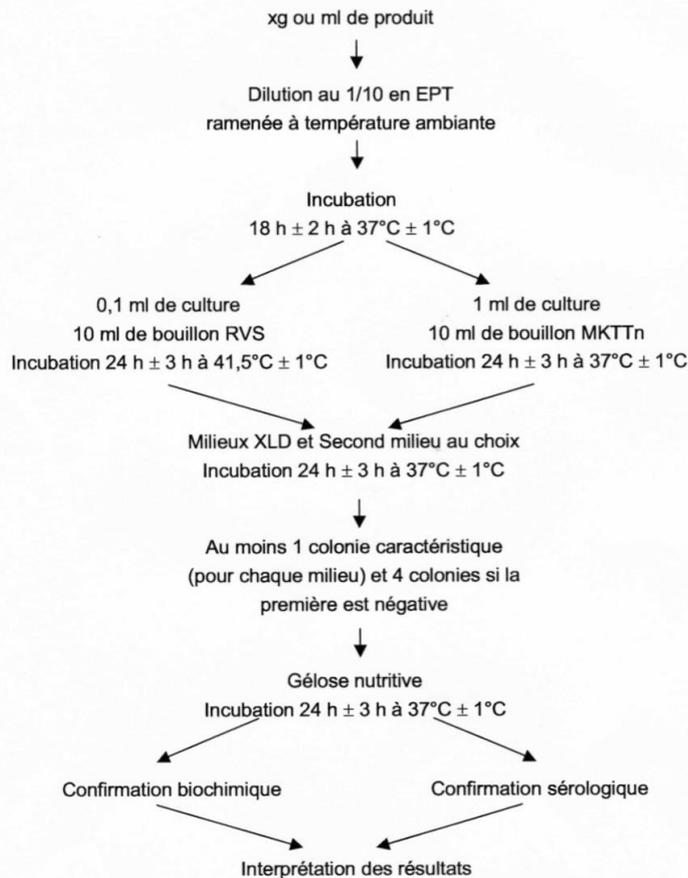
### 3.3. ~~Compte rendu~~ Compte rendu

Compléter l'annexe C.

## ANNEXE 1

### METHODE DE REFERENCE NF EN ISO 6579

#### Méthode horizontale pour la recherche de *Salmonella*



## ANNEXE 2

### COMPOSITION DE LA GÉLOSE XLD (ISO 6579)

La gélose XLD (Xylose-Lysine-Désoxycholate) est utilisée pour l'isolement des *Salmonella* dans les produits alimentaires, suivant la norme NF EN ISO 6579, ainsi que des *Shigella*, lorsque la norme NF EN ISO 21567 est appliquée pour leur recherche.

#### FORMULE - TYPE

Pour 1 litre de milieu :

- Extrait autolytique de levure.....	3,00 g
- L-Lysine.....	5,00 g
- Lactose.....	7,50 g
- Saccharose.....	7,50 g
- Xylose.....	3,75 g
- Désoxycholate de sodium.....	1,00 g
- Chlorure de sodium.....	5,00 g
- Thiosulfate de sodium.....	6,80 g
- Citrate ferrique ammoniacal.....	0,80 g
- Rouge de phénol.....	80 mg
- Agar agar bactériologique.....	12,50 g

pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25 °C : 7,4 ± 0,2.

#### PRINCIPE

Le désoxycholate de sodium assure l'inhibition de la flore contaminante à Gram positif.

Le xylose est fermenté par la plupart des germes entéropathogènes, à l'exception des *Shigella*. Après avoir utilisé le xylose, les salmonelles décarboxylent la lysine (par l'intermédiaire de leur lysine-décarboxylase) en cadavérine, ce qui provoque une augmentation de pH. En milieu devenu alcalin, les colonies de salmonelles se présentent sous le même aspect que les shigelles, c'est-à-dire des colonies de couleur rouge en présence de l'indicateur, le rouge de phénol. Dans ces conditions, ainsi que par réduction du citrate ferrique ammoniacal, les entérobactéries pathogènes qui produisent du sulfure d'hydrogène se manifestent par un noircissement qui est dû à l'apparition de sulfure de fer au centre des colonies.

L'addition de lactose et de saccharose au milieu permet aux coliformes qui décarboxylent la lysine de produire un excès d'acidité faisant virer l'indicateur au jaune, ce qui favorise leur différenciation. Les germes non pathogènes qui ne décarboxylent pas la lysine produisent également une acidification résultant des fermentations sucrées. L'abaissement de pH s'oppose alors au noircissement des colonies.

#### ENSEMENCEMENT

Ensemencer en stries l'inoculum, à partir des milieux d'enrichissement utilisés pour la recherche des *Salmonella*. Transférer parallèlement l'inoculum sur un autre milieu sélectif.

#### INCUBATION

Incuber à (37 ± 2) °C pendant (24 ± 3) heures.

#### LECTURE

*Shigella*, *Providencia*, *Edwardsiella* et *Salmonella Paratyphi* fermentent le xylose lentement ou pas du tout, contrairement aux autres bactéries.

Les *Salmonella* sont différenciées par leur aptitude à décarboxyler la lysine.

La production de sulfure d'hydrogène en milieu alcalin provoque la formation de colonies à centre noir, tandis qu'en milieu acide la coloration noire n'apparaît pas.

L'aspect des colonies est le suivant :

#### Caractéristiques

Colonies jaunes LDC (-), parfois H2S (+)

Colonies rouges LDC (+), H2S (-)

Colonies rouges, à centre noir, LDC (+), H2S (+)

#### Microorganismes

*Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter*,

*Proteus*, *Serratia*, *Klebsiella*

*Shigella*, *Providencia*, *Salmonella*

*Salmonella*, *Arizona*, *Edwardsiella*

## ANNEXE A

À COMPLÉTER ET A REMETTRE 1 HEURE AVANT LA FIN DE L'ÉPREUVE

### ORIENTATION DE L'IDENTIFICATION DE *Salmonella spp*

Observation macroscopique :

Observation microscopique :

Test complémentaire :

Nom du test :

Résultat :

Proposition d'orientation :

Liste de milieux nécessaires à l'identification :

## ANNEXE B

À COMPLÉTER ET A REMETTRE AVEC LA COPIE

### Feuille de résultats des contrôles biochimiques

Vérification de la teneur en azote du lait cru de vache

Minéralisat (lait cru) :  $V_{NaOH} =$

Vérification de la teneur en calcium du lait cru de vache

	Blanc	Étalon	Essai	Contrôle
A à 570 nm				

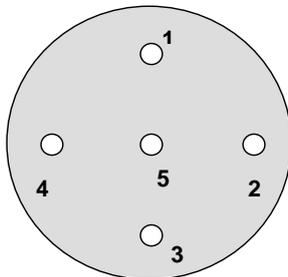
## ANNEXE C

À COMPLÉTER ET A REMETTRE AVEC LA COPIE  
CONTRÔLES TOXICOLOGIQUES

PLAN DE DÉPÔT - JOUR 1

FEUILLE DE RÉSULTATS - JOUR 2

1. Nommer la technique d'immuno-précipitation employée lors de cette expérience :
2. Plan de dépôt : indiquer la composition et le rôle des puits 1 à 5.



## Deuxième jour : 1 h 30

L'utilisation de lait cru permet d'obtenir des fromages aux propriétés organoleptiques significativement différentes de celles obtenues à partir de lait ayant subi un traitement thermique. Différents contrôles qualité sont réalisés sur le lait cru afin d'assurer la stabilité de la production et d'éviter tout risque sanitaire.

### 1. CONTRÔLES MICROBIOLOGIQUES

Les fromages au lait cru doivent respecter les critères microbiologiques de sécurité des aliments et d'hygiène des procédés définis par le règlement (CE) n°2073/2005 du 15 novembre 2005, modifié par le règlement (CE) n°1441/2007.

#### 1.1. Confirmation biochimique de la présence de *Salmonella spp*

Lire les caractères biochimiques de la galerie miniaturisée ensemencée à l'aide des documents fournis.

Identifier la bactérie.

Conclure.

Rappel : le règlement spécifie « absence de *Salmonella* dans 25 g » de lait cru.

#### 1.2. Dénombrement de *Staphylococcus aureus*

Compter les colonies sur les boîtes de Baird Parker.

Utiliser l'**annexe dénombrements page 5** pour calculer le nombre d'UFC /g de fromage.

Conclure.

Rappel : les critères d'hygiène des procédés concernant *Staphylococcus aureus* stipulent un maximum de  $10^5$  UFC/g de fromage au lait cru.

#### 1.3. Recherche d'antibiotiques

Observer la présence de microorganismes autour des différents disques. Sont considérés comme positifs les échantillons de lait donnant des zones d'inhibition d'au moins 10 mm de diamètre.

Présenter les résultats sous forme d'un tableau sur la copie.

Interpréter les résultats.

Indiquer les conséquences de la présence d'antibiotiques dans le lait destiné à la production fromagère.

Conclure quant à l'aptitude des laits testés à être utilisés en industrie fromagère. Justifier.

### 2. CONTRÔLES TOXICOLOGIQUES

L'aflatoxine B1 est une mycotoxine pouvant être présente dans l'alimentation des vaches laitières. Elle est alors métabolisée et excrétée dans le lait sous forme d'aflatoxine M1, hépatotoxique et cancérigène. Stable, elle persiste dans les fromages. La présence d'aflatoxine M1 est contrôlée dans deux échantillons de lait L1 et L2.

Schématiser les résultats obtenus sur le plan de dépôt de l'annexe C du premier jour.

Analyser les résultats.

Conclure.

**CONTRÔLES DU LAIT POUR LA FABRICATION DU YAOURT****Premier jour : 5 h**

Une entreprise fabriquant des yaourts souhaite vérifier la qualité de ses matières premières. Elle entreprend différents contrôles biochimiques et microbiologiques sur le lait ainsi que sur les ferments lactiques.

La qualité des espèces bactériennes utilisées est appréciée d'une part par la mesure leurs viabilités, d'autre part par leur activité acidifiante, aptitude à produire rapidement de l'acide lactique à partir du lactose du lait.

La teneur en lactose du lait est contrôlée par un dosage enzymatique.

**1. NUMÉRATION ET DÉNOMBREMENT DES FERMENTS LACTIQUES**

Le nombre de bactéries présentes dans 2 g de ferments, quantité utilisée pour ensemençer 1 L de lait lors de la fabrication de yaourt, est déterminée par deux méthodes : un comptage au microscope (méthode du Breed) et un dénombrement en milieu solide.

**1.1. Numération des ferments lactiques par la méthode de Breed (comptage au microscope)**1.1.1. Principe

Cette méthode consiste à déposer un volume connu  $V = 0,01 \text{ mL}$  soit  $10 \mu\text{L}$  de suspension microbienne sur une surface délimitée et à numérer au microscope le nombre de cellules présentes par champ et donc dans le volume  $V$ .

1.1.2. Matériel et réactifs

Suspension mère de *Lactobacillus acidophilus* et *Streptococcus thermophilus* notée  $S_{\text{mère}}$  : 2 grammes de ferments lyophilisés ont été repris dans 100 mL d'eau physiologique stérile puis dilués au 1/1000.

Compte-cellules

Lame de verre

Colorants de Gram

Anse calibrée de  $10 \mu\text{L}$

1.1.3. Mode opératoire

Tracer au dos d'une lame de microscope un carré de  $1 \text{ cm}^2$  avec un marqueur.

A la surface de la lame, déposer à l'anse calibrée  $10 \mu\text{L}$  de suspension mère de ferments lactiques et étaler dans le carré ainsi dessiné (visible par transparence).

Sécher près du bec.

Fixer.

Réaliser une coloration de Gram sur ce frottis.

Montrer la lame obtenue à un examinateur.

Observer à l'objectif  $\times 100$ .

Appeler un examinateur et lui montrer un champ permettant d'observer les deux types de bactéries du yaourt.

Compter les microorganismes présents dans différents champs microscopiques en parcourant la lame et en veillant à ne pas compter deux fois le même champ microscopique. Il convient de dénombrer un nombre de champs permettant de totaliser au moins 200 cellules. Les petits amas et chaînettes sont comptés comme une seule bactérie.

1.1.4. Compte-rendu

La surface d'un champ observé (notée « s » par la suite) est de  $25447 \mu\text{m}^2$ .

Faire un dessin d'observation annoté du champ montré à l'examinateur.

Porter les résultats du comptage des bactéries lactiques dans la feuille de résultats de l'annexe A.

Calculer la moyenne du nombre de bactéries par champ microscopique «  $n_{\text{bactéries/champ}}$  ».

Connaissant la surface d'un champ microscopique « s », la surface totale de comptage (« S » = 1 cm<sup>2</sup>), la moyenne du nombre de bactéries par champ « n<sub>bactéries/champ</sub> » et le volume déposé sur la lame (V = 10 µL), calculer N<sub>bactéries/mL</sub>, concentration de bactéries dans l'échantillon, selon l'équation aux grandeurs suivantes :  
$$N_{\text{bactéries/mL}} = (n_{\text{bactéries/champ}} \times S) / (s \times V).$$

Établir l'équation aux unités correspondante.

Calculer N<sub>bactéries/mL</sub>.

Sur la copie, calculer n<sub>bactéries total</sub>, nombre de bactéries présentes dans 2 g de ferments. Reporter ce résultat sur l'annexe A.

Conclure.

**Donnée :** un sachet de 2 grammes de ferments lactiques contient environ 10<sup>11</sup> bactéries.

## 1.2. Dénombrement des streptocoques lactiques et des lactobacilles en milieu solide

### 1.2.1. Matériel et réactifs

Suspension mère de *Lactobacillus acidophilus* et *Streptococcus thermophilus* notée S<sub>mère</sub> : 2 grammes de ferments lyophilisés ont été repris dans 100 mL d'eau physiologique stérile puis dilués au 1/1000.

Tubes de 9 mL d'eau physiologique stérile

Pipettes de 1 mL stériles

Râteaux ou billes

Pipette à piston P100 et cônes stériles

3 géloses M17

60 mL de gélose MRS en surfusion

3 boîtes de Pétri vides stériles

### 1.2.2. Mode opératoire

Réaliser les dilutions 10<sup>-1</sup> à 10<sup>-4</sup> de la suspension mère de ferments S<sub>mère</sub>.

Appeler un examinateur et lui montrer la réalisation de 2 dilutions successives.

Dénombrer *Streptococcus* dans la suspension mère de ferments en testant les dilutions 10<sup>-2</sup>, 10<sup>-3</sup> et 10<sup>-4</sup> : un essai par dilution, dénombrement en surface d'une gélose M17.

Dénombrer *Lactobacillus* dans la suspension mère de ferments en testant les dilutions 10<sup>0</sup>, 10<sup>-1</sup> et 10<sup>-2</sup> : un essai par dilution, dénombrement dans la masse d'une gélose MRS, sans double couche.

Incuber les boîtes à 37 °C pendant 48 h en atmosphère enrichie en CO<sub>2</sub>.

## 2. ÉTUDE DE L'ACTIVITÉ ACIDIFIANTE DES FERMENTS LACTIQUES

### 2.1. Principe

Le fabricant vérifie l'activité des ferments lactiques en mesurant l'acidité formée en 6 heures par dosage pHmétrique.

### 2.2. Matériel

1 L de lait a étéensemencé avec 2 grammes de ferments lyophilisés puis incubé en bain thermostaté à 42 °C pendant 6 heures. Un échantillon noté « T<sub>6</sub> » est fourni.

Bleu de thymol

Soude Dornic à C<sub>NaOH</sub> = 1/9 mol.L<sup>-1</sup>

1 pipette jaugée de 10 mL

1 éprouvette graduée de 100 mL

1 bécher de 250 mL

1 semi-microburette de 10 mL

pH-mètre préalablement étalonné

### 2.3. Mode opératoire

Prélever 10 mL du « lait T<sub>6</sub> » à doser et les introduire dans un bécher propre.

Ajouter 100 mL d'eau désionisée.

Ajouter 20 gouttes de bleu de thymol.

Verser la soude Dornic à la burette et relever le pH tous les 0,5 mL, puis tous les 0,2 mL à l'approche du saut de pH. Suivre l'avancement du dosage à l'aide de la couleur du bleu de thymol.

Relever le volume équivalent visualisé par le virage de l'indicateur ; poursuivre le dosage jusqu'à 10 mL. Reporter les valeurs sur la feuille de résultats de biochimie en annexe B.

**Donnée :** le bleu de thymol est un indicateur coloré de pH qui possède deux zones de virage ; une zone de virage du rouge au jaune à pH compris entre 1,2 et 2,8 et une zone de virage du jaune au bleu à pH compris entre 8,0 et 9,6.

## 2.4. Résultats et compte-rendu

Tracer la courbe  $\text{pH} = f(V_{\text{NaOH}})$  à l'aide de l'outil informatique.

Déterminer le volume équivalent  $V_{\text{NaOHeq}}$  en exploitant la courbe  $\text{pH} = f(V_{\text{NaOH}})$ .

L'acidité est exprimée en degré Dornic ( $^{\circ}\text{D}$ ), c'est à dire en décigrammes d'acide lactique par litre de lait. L'acidité Dornic est donnée par la relation suivante :  $^{\circ}\text{D} = 10 \times V_{\text{NaOH eq}}$  avec  $V_{\text{NaOH eq}}$  en mL.

Démontrer cette égalité.

Vérifier l'exactitude des résultats en vous aidant de l'annexe de métrologie pages 7 et 8 sachant que le dosage d'une solution contrôlée d'acide lactique dans les mêmes conditions que l'échantillon a donné une chute de burette  $V_{\text{eq, contrôle}} = 8,10$  mL.

Calculer l'acidité Dornic  $^{\circ}\text{D}_{\text{T}_6}$  de l'échantillon « T<sub>6</sub> ».

Calculer le degré Dornic corrigé :  $^{\circ}\text{D}_{\text{corrigé}} = ^{\circ}\text{D}_{\text{T}_6} - ^{\circ}\text{D}_{\text{T}_0}$ .

Déterminer le pouvoir acidifiant des ferments exprimé  $^{\circ}\text{D}$  en 6 heures par gramme de ferments.

Exprimer le résultat final en vous aidant de l'annexe de métrologie pages 7 et 8.

Conclure sur la conformité des ferments lactiques.

Comparer les volumes équivalents obtenus par pHmétrie et avec l'indicateur coloré.

Comparer les 2 méthodes, en indiquant quelle méthode semble la plus facile à mettre en œuvre et à analyser dans les conditions opératoires.

**Données :**

Masse molaire de l'acide lactique :  $M_{\text{acide lactique}} = 90 \text{ g.mol}^{-1}$

Acidité de la solution contrôlée d'acide lactique :  $^{\circ}\text{D}_{\text{contrôle}} = (80,0 \pm 2,0) ^{\circ}\text{D}$  avec  $k=2$

Ecart-type de reproductibilité de la méthode :  $s_R = 2,0 ^{\circ}\text{D}$

Acidité Dornic mesurée à  $T_0$  :  $^{\circ}\text{D}$  à  $T_0 = 13,0 ^{\circ}\text{D}$

Incertitude-type composée sur le pouvoir acidifiant des ferments en 6 heures :  $u_c = 0,18 \text{ mmol.g}^{-1}$

Les ferments sont considérés comme conformes par l'entreprise si leur pouvoir acidifiant en 6 heures est supérieur à  $22,5 ^{\circ}\text{D}$  produit par gramme de ferments.

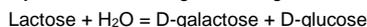
## 3. CONTRÔLE DE LA TENEUR EN LACTOSE DU LAIT

La teneur en lactose du lait est un paramètre très important lors de la fabrication des yaourts. Le lactose est métabolisé en acide lactique par les bactéries.

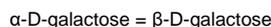
La teneur en lactose du lait est déterminée par méthode enzymatique.

### 3.1. Principe

(1) La  $\beta$ -galactosidase catalyse l'hydrolyse du lactose en glucose et galactose à pH 5,0.



(2) La galactose mutarotase permet la conversion de la forme  $\alpha$  à la forme  $\beta$  du D-galactose.



(3) Le D-galactose est oxydé en acide galactonique en présence de la  $\beta$ -galactose déshydrogénase à pH 8,6. Le NADH,  $\text{H}^+$  formé absorbe à 340 nm.



### 3.2. Matériels et réactifs

Lait à analyser

Fiole jaugée de 100 mL

Pipette jaugée de 1 mL (ou P1000)  
Spectrophotomètre réglé à 340 nm  
Microcuvettes jetables (épaisseur 1 cm)  
Pipettes à piston : P200, P100 et P20 et cônes  
Pipette graduée de 2 mL  
Réactif 2 : Tampon  
Réactif 3 : NAD<sup>+</sup>  
Réactif 4 :  $\beta$ -Galactosidase  
Réactif 5 :  $\beta$ -Galactose déshydrogénase et galactose mutarotase

### 3.3. Mode opératoire

#### 3.3.1. Dilution de l'échantillon de lait à analyser

Diluer l'échantillon de lait à analyser au 1/100.  
Montrer le pipetage à l'examineur.

#### 3.3.2. Dosage du lactose

Procéder au dosage du lactose de l'échantillon de lait dilué selon le protocole fourni en annexe 2. Réaliser un blanc réactif et un essai pour le dosage du [lactose + galactose] et pour le dosage du galactose.  
Montrer la lecture des absorbances à l'examineur.

### 3.4. Compte rendu

Préciser sur le ~~compte-rendu~~ compte rendu le mode opératoire suivi pour réaliser la dilution au 1/100 du lait à analyser.  
Compléter le tableau de résultats de l'annexe B.

La concentration massique en lactose du lait analysé en  $\text{g.L}^{-1}$  est calculée grâce à la formule suivante :

$$\rho_{(\text{lactose ; lait})} = \Delta A_{\text{lactose}} \times 73,89$$

Démontrer la formule utilisée.

L'analyse d'une solution contrôle de lactose traitée dans les mêmes conditions que l'échantillon a donné une absorbance  $\Delta A_{\text{lactose}} = 0,541$ .

Vérifier l'exactitude des résultats à l'aide de l'**annexe de métrologie pages 7 et 8**.

Écrire l'équation aux valeurs numériques donnant la concentration massique en lactose du lait à doser.

Exprimer le résultat final en vous aidant de l'**annexe de métrologie pages 7 et 8**.

Conclure sur la conformité du lait.

#### Données :

$$\epsilon_{\text{NADH } 340 \text{ nm}} = 6300 \text{ L.mol}^{-1}.\text{cm}^{-1}$$

$$\text{Trajet optique : } l = 1 \text{ cm}$$

$$\text{Masse molaire du lactose : } M_{\text{lactose}} = 342,3 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$\rho_{(\text{lactose, contrôle})} = (40,0 \pm 2,0) \text{ g.L}^{-1} \text{ avec } k=2$$

$$\text{Écart-type de reproductibilité de la méthode : } s_R = 1,5 \text{ g.L}^{-1}$$

$$\text{Incertitude-type composée de la méthode : } u_c = 1,0 \text{ g.L}^{-1}$$

Le cahier des charges de l'entreprise précise que la concentration massique en lactose du lait doit être supérieure à  $40 \text{ g.L}^{-1}$ .

## 4. RECHERCHE D'ADULTÉRATION\* DU LAIT DE CHÈVRE PAR DU LAIT DE VACHE

L'entreprise a développé une recette de yaourt à base de lait de chèvre. Le lait de chèvre étant plus cher que le lait de vache, les producteurs peuvent être tentés d'ajouter du lait de vache au lait de chèvre. Il est donc nécessaire de contrôler que le lait de chèvre acheté par l'entreprise n'est pas adultéré\*.

\* L'adultération désigne la falsification d'un produit.

### 4.1. Principe

L'entreprise contrôle les lots de lait de chèvre par un test immunologique utilisant un antisérum de lapin dirigé contre

les protéines de lait de vache. La qualité de deux échantillons provenant de deux lots de laits différents est contrôlée.

#### 4.2. Matériel

- 1 tube Eppendorf noté « vache » contenant du lait de vache
- 1 tube Eppendorf noté « E1 » contenant le premier échantillon de lait de chèvre à tester
- 1 tube Eppendorf noté « E2 » contenant le deuxième échantillon de lait de chèvre à tester
- 1 tube Eppendorf noté « PBS » contenant du tampon PBS
- 1 tube Eppendorf noté « Ac » contenant l'antisérum de lapin dirigé contre les protéines de lait de vache
- 1 boîte de gel d'agarose à 1 %
- Pipette à piston + cônes
- Emporte-pièce

#### 4.3. Mode opératoire

À l'aide du gabarit fourni par le centre, creuser délicatement dans la gélose 5 puits à l'emporte-pièce.

Déposer 10 µL de chaque échantillon, des témoins et de l'antisérum en choisissant judicieusement leur emplacement sur la boîte.

*Montrer la réalisation d'un dépôt à l'examineur.*

Laisser diffuser en chambre humide à température ambiante pendant 48 heures.

#### 4.4. Compte-rendu

Préciser le nom de la technique utilisée et donner son principe.

Compléter l'annexe C à rendre avec la copie.

Expliquer le rôle des tubes « vache » et « PBS ».

## ANNEXE 2

### MODE OPÉRATOIRE DU DOSAGE DU LACTOSE DU LAIT PAR VOIE ENZYMATIQUE

Longueur d'onde de mesure : 340 nm

Température : environ 25 °C

Volume final dans les cuves : 1,36 mL

Lire contre l'air ou l'eau.

Mettre dans les cuves :	Lactose + galactose		Galactose	
	Blanc	Essai	Blanc	Essai
Échantillon de lait dilué	-	0,10 mL	-	0,10 mL
Réactif 4	0,10 mL	0,10 mL	-	-
Mélanger doucement et incuber 10 minutes à environ 25 °C. Ajouter :				
Eau désionisée	1,10 mL	1,00 mL	1,20 mL	1,10 mL
Réactif 2	0,10 mL	0,10 mL	0,10 mL	0,10 mL
Réactif 3	0,05 mL	0,05 mL	0,05 mL	0,05 mL
Homogénéiser et lire les absorbances A <sub>1</sub> après environ 3 minutes.				
Réactif 5	0,01 mL	0,01 mL	0,01 mL	0,01 mL
Homogénéiser et lire l'absorbance A <sub>2</sub> à la fin de la réaction (5 minutes).				

## ANNEXE A

### À COMPLETER ET A REMETTRE AVEC LA COPIE FEUILLE DE RESULTATS DE MICROBIOLOGIE

NUMÉRATION DES FERMENTS PAR LA MÉTHODE DE BREED

#### Tableau de résultats

Champ n°										
Nombre de bactéries comptées										
Champ n°										
Nombre de bactéries comptées										
Champ n°										
Nombre de bactéries comptées										
Champ n°										
Nombre de bactéries comptées										

Nombre de bactéries présentes dans 2 grammes de ferments : .....

## ANNEXE B

### À COMPLETER ET A REMETTRE AVEC LA COPIE FEUILLE DE RESULTATS DE BIOCHIMIE

DÉTERMINATION DU POUVOIR ACIDIFIANT DES FERMENTS LACTIQUES

V <sub>NaOH</sub>							
pH							
Couleur							

V <sub>NaOH</sub>							
pH							
Couleur							

V <sub>NaOH</sub>							
pH							
Couleur							

V <sub>NaOH</sub>							
pH							
Couleur							

DÉTERMINATION DE LA TENEUR EN LACTOSE DU LAIT

	Lactose + galactose		Galactose	
	Blanc	Essai	Blanc	Essai
A <sub>1</sub>				
A <sub>2</sub>				
(A <sub>2</sub> -A <sub>1</sub> )				
$\Delta A = (A_2 - A_1)_{\text{Essai}} - (A_2 - A_1)_{\text{Blanc}}$				

Détermination du D-galactose :

$$\Delta A_{\text{galactose}} = (A_2 - A_1)_{\text{essai galactose}} - (A_2 - A_1)_{\text{blanc galactose}}$$

Détermination du lactose + galactose :

$$\Delta A_{[\text{lactose+galactose}]} = (A_2 - A_1)_{\text{essai [lactose + galactose]}} - (A_2 - A_1)_{\text{blanc [lactose+galactose]}}$$

Détermination du lactose :

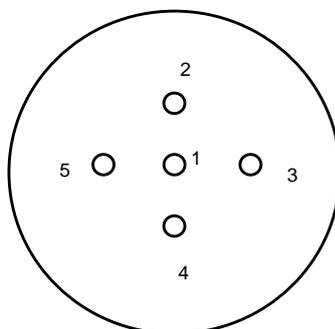
$$\Delta A_{\text{lactose}} = \Delta A_{[\text{lactose+galactose}]} - \Delta A_{\text{galactose}}$$

**ANNEXE C**

**À COMPLETER ET A REMETTRE AVEC LA COPIE  
FEUILLE DE RESULTATS D'IMMUNOLOGIE**

Organisation des dépôts :

- puits 1 :
- puits 2 :
- puits 3 :
- puits 4 :
- puits 5 :



## Deuxième jour : 1 h

Une entreprise fabricant des yaourts souhaite vérifier la qualité de ses matières premières. Elle entreprend différents contrôles biochimiques et microbiologiques sur le lait ainsi que sur les ferments lactiques.

La qualité des espèces bactériennes utilisées est appréciée d'une part par la mesure du nombre de germes viables, d'autre part par leur activité acidifiante, aptitude à produire rapidement de l'acide lactique à partir du lactose du lait.

### 1. DÉNOMBREMENT DES STREPTOCOQUES LACTIQUES ET DES LACTOBACILLES EN MILIEU SOLIDE

Compter les colonies obtenues sur M17 et MRS ; dresser un tableau des résultats pour chaque dénombrement.

Calculer à l'aide de l'**annexe dénombrements page 5** :

- la concentration  $N_s$  de streptocoques lactiques dans la suspension mère de ferments  $S_{mère}$ ,
- la concentration  $N_L$  de lactobacilles dans la suspension mère de ferments  $S_{mère}$ .

À partir de cette concentration, calculer :

- le nombre de streptocoques lactiques  $n_s$  présents dans 2 g de ferments,
- le nombre de lactobacilles  $n_L$  présents dans 2 g de ferments.

Calculer le nombre total de bactéries dans 2 g de ferments  $n_{bactéries}$ .

Conclure en utilisant les données du fournisseur.

Comparer ce résultat à celui obtenu par la méthode de Breed réalisée en J1. Conclure et proposer une ou plusieurs hypothèses permettant d'expliquer d'éventuelles différences.

#### **Données :**

La suspension mère  $S_{mère}$  de *Lactobacillus acidophilus* et *Streptococcus thermophilus* a été préparée en mettant 2 grammes de ferments lyophilisés dans 100 mL d'eau physiologique stérile puis dilués au 1/1000.

Donnée du fournisseur : un sachet de 2 grammes de ferments lactiques contient environ  $10^{11}$  bactéries.

### 2. RECHERCHE D'ADULTÉRATION\* DU LAIT DE CHÈVRE PAR DU LAIT DE VACHE

L'entreprise a développé une recette de yaourt à base de lait de chèvre. Le lait de chèvre étant plus cher que le lait de vache, les producteurs peuvent être tentés d'ajouter du lait de vache au lait de chèvre. Il est donc nécessaire de contrôler que le lait de chèvre acheté par l'entreprise n'est pas adultéré\*.

\* L'adultération désigne la falsification d'un produit.

Observer la boîte et réaliser un schéma des résultats sur l'annexe C distribuée en J1.

Sur votre copie, interpréter et conclure.

Durée : 4 heures Coefficient : 4

Calculatrice interdite

## ENTREPRISE DE PLATS CUISINES EN DOYPACK

L'entreprise « X » développe une nouvelle fabrication de plats cuisinés conditionnés en Doypack de 200 g.

Le Doypack est un sachet souple tenant verticalement. Il est constitué de trois pièces : les faces avant et arrière, et un fond circulaire qui se plie en W quand le sachet s'aplatit. Le même matériau constitue les trois éléments pour assurer la rigidité de l'emballage et la protection du contenu.

La fermeture s'effectue par thermoscellage à 200 °C pendant 2 secondes à l'aide d'une pince chauffante. Le sachet est appertisable. Il peut également être réchauffé au micro-ondes, après avoir pratiqué une ouverture de quelques centimètres en haut du sachet.

Le plat cuisiné élaboré est composé de morceaux de filet de poulet dans une sauce à la crème et aux lentilles. La liste des ingrédients de la recette est la suivante : filet de poulet (40 %), crème (18 %), lentilles (10 %), vin blanc (5 %), farine (2 %), sel, poivre, épices. Les sachets Doypack sont remplis manuellement pour les morceaux de poulet et à l'aide d'une doseuse pour la crème aux lentilles. Ils sont ensuite thermoscellés manuellement puis stérilisés.

### 1. MISE EN PLACE DE LA NOUVELLE FABRICATION (40 POINTS)

À l'occasion de la mise en place de cette nouvelle fabrication, les services de la DDPP demandent une révision du dossier d'agrément sanitaire de l'entreprise (numéro d'agrément : 57.104.001), en particulier de la procédure de gestion des produits non-conformes et de celle de retrait/rappel qui ne satisfont pas aux exigences réglementaires.

#### 1.1. Mise à jour du dossier d'agrément

1.1.1. Définir le sigle DDPP.

1.1.2. Citer deux services présents au sein de cette structure.

1.1.3. Présenter les principales informations devant figurer dans la procédure de gestion des produits non-conformes et dans celle de retrait/rappel de produits.

#### 1.2. Mise à jour du dossier HACCP

Une étude HACCP est réalisée avant la mise en fabrication de ce produit. Deux CCP sont identifiés au niveau des étapes de thermoscellage et de stérilisation.

1.2.1. Indiquer la signification (anglaise et française) du sigle CCP.

1.2.2. Compléter le tableau de l'annexe A relatif à l'étape de thermoscellage.

#### 1.3. Contrôles du thermoscellage

Afin d'envisager les potentielles sources de dysfonctionnement en production, une séance de « remue-méninges » (brainstorming) se tient en présence des équipes de production et du service qualité de l'entreprise.

1.3.1. Proposer un diagramme synthétique de l'ensemble des items cités en annexe 1.

La position de la zone de thermoscellage influence la facilité d'ouverture du sachet par l'utilisateur.

Un test préliminaire a permis d'établir qu'une distance de 2,5 cm entre la soudure et le haut du sachet est optimale pour une bonne préservation de l'étanchéité et une ouverture aisée.

À l'issue de ce test, un contrôle du thermoscellage est effectué en ligne pour chaque production ; une carte de contrôle à la moyenne est alors mise en place.

1.3.2. Indiquer le niveau de la carte de contrôle dans la pyramide documentaire de l'entreprise.

1.3.3. L'annexe 2 présente les résultats des mesures effectuées toutes les demi-heures pendant 8 heures, en suivi de production. À l'aide de cette annexe et des connaissances, élaborer le document qualité rendant compte du contrôle du thermoscellage comprenant notamment la carte de contrôle à la moyenne concernant la distance moyenne de fermeture à partir du haut du sachet.

1.3.4. Remplir la carte de contrôle de la question précédente. Interpréter la carte de contrôle.

## **2. ÉVALUATION DU NOUVEAU FOURNISSEUR (28 POINTS)**

### **2.1. Audit**

Pour sa nouvelle fabrication de plats cuisinés conditionnés en Doypack, l'entreprise a recours à un nouveau fournisseur de viande de volailles. Le responsable qualité réalise donc un audit afin d'évaluer la qualité mise en œuvre chez ce fournisseur.

**2.1.1.** Définir le terme audit. Préciser la nature de l'audit réalisé.

**2.1.2.** Citer les phases principales de l'audit.

Lors de l'audit, une non-conformité est relevée par le responsable qualité lors de la découpe des filets (taille trop variable des morceaux de filet par rapport aux spécifications).

**2.1.3.** Rappeler les principales étapes de traitement d'une non-conformité.

### **2.2. Actualisation des processus**

Lors de l'audit, le fournisseur de volaille présente l'ensemble des processus mis en œuvre dans son entreprise.

**2.2.1.** Définir le terme processus.

**2.2.2.** À l'aide des indications ci-dessous, compléter la cartographie des processus présentée en annexe B :

- satisfaction clients,
- exigences clients,
- préparation commande,
- livraison,
- achats, approvisionnements, consommables, négoce,
- gestion des ressources humaines,
- responsabilité de la direction,
- matériel et environnement, maintenance, énergie, métrologie, informatique,
- expédition,
- abattage,
- ramassage,
- découpe.

**2.2.3.** Le processus « découpe » présenté par le fournisseur (annexe C) comporte des zones non renseignées.

À l'aide des informations fournies en annexe 3 et des connaissances, compléter les cellules du tableau marquées d'une croix (X).

**2.2.4.** Le nouveau produit doit faire l'objet d'un étiquetage respectueux de la réglementation.

À l'aide de l'extrait du règlement INCO fourni en annexe 4 et des connaissances, rédiger l'étiquette du « Filet de poulet à la crème et aux lentilles ».

## **3. CONTRÔLE A RÉCEPTION DES SACHETS DOYPACK (8 POINTS)**

Lors de la réception des emballages Doypack, ceux-ci font l'objet d'un contrôle à réception.

Le contrôle effectué est un échantillonnage simple, normal au départ, sur des lots constitués de 10 000 unités. Le NQA a été fixé à 1,5.

**3.1.** Donner la définition et la signification du NQA.

**3.2.** Le tableau en annexe D rassemble les résultats pour les lots examinés à réception.

À l'aide des annexes 5, 6 et 7, compléter le tableau de l'annexe D. Argumenter les décisions prises.

## **4. CERTIFICATION D'ENTREPRISE (4 POINTS)**

Suite à la demande de son principal client, l'entreprise possède une certification IFS Food.

**4.1.** Définir le terme IFS. Préciser l'objet de ce référentiel.

**4.2.** Préciser l'intérêt de la mise en place de l'IFS pour une entreprise.

## ANNEXE 1

### PROPOSITIONS ÉMISES LORS DU REMUE-MENINGES

Temps de maintien insuffisant de la pince chauffante sur le sachet  
Température inadéquate de la pince chauffante  
Vitesse de remplissage de la sauce à la crème trop rapide (éclaboussures haut du sachet au niveau de la zone de soudure)  
Contamination air atelier de conditionnement  
Mains opérateur souillées  
Dérèglement de la doseuse (sauce crème)  
Taille des morceaux de filets trop importante  
Problème de maintien debout des sachets  
Soudures latérales sachets défectueuses  
Pression interne dans les sachets trop importante lors de la stérilisation  
Local entreposage sachet poussiéreux  
Sonde à cœur (pour la mesure température pendant stérilisation) trop longue et endommageant le sachet  
Aspect hétérogène des filets de poulet (restes de peau, présence vaisseaux sanguins)

## ANNEXE 2

### FEUILLE DE RÉSULTATS

#### MESURE DISTANCE DE FERMETURE À PARTIR DU HAUT DU SACHET

Échantillon n°	Distance moyenne de fermeture à partir du haut du sachet (cm)
1	2,49
2	2,50
3	2,48
4	2,50
5	2,50
6	2,50
7	2,51
8	2,55
9	2,50
10	2,50
11	2,51
12	2,48
13	2,49
14	2,49
15	2,52
16	2,44

Ligne centrale : LC = 2,50 cm

Limite de contrôle inférieure : LCI = 2,45 cm

Limite de contrôle supérieure : LCS = 2,54 cm

## ANNEXE 3

### EXTRAIT DU CODEX ALIMENTARIUS : « CODE D'USAGES EN MATIÈRE D'HYGIÈNE POUR LA VIANDE » CAC/RCP 58-2005

#### 9.7 PRESCRIPTIONS D'HYGIÈNE POUR LE CONTRÔLE DES OPÉRATIONS APRÈS L'INSPECTION POSTMORTEM

150. Les locaux et l'équipement servant à la découpe, au hachage, à la séparation mécanique, à la préparation et à la transformation de la viande devraient être tels que ces activités peuvent être réalisées séparément et de manière à ne pas entraîner de contamination croisée.

151. La viande fraîche destinée à la découpe ou au désossage devrait être amenée progressivement selon les besoins des salles de travail et ne devrait pas s'accumuler sur les tables de travail. Lorsque la viande fraîche est découpée ou désossée avant d'avoir atteint la température requise pour le stockage et le transport, elle doit être immédiatement réfrigérée à la température prescrite.

[...]

Lorsque la viande travaillée ou les préparations à base de viande sont manipulées :

- les opérations concernant la viande crue avant et pendant le traitement devraient assurer une rotation uniforme des produits accumulés et éviter les risques de contamination croisée, par exemple entre la matière première et les produits prêts à consommer ;

[...]

#### 10.2 ENTRETIEN ET ASSAINISSEMENT

162. Les établissements, les installations et l'équipement devraient être maintenus en bon état afin de faciliter toutes les procédures d'assainissement et d'empêcher la contamination de la viande, par exemple par des paillettes de métal, de la peinture qui s'écaille, des produits chimiques ou une substance chimique contaminante.

163. Les procédures d'assainissement normalisées (SSOP) devraient préciser le champ d'application et les spécifications du programme de nettoyage, les personnes responsables et les prescriptions de suivi et de constitution de dossiers.

Les procédures et programmes de nettoyage devraient :

- être spécifiés dans les SSOP de manière appropriée aux circonstances ;
- prévoir l'évacuation et le stockage des déchets ;
- empêcher la contamination ultérieure de la viande par des détergents ou des désinfectants, sauf lorsque ceci est permis dans certaines conditions opérationnelles ; et
- faire l'objet d'un suivi visant à contrôler leur efficacité par le biais, par exemple, de vérifications organoleptiques et de prélèvements d'échantillons microbiologiques sur les surfaces en contact avec la viande, et pouvoir être redéfinis en fonction des besoins.

164. Des programmes de nettoyage particuliers sont nécessaires pour l'équipement utilisé lors des opérations d'abattage et d'habillage des carcasses, tel que couteaux, scies, fraises, machines de découpe et d'éviscération et buses d'arrosage.

Ce type d'équipement devrait être :

- nettoyé et désinfecté au début de chaque nouvelle période de travail ;
- nettoyé et désinfecté par immersion dans de l'eau chaude ou par toute autre méthode équivalente, selon un rythme approprié, pendant et entre les phases de travail ;
- nettoyé et désinfecté immédiatement après tout contact avec des tissus anormaux ou malades pouvant héberger des agents pathogènes d'origine alimentaire ; et
- stocké dans des zones stipulées, à l'abri de toute contamination.

165. Les récipients et l'équipement ne devraient pas passer d'une zone « non-comestible » à une zone « comestible » sans avoir été nettoyés et désinfectés.

## ANNEXE 4

### EXTRAIT DU RÈGLEMENT INCO N°1169/2011 CHAPITRE IV INFORMATIONS OBLIGATOIRES SUR LES DENRÉES ALIMENTAIRES

#### Liste des mentions obligatoires

1. Conformément aux articles 10 à 35, et sous réserve des exceptions prévues dans le présent chapitre, les mentions suivantes sont obligatoires :

- a) la dénomination de la denrée alimentaire ;
- b) la liste des ingrédients ;
- c) tout ingrédient ou auxiliaire technologique énuméré à l'annexe II ou dérivé d'une substance ou d'un produit énuméré à l'annexe II provoquant des allergies ou des intolérances, utilisé dans la fabrication ou la préparation d'une denrée alimentaire et encore présent dans le produit fini, même sous une forme modifiée ;
- d) la quantité de certains ingrédients ou catégories d'ingrédients ;
- e) la quantité nette de denrée alimentaire ;
- f) la date de durabilité minimale ou la date limite de consommation ;
- g) les conditions particulières de conservation et/ou d'utilisation ;
- h) le nom ou la raison sociale et l'adresse de l'exploitant du secteur alimentaire visé à l'article 8, paragraphe 1 ;
- i) le pays d'origine ou le lieu de provenance lorsqu'il est prévu à l'article 26 ;
- j) un mode d'emploi, lorsque son absence rendrait difficile un usage approprié de la denrée alimentaire ;
- k) pour les boissons titrant plus de 1,2 % d'alcool en volume, le titre alcoométrique volumique acquis ;
- l) une déclaration nutritionnelle.

2. Les mentions visées au paragraphe 1 sont exprimées à l'aide de mots et de chiffres. Sans préjudice de l'article 35, elles peuvent l'être en outre à l'aide de pictogrammes ou de symboles (...).

#### Liste des ingrédients

La liste des ingrédients est assortie d'un intitulé ou précédée d'une mention appropriée « ingrédients » ou comportant ce terme. Elle comprend tous les ingrédients de la denrée alimentaire, dans l'ordre décroissant de leur importance pondérale au moment de leur mise en œuvre dans la fabrication de la denrée (...).

#### Date de durabilité minimale, date limite de consommation et date de congélation

Dans le cas de denrées alimentaires microbiologiquement très périssables et qui, de ce fait, sont susceptibles, après une courte période, de présenter un danger immédiat pour la santé humaine, la date de durabilité minimale est remplacée par la date limite de consommation. Au-delà de la date limite de consommation, une denrée alimentaire est dite dangereuse conformément à l'article 14, paragraphes 2 à 5, du règlement (CE) n°178/2002 (...).

#### Déclaration nutritionnelle

1. La déclaration nutritionnelle obligatoire inclut les éléments suivants :

- a) la valeur énergétique et
- b) la quantité de graisses, d'acides gras saturés, de glucides, de sucres, de protéines et de sel. S'il y a lieu, une déclaration indiquant que la teneur en sel est exclusivement due à la présence de sodium présent naturellement peut figurer à proximité immédiate de la déclaration nutritionnelle (...).

Expression pour 100 g ou 100 mL.

## ANNEXE 5

Correspondance effectif du lot / taille de l'échantillon en contrôle général

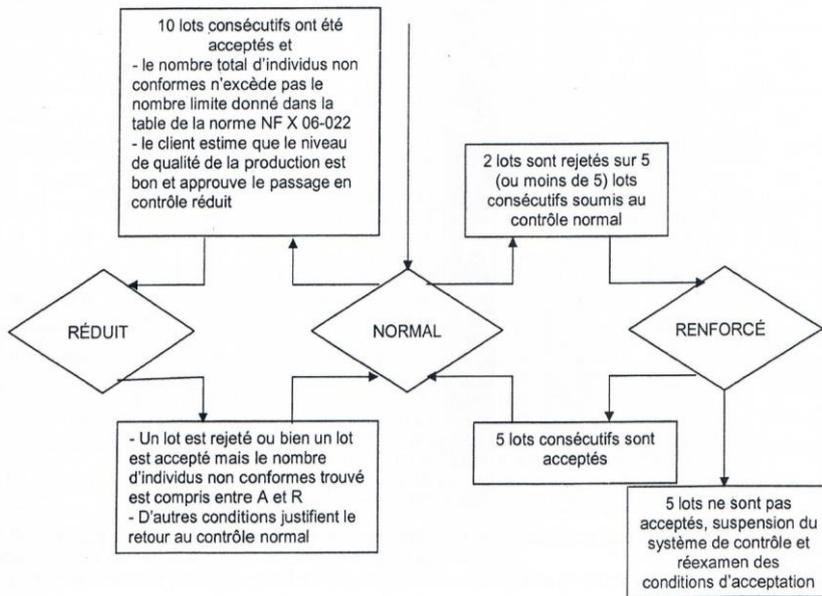
Effectif des lots	Niveaux de contrôle pour usages généraux		
	I	II	III
2 à 8	A	A	B
9 à 15	A	B	C
16 à 25	B	C	D
26 à 50	C	D	E
51 à 90	C	E	F
91 à 150	D	F	G
151 à 280	E	G	H
281 à 500	F	H	J
501 à 1 200	G	J	K
1 201 à 3 200	H	K	L
3 201 à 10 000	J	L	M
10 001 à 35 000	K	M	N
35 001 à 150 000	L	N	P
150 001 à 500 000	M	P	Q
500 001 et au-dessus	N	Q	R

Correspondance lettre-code / n, effectif de l'échantillon (échantillonnage simple)

Code	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	Q	R
n	2	3	5	8	13	20	32	50	80	125	200	315	500	800	1250	2000

## ANNEXE 6

Règles de modification de contrôle



**ANNEXE 7**

**Critères d'acceptation (norme NF X 06-022)**

		Critères d'acceptation pour le contrôle réduit																
		A=0 R=1	A=0 R=2	A=1 R=3	A=1 R=4	A=2 R=5	A=3 R=6		A=5 R=8		A=7 R=10		A=10 R=13					
		Critères d'acceptation pour le contrôle normal et renforcé												Contrôle				
Lettre code	Normal n	A=0 R=1	A=1 R=2	A=2 R=3	A=3 R=4	A=5 R=6	A=7 R=8	A=8 R=9	A=10 R=11	A=12 R=13	A=14 R=15	A=18 R=19	A=21 R=22	Réduit n	Lettre code			
A	2	2,53 6,5 68,4						C O N T R Ô L E  R E N F O R C E  S E U L		C O N T R Ô L E  R E N F O R C E  S E U L		C O N T R Ô L E  R E N F O R C E  S E U L		2	A			
B	3	1,7 4,0 53,6															2	B
C	5	1,02 2,5 36,9	7,63 10 58,4														2	C
D	8	0,64 1,5 25,0	2,64 6,5 40,6	11,1 10 53,9													3	D
E	13	0,394 1,0 16,1	2,81 4,0 26,8	6,63 6,5 36,0	11,3 10 44,4												5	E
F	20	0,256 0,65 10,9	1,80 2,5 18,1	4,22 4,0 24,5	7,13 6,5 30,4	14,0 10 41,5											8	F
G	32	0,161 0,4 6,94	1,13 1,5 11,6	2,59 2,5 15,8	4,39 4,0 19,7	8,50 6,5 27,1	13,1 10 34,1							13	G			
H	50	0,103 0,25 4,50	0,712 1,0 7,56	1,66 1,5 10,3	2,77 2,5 12,9	5,34 4,0 17,8	8,20 6,5 22,4	9,39 10 26,0	12,9 10 29,1					20	H			
J	80	0,064 0,15 2,84	0,444 0,65 4,78	1,03 1,0 6,52	1,73 1,5 8,16	3,32 2,5 11,3	5,06 4,0 14,2	5,87 6,5 16,2	7,91 6,5 18,6	9,61 10 22,2	11,9 10 24,2			32	J			
K	125	0,041 0,10 1,84	0,284 0,4 3,11	0,854 0,65 4,26	1,09 1,0 5,35	2,09 1,5 7,42	3,19 2,5 9,42	3,76 4,0 10,4	4,94 6,5 12,3	6,15 6,5 14,2	7,40 6,5 16,1	9,95 11,9 19,8	11,9 10 22,5	50	K			
L	200	0,0256 0,065 1,15	0,178 0,25 1,95	0,409 0,40 2,66	0,683 0,65 3,34	1,31 1,0 4,64	1,99 1,5 5,89	2,35 2,5 6,50	3,09 4,0 7,70	3,85 4,0 8,89	4,62 4,0 10,1	6,22 6,5 12,4	7,45 6,5 14,1	80	L			
M	315	0,0163 0,040 0,731	0,112 0,15 1,23	0,259 0,25 1,69	0,433 0,40 2,12	0,829 0,65 2,94	1,26 1,0 3,74	1,49 1,5 4,13	1,96 2,5 4,89	2,44 2,5 5,65	2,94 4,0 6,39	3,95 4,0 7,86	4,73 4,0 8,95	125	M			
N	500	0,0103 0,025 0,461	0,071 0,10 0,778	0,164 0,15 1,06	0,273 0,25 1,34	0,523 0,40 1,86	0,796 0,65 2,35	0,939 1,0 2,60	1,23 1,5 3,08	1,54 1,5 3,56	1,85 2,5 4,03	2,49 2,5 4,95	2,98 2,5 5,64	200	N			
P	800	0,0064 0,015 0,288	0,044 0,065 0,486	0,102 0,10 0,665	0,171 0,15 0,835	0,327 0,25 1,16	0,498 0,40 3,47	0,587 0,65 1,62	0,771 1,0 1,93	0,961 1,0 2,22	1,16 1,0 2,52	1,56 1,5 3,09	1,86 1,5 3,52	315	P			
Q	1250	0,0041 0,010 0,184	0,028 0,040 0,310	0,065 0,065 0,426	0,109 0,10 0,534	0,209 0,15 0,742	0,318 0,25 0,942	0,376 0,40 1,04	0,494 0,65 1,23	0,615 0,65 1,42	0,740 1,0 1,61	0,995 1,19 1,98	1,19 1,0 2,25	500	Q			
R	2000	0,0026 0,025 0,115	0,0018 0,025 0,195	0,041 0,040 0,266	0,068 0,065 0,334	0,131 0,10 0,464	0,199 0,15 0,589	0,235 0,25 0,650	0,309 0,25 0,770	0,385 0,40 0,889	0,462 0,40 1,01	0,622 0,65 1,24	0,745 0,65 1,41	800	R			

\* En contrôle réduit, lorsque le critère d'acceptation est dépassé, mais que le critère de rejet n'est pas atteint, le lot est accepté, mais le contrôle normal est rétabli.  
 \* La flèche donne la correspondance entre le contrôle normal et le contrôle renforcé correspondant.

## ANNEXE A

À COMPLÉTER ET À REMETTRE AVEC LA COPIE

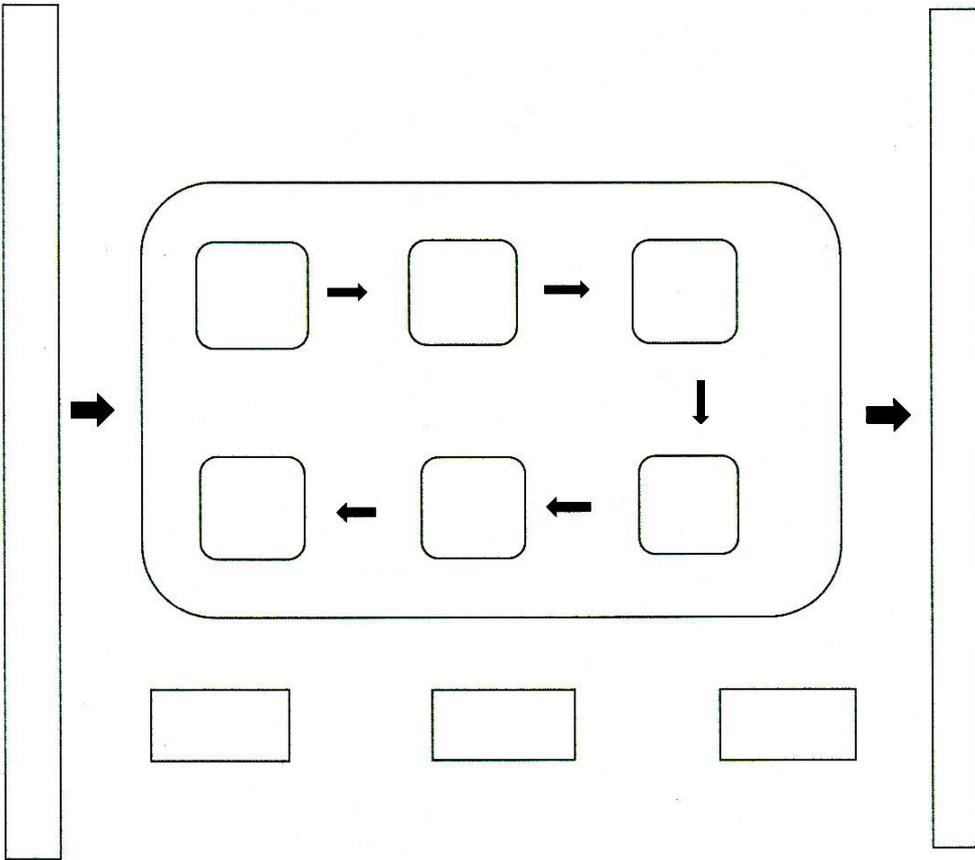
Danger : microbiologique		Actions correctives		
		Causes de perte de maîtrise	Action(s) correctives	Références documentaires
		Limites critiques = valeur cible		
Surveillance		Références documentaires		
		Modalités de surveillance		
		Paramètre surveillé		
Mesures préventives de maîtrise				
N° CCP				
Étape		<b>Thermoscage par pince chauffante</b>		

**ANNEXE B**

À COMPLÉTER ET À REMETTRE AVEC LA COPIE

CARTOGRAPHIE DES PROCESSUS

[Empty rectangular box for title]



## ANNEXE C

À COMPLÉTER ET À REMETTRE AVEC LA COPIE

### PROCESSUS DE DÉCOUPE FOURNISSEUR

<b>Processus DÉCOUPE</b>
Propriétaire : Responsable découpe

OBJECTIF : fournir des produits de découpe de volaille à l'atelier conditionnement en temps voulu, en quantités nécessaires et en qualité.

Éléments d'entrée	Qui	Activités	Éléments de sortie
Volailles identifiées venant de l'abattoir			
Produits déclassés			
Volaille négoce	Découpeurs	X	X
Consommables			
<b>Indicateurs de performance</b>	X		
X	Scies, petit matériel, balances, thermomètres		
<b>Moyens de surveillance</b>	Traçabilité, productivité		
<b>Processus associés</b>	En amont	X	
	En aval	X	
<b>Documentation associée</b>	X		

## ANNEXE D

À COMPLÉTER ET À REMETTRE AVEC LA COPIE

TABLEAU DES RÉSULTATS DES CONTRÔLES A RÉCEPTION DES EMBALLAGES

N°Lot	n (effectif de l'échantillon)	A	R	Nombre d'unités non- conformes	Décision	Poursuite du contrôle
1	200			5		
2	200			4		
3	200			2		
4	200			8		
5	200			9		
6	200			5		
7	200			5		
8	200			4		
9	200			1		
10	200			2		
11	200			6		
12	200			7		



# Éléments de corrigés

Les corrigés figurant dans les pages suivantes ont été rédigés à partir des corrigés « officiels » par des professeurs volontaires et bénévoles. Point n'est besoin de faire beaucoup de probabilités pour deviner que des erreurs se sont fort probablement glissées dans leur rédaction. De plus, des interprétations divergentes des questions sont possibles.

Les contraintes de l'imprimerie ne permettent pas de corriger des erreurs ou oublis après l'impression... mais, par contre, Internet nous offre un moyen simple d'obtenir des rectificatifs. Nous vous proposons :

- de signaler les erreurs rencontrées aux adresses email suivantes : [claire.bertrand@ac-martinique.fr](mailto:claire.bertrand@ac-martinique.fr) et/ou [raphael.bouquet@ac-paris.fr](mailto:raphael.bouquet@ac-paris.fr)

- de lire les éventuels erratums sur le site UPBM : <http://www.upbm.org> (rubrique annales)

## Corrigés sujets 2016

**E2-U21 Mathématiques**

**2016**

### EXERCICE 1

#### Partie A :

1.  $\frac{749}{500} \approx 1,5$ ,  $\frac{1122}{749} \approx 1,5$ , donc Kévin a conjecturé une suite géométrique de raison 1,5 soit une augmentation par quinzaine de 50 %.

La limite d'une suite géométrique de raison supérieur à 1 est  $+\infty$ , donc avec ce modèle sur le long terme les vers seraient en quantité infinie ce qui n'est pas réaliste (manque de nourriture pour les vers, place dans le bac, etc.).

#### 2. (a)

Nombre de quinzaines $t_i$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nombres de vers $N_i$	500	749	1122	1681	2518	3772	5650	8464	12678	18992
$y_i$	4,17	3,76	3,35	2,92	2,49	2,05	1,58	1,06	0,47	-0,30

2. (b)  $\Delta : y = -0,48t + 4,32$

2. (c) L'ouverture de la pêche a lieu dans 7 mois donc dans 14 quinzaines. En utilisant l'ajustement affine précédent on obtient  $y = -0,48 \times 14 + 4,32$  soit  $y = -2,4$ .

Or  $y = \ln\left(\frac{33000}{N} - 1\right)$  d'où  $\ln\left(\frac{33000}{N} - 1\right) = -2,4$  soit  $\frac{33000}{N} - 1 = e^{-2,4}$ .

Par transformation on obtient :  $N = \frac{33000}{e^{-2,4} + 1} \approx 30255$ . La proposition 30 300 estime le mieux le nombre de vers pour l'ouverture de la saison de pêche.

3. Déterminons  $\lim_{t \rightarrow +\infty} N(t)$  avec  $N(t) = \frac{33000}{1 + 75e^{-0,48t}}$ .

Si  $t \rightarrow +\infty$  alors  $-0,48t \rightarrow -\infty$  d'où  $e^{-0,48t} \rightarrow 0$ . Donc  $\lim_{t \rightarrow +\infty} N(t) = \frac{33000}{1} = 33000$ .

Non Kevin ne peut pas confirmer l'affirmation de Maxime.

#### Partie B :

##### Question préliminaire :

En sortant du four, le pain se refroidit directement (il ne se chauffe pas tout seul) donc ce n'est pas la courbe 3.

Sa température va se stabiliser à la température ambiante (qui n'est pas de 0°C) donc l'évolution de la température du pain à la sortie du four en fonction du temps correspondrait à la courbe 1.

### I. Résolution d'une équation différentielle

1. L'équation  $y' + 6y = 0$  est du modèle  $y' + ay = 0$  avec  $a = 6$ . Donc les solutions de  $(E_0)$  sont les fonctions de la forme  $Ce^{-6t}$  avec  $C$  une constante réelle.
2. La fonction  $g(t) = k$  est solution de  $y' + 6y = 6a$  donc  $g'(t) + 6g(t) = 6a$  d'où  $0 + 6k = 6a$  soit  $k = a$ .
3. Les solutions de l'équation différentielle  $(E)$  sont donc de la forme  $Ce^{-6t} + a$
4. Soit  $h(t) = Ce^{-6t} + a$  solution de  $(E)$  vérifiant d'après le texte la condition  $h(0) = 180$ .  
D'où  $Ce^{-6 \times 0} + a = 180$  soit  $C = 180 - a$ . Donc  $h(t) = (180 - a)e^{-6t} + a$ .

### II. Étude d'une fonction

1. (a) Le pain est entreposé à une température de  $28^\circ\text{C}$  et  $a$  est la température de la pièce donc  $a = 28$ . Donc les solutions de  $(E)$  deviennent  $(180 - 28)e^{-6t} + 28$  soit  $152e^{-6t} + 28$ .

$f(t)$  est bien solution de  $(E)$  dans le contexte proposé.

1. (b) Calculons  $f'(t)$ .  $f'(t) = 152 \times (-6)e^{-6} + 0 = -912e^{-6t}$   
Pour tout  $t \in [0; +\infty[$ ,  $e^{-6t} > 0$  et  $-912 < 0$ , donc  $f'(t) < 0$  sur  $[0; +\infty[$ .  
La fonction  $f$  est donc décroissante sur  $[0; +\infty[$ .

1. (c) Calculons  $f(0,5)$ .  $f(0,5) \approx 36$  donc  $\theta \approx 36^\circ\text{C}$ .
1. (d) On peut résoudre  $f(t) = 62$  par calcul. On trouve  $t \approx 0,245$  ce qui correspond à environ 15 minutes.
2. Dans cette question, on doit reprendre la fonction  $h(t) = (180 - a)e^{-6t} + a$  avec  $a$  la température ambiante. D'après le texte on cherche donc  $a$  tel que  $h(0,5) = 30$ .  
On obtient l'équation  $(180 - a)e^{-6 \times 0,5} + a = 30$  soit  $(180 - a)e^{-3} + a = 30$ .  
Soit  $180e^{-3} - ae^{-3} + a = 30$ ;  $a(-e^{-3} + 1) = 30 - 180e^{-3}$ ;  $a = \frac{30 - 180e^{-3}}{-e^{-3} + 1} \approx 22$ .  
La température de la pièce devrait être d'environ  $22^\circ\text{C}$ .

## EXERCICE 2

### Partie A :

1. Avec les données de texte, on peut écrire  $P(A) = 0,55$ ,  $P_A(I) = 0,026$  et  $P_B(I) = 0,036$   
Calculons  $P(I)$  soit  $P(A \cap I) + P(B \cap I)$ .  
Or  $P(A \cap I) = P(A) \times P_A(I) = 0,55 \times 0,026$  et  $P(B \cap I) = (1 - P(A)) \times P_B(I) = (1 - 0,55) \times 0,036$   
D'où  $P(I) = 0,55 \times 0,026 + 0,45 \times 0,036 = 0,0305$
2. (a) Chacun des 100 tirages est identique et indépendant des autres (assimilation à un tirage avec remise). Chaque tirage a deux issues possibles : succès (pipette inutilisable) avec une probabilité de 0,03 et échec. Donc  $X$  suit donc une loi binomiale de paramètres  $n = 100$  et  $p = 0,03$ .
2. (b) Il faut calculer  $P(X \geq 1)$ , c'est à dire  $1 - P(X = 0)$ .  
 $P(X = 0) \approx 0,04755$  d'où  $P(X \geq 1) \approx 0,952$
3. La variable aléatoire  $C$  suit une loi normale de paramètres 100 et 1,021.
3. (a)  $P(\text{Conforme}) = P(98 \leq C \leq 102) \approx 0,9499$ .
3. (b) D'après la question 1 sur les 1000 pipettes produites il y aura  $1000 \times (1 - 0,0305)$  pipettes utilisables. D'après la question 3 (a), il y aura donc  $(1000 \times (1 - 0,0305)) \times 0,9499$  pipettes conformes soit environ 921.

### Partie B :

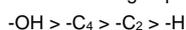
1. La proportion de pipettes cassées dans le lot est de  $\frac{5}{200}$  soit 0,025. On estime donc la proportion  $p_c$  dans la livraison à 0,025.
2.  $IC_{95\%} = [0,025 - 1,96 \times \sqrt{\frac{0,025(1-0,025)}{200-1}}; 0,025 + 1,96 \times \sqrt{\frac{0,025(1-0,025)}{200-1}}]$   
Soit  $IC_{95\%} = [0,0033; 0,0467]$ .

**Partie A : le FDG, structure et préparation**

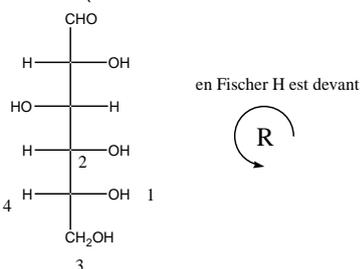
**A.1.** Le « D » correspond à la série, déterminée par la position du groupement –OH porté par le l'avant dernier carbone de la chaîne (ou dernier carbone asymétrique) en représentation de Fischer : série D si ce groupement est à droite, L s'il est à gauche.

**A.2.** Un carbone asymétrique est un carbone lié à 4 atomes ou groupes d'atomes différents.

**A.3.** On applique les règles CIP pour classer les 4 groupements par ordre de priorité :



Pour lire la configuration absolue, il faut observer la molécule en plaçant le substituant de plus faible priorité derrière, ici l'hydrogène. Ce n'est pas le cas en Fischer (les liaisons horizontales sont dirigées vers l'observateur).



**A.4.** Un composé optiquement actif fait tourner le plan de polarisation de la lumière polarisée rectilignement. On dit qu'il possède un pouvoir rotatoire que l'on mesure à l'aide d'un polarimètre (de Laurent).

**A.5.** Il n'existe pas de lien entre la configuration absolue (R/S) des éventuels carbones asymétriques présents dans la molécule et le signe ou la valeur du pouvoir rotatoire mesuré.

**A.6.** Les 2 structures ont la même formule brute (même masse molaire) et la même formule semi-développée et ne diffèrent que par l'organisation des atomes dans l'espace : ce sont des stéréoisomères.

Pour passer de l'une à l'autre il faut rompre des liaisons, ce sont des stéréoisomères de configuration.

Ce ne sont pas des énantiomères (elles ne sont pas image l'une de l'autre dans un miroir, elles n'ont pas la même température de fusion et n'ont pas des pouvoirs rotatoires spécifiques opposés), il s'agit donc de diastéréoisomères.

**A.7.** C'est une substitution

**A.8.a.** L'hydrolyse de la fonction ester RCOOR' (noté R'OAc dans la molécule avec R représentant CH<sub>3</sub>) conduit à une fonction alcool R'OH. En spectroscopie IR on verra disparaître la bande caractéristique de la liaison C=O vers 1700 cm<sup>-1</sup> et apparaître la bande caractéristique de la liaison O-H vers 3600 cm<sup>-1</sup>.

**A.8.b** Réponse attendue : le H porté par le carbone 1 a 2 voisins, on attend donc un signal composé de 2 + 1 pics, un triplet.

Remarque : en toute rigueur les 2 H voisins n'étant pas équivalents on peut s'attendre à un doublet dédoublé.

**Partie B : décroissance radioactive du <sup>18</sup>F**

**B.1.** La période radioactive du fluor 18 est d'environ 2h, ce qui laisse le temps de réaliser l'examen. Le parcours moyen court permet une détection plus précise.

**B.2.** 18 est le nombre de masse A, c'est le nombre total de nucléons dans le noyau.

**B.3.** Équation de la désintégration :  ${}^{18}_{9}\text{F} \rightarrow {}^{18}_{8}\text{O} + {}^0_1\text{e}$  (positon)

**B.4.** La présence d'un autre noyau radioactif dans l'organisme viendrait perturber la détection du fluor 18, il faut donc que le noyau fils soit stable.

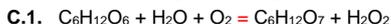
**B.5.** Il faut retenir la proposition 3, décroissance radioactive exponentielle, car l'activité suit une loi de décroissance radioactive  $A = A_0 e^{-\lambda t}$ . On retrouve qu'à 109,8 min, l'activité initiale est divisée par 2.

**B.6.**  $A = A_0 e^{-\lambda t}$  avec  $\lambda = \ln 2/T$ . On cherche le temps t au bout duquel  $A = A_0/100$

Soit  $A_0/100 = A_0 e^{-\lambda t}$ , soit  $t = \ln 100/\lambda = 729,5$  min soit un peu plus de 12 h.

Ou alors : on sait que l'activité est divisée par 2 tous les périodes T. 1%(300) = 3 Mbq. On atteint 3 MBq entre 6 T et 7 T soit environ 13 h.

### Partie C : dosage du D-glucose dans le sang



**C.2.** Les réactions qui conduisent du D-glucose à l'ortho-dianisidine colorée se font avec des coefficients stœchiométriques 1 pour 1 on a donc  $n(\text{ortho-dianisidine}) = n(\text{glucose})$ . Comme le volume est constant, les concentrations sont aussi égales.

**C.3.a**

Concentration (mg/L)	10	20	40
Solution mère (mL)	5	10	20
Eau (mL)	245	240	230

$$V_{\text{mère}} = C_{\text{fille}} \cdot V_{\text{fille}} / C_{\text{mère}} = C_{\text{fille}} \cdot 250 / 500$$

$$V_{\text{eau}} = 250 - V_{\text{mère}}$$

**C.3.b** Pipette jaugée

**C.3.c** On prélève à l'aide d'une pipette jaugée la solution mère, versée préalablement dans un bécher, que l'on introduit dans la fiole jaugée de 250 mL. On complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge et on homogénéise la solution obtenue.

**C.4.a** Le blanc permet d'éliminer de l'absorbance tout ce qui n'est pas dû au composé étudié.

**C.4.b** A partir de la droite d'étalonnage on cherche graphiquement la valeur de la concentration correspondant à une absorbance de 0,193. On trouve  $8 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , il faut penser au facteur de dilution au demi soit  $C_{\text{glucose}} = 16 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$

**C.4.c** La solution étudiée est obtenue par dilution au dixième du sang du patient soit une concentration en glucose dans le sang de  $160 \text{ mg/L}$  ce qui est bien compris entre 150 et 200 mg/L, l'examen peut être réalisé.

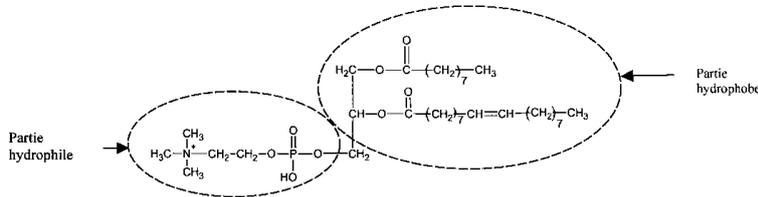
**PARTIE BIOCHIMIE**

**1. CARACTÉRISTIQUES NUTRITIONNELLES**

- 1.1. Le chocolat est un aliment énergétique car riche en sucre et en lipides (beurre de cacao)
- 1.2. Les molécules apportant de l'azote dans le chocolat sont les protéines du lait (acides aminés) et la lécithine (choline)

**2. ANALYSE COMPARATIVE DE DEUX LÉCITHINES PAR CHROMATOGRAPHIE EN PHASE GAZEUSE**

2.1. Structure de la lécithine



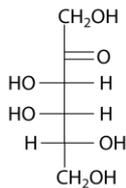
- 2.2. La phase stationnaire est constituée d'une phase apolaire greffée sur la silice  
La phase mobile est un gaz (hélium)
- 2.3. Plus les acides gras sont longs, plus ils sont hydrophobes : ils seront donc davantage retenus par la phase stationnaire apolaire ; les esters d'AG courts sortent en premier.
- 2.4. Ordre d'éluion : C16 :0 ; C18 :0 ; C18 :1 ; C18 :2 ; C18 :3

	Lécithine de soja (%)	Lécithine de colza (%)
Acide palmitique C16 : 0	20	8
Acide stéarique C18 : 0	4	1
Acide oléique C18 : 1	10	58
Acide linoléique C18 : 2	60	29
Acide linoléique C18 : 3	6	5

**3. FORMULATION D'UN CHOCOLAT ALLÉGÉ EN SUCRES**

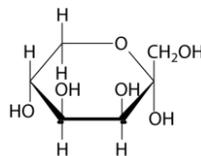
3.1.

Représentation en Fischer du D-tagatose

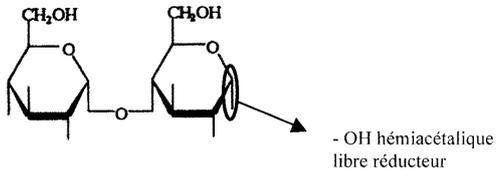


La cyclisation résulte de la formation d'une liaison hémiacétalique entre la fonction cétone en C<sub>2</sub> et la fonction alcool en C<sub>6</sub>.

Représentation cyclique de l'alpha D tagatopyranose



### 3.2. Représentation cyclique du maltose



Le maltose est transformé en maltitol par réduction du C anomérique libre.

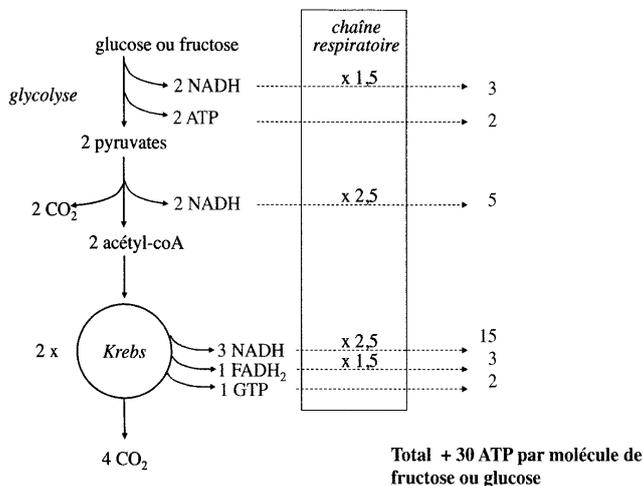
3.3. À partir de l'étiquette  $\frac{55}{100} \times 1000 \times \frac{1}{0,85} = 647$  g d'édulcorant pour 1 kg de chocolat

3.4. Hydrolyse : Action d'une molécule d'eau résultant à la dissociation d'une molécule.

Bilan de la réaction d'hydrolyse du maltitol : Maltitol + eau  $\rightarrow$  glucose + sorbitol

3.5. Hydrolyse du saccharose : saccharose + eau  $\rightarrow$  glucose + fructose

Oxydation du glucose/fructose



Soit 60 molécules d'ATP produites par molécule de saccharose

3.6. La transformation du sorbitol cytosolique en fructose fournit 1 NADH supplémentaire soit 1,5 ATP.

Le nombre d'ATP produit est donc de  $60 + 1,5 = 61,5$  ATP / maltitol

Le maltitol semble légèrement plus énergétique que le saccharose.

3.7. Le tagatose (Index Glycémique <1) n'engendre pas de pic glycémique et ne provoque pas de libération d'insuline, il est donc préférable au maltitol qui a un IG (30) égal à environ la moitié de celui du saccharose (65).

## PARTIE TOXICOLOGIE

### 1. ÉTUDE DE LA TOXICITÉ AIGUË

1.1. Dose létale 50 % : plus faible administration du toxique en une seule prise qui fait mourir 50 % des animaux d'un lot (ensemble d'animaux de même âge, de même sexe, de même poids, de même état physiologique) sur une période inférieure à 14 jours.

1.2.  $Q = DL50 \times P = 300 \times 20 = 6000$  mg = 6 g (avec P poids de l'animal)

1.3.  $Q_{\text{théobromine}} = \% \text{ cacao} \times \% \text{ théobromine} = 70 \times 2,3 / 100 = 1,61$  g pour 100 g de chocolat

1.4.  $Q_{DL50} = Q / Q_{\text{théobromine}} = 6000 / 1,61 = 372$  g

## 2. ÉTUDE DE LA CINÉTIQUE D'ÉLIMINATION

2.1. Pour tout point A sur la courbe, le point B de coordonnée  $y_B = y_A/2$  est située environ 7 heures plus tard  $t_{1/2} = 7h$

Ou

Courbe  $\ln \rho = f(t)$  : droite d'équation ( $\ln \rho = -K_e \times t + \ln \rho_0$ ) avec  $K_e$  constante d'élimination,  $\ln \rho = -0,0968 t + 4,9234$  donc  $t_{1/2} = \ln 2 / K_e = 7,1 h$

2.2. À  $t = 0h$  d'après la droite ( $\ln \rho = -K_e \times t + \ln \rho_0$ ),  $\ln \rho_0 = 4,9231$  donc  $\rho_0 = 137,5 \text{ mg.L}^{-1}$

## 3. MÉTABOLISATION DE LA THÉOBROMINE

3.1. Groupes méthyles transférés en différentes positions, réactions de substitutions

Enzyme : méthyltransférase ou transférase

3.2. Compartiment cytosolique des hépatocytes

3.3. Métabolisme de conjugaison, de biotransformation, de dégradation

Buts : inactivation du toxique, augmenter son hydrosolubilité, favoriser son élimination

## 4. EXCRÉTION DE LA THÉOBROMINE ET DE SES MÉTABOLITES

4.1. Absorption, distribution, stockage, métabolisation, excrétion

4.2. Voie biliaire (selles) pour toxiques lipophiles

Voie pulmonaire pour toxiques gazeux

Voie cutanée (sueur) pour toxiques hydrophiles.

Excrétion dans le lait maternel

# PARTIE MICROBIOLOGIE

## 1. IDENTIFICATION D'UN CONTAMINANT DE CHOCOLATS FOURRÉS AUX FRUITS

### 1.1. Recherche de contaminants

1.1.1. Les principales différences entre cellule eucaryote et cellule procaryote sont listées dans le tableau suivant :

Cellule eucaryote	Cellule procaryote
Présence d'un noyau	Absence de noyau
Ribosome 80S dans le cytoplasme	Ribosome 70S dans le cytoplasme
Autres organites (mitochondries, Golgi...) présents dans le cytoplasme	Absence d'organites (mitochondries, Golgi...) présents dans le cytoplasme
Taille de 10-100 $\mu\text{m}$	Taille de 1-10 $\mu\text{m}$
Chromosomes linéaires avec histones	Chromosome circulaire unique
Divisions par mitose	Division simple

1.1.2. Rhodotorula est une levure, c'est donc un organisme eucaryote.

1.2.1. Le milieu pour auxanogramme dont on connaît exactement la composition chimique, tant d'un point de vue qualitatif que quantitatif peut être qualifié de milieu synthétique. Il fournit tous les micronutriments nécessaires à la croissance à l'exception de tout substrat carboné.

### 1.2. Identification de la levure

1.2.2. Un facteur de croissance est une substance organique indispensable à la croissance de la bactérie mais que celle-ci est incapable de synthétiser et qui doit donc être apporté par le milieu de culture.

1.2.3. Parmi les différentes catégories de facteur de croissance, on pourra retrouver dans la composition du milieu de l'annexe 8 des vitamines (« solution de vitamines ») ou des acides aminés (L-histidine, L-tryptophane, L-méthionine).

1.2.4. Un résultat positif se visualisera sous forme d'un trouble dans la cupule témoignant d'une culture de la souche. La cupule 0 est le témoin négatif, elle a pour rôle de vérifier que la souche ne puisse pas croître sans source de carbone organique. L'absence de trouble dans la cupule 0 permet de valider la lecture de la galerie.

1.2.5. Le microorganisme est cultivé dans un milieu contenant toutes les molécules et tous les facteurs de croissance indispensables à sa croissance sauf la source de carbone. Dans le milieu est ajoutée la molécule carbonée dont on veut étudier l'assimilation. Après incubation, on recherche s'il y a culture ou non du microorganisme donc utilisation ou non de la source de carbone ajoutée.

## 2. RECHERCHE DE LA SOURCE DE CONTAMINATION

### 2.1. Vérification de la surface de travail

2.1.1. Le nettoyage est l'opération qui consiste à éliminer les salissures afin d'assurer la propreté, l'hygiène, l'esthétique et la maintenance préventive des revêtements et des bâtiments, selon des procédés mécaniques et/ou chimiques. Il s'agit d'une propreté physique. La désinfection est l'opération au résultat momentané permettant d'éliminer ou de tuer les micro-organismes et/ou d'inactiver les virus indésirables par des milieux inertes contaminés en fonction des objectifs fixés. Il s'agit d'une propreté microbiologique.

2.1.2. Les agents neutralisants permettent de stopper l'action du désinfectant lors de l'incubation afin que les microorganismes puissent former des colonies sur la boîte.

2.1.3. Un biofilm est une communauté de microorganismes adhérant entre eux, fixée à une surface, et caractérisée par la sécrétion d'une matrice adhésive et protectrice.

### 2.2. Analyse des caractéristiques du produit

2.2.1. L' $A_w$  (*activity of water* ou activité de l'eau) est le rapport de pression partielle de l'eau dans l'aliment par rapport à celle de l'eau pure. Ce paramètre reflète la biodisponibilité de l'eau dans un produit

2.2.2. Les levures se développent à l'intérieur du chocolat, dans la ganache car l' $A_w$  du chocolat extérieur empêche tout développement microbien.

## 3. ÉTUDE DES CARACTÉRISTIQUES DE CROISSANCE DE RHODOTORULA MUCILAGINOSA

3.1.1. Le temps de génération correspond au temps nécessaire au doublement de la population bactérienne.

3.1.2. La température optimale est de 30 °C car c'est la température pour laquelle le temps de génération (et donc de doublement de la population) est le plus court (les levures se développent plus rapidement).

3.2. La détermination graphique du temps de génération se fait en choisissant sur la courbe de croissance en phase exponentielle deux points séparés de  $\ln(N) = \ln 2 = 0.7$ . La différence de temps les séparant est égal à G. Sur la courbe proposée, G est environ égal à 115 minutes (la valeur peut être légèrement différente selon les points choisis). On peut ensuite déterminer graphiquement la vitesse spécifique de croissance  $\mu_{\text{expo}}$  : soit 2 points A et B en phase exponentielle  $\mu_{\text{expo}} = (\ln B - \ln A) / (t_B - t_A)$ . Dans notre exemple,  $\mu_{\text{expo}} = 0.006 \text{ min}^{-1}$ . On peut enfin vérifier par le calcul la cohérence des résultats :  $G = \ln 2 / \mu_{\text{expo}}$ .

3.3. Les différentes phases de croissance avec leurs caractéristiques respectives sont :

- phase de latence (0-100 min) : phase d'adaptation au milieu, pas de multiplication.
- phase d'accélération (100-180 min) : début des divisions cellulaires, la vitesse de croissance augmente.
- phase exponentielle de croissance (180 min-700 min) : la vitesse de croissance est maximale et constante.
- phase de ralentissement puis stationnaire (à partir de 700 mn) : la vitesse de croissance diminue et devient nulle suite à la consommation de certains éléments nécessaires à leur multiplication.

3.4. La croissance est quasiment identique pour les 3 pH : les levures étudiées sont acidophiles.

## 4. AMÉLIORATION DU PROCÉDÉ DE FABRICATION

4.1. La baisse de la température va ralentir ou empêcher la croissance des levures.

4.2.1. La pasteurisation est un procédé d'élimination des micro-organismes pathogènes et indésirables (forme végétative) par chauffage d'un aliment à une température inférieure à son point d'ébullition, pendant une courte durée afin de ne pas altérer ses propriétés organoleptiques.

4.2.2. La qualité microbiologique de la purée de fruits pourrait être assurée par un traitement thermique (appertisation, congélation/surgélation), ajout de conservateur, ajout de sucre, pascalisation (ultrapression).

**SCIENCES DES ALIMENTS****1. POISSON**

1.1. Après la mort de l'animal, la circulation sanguine et donc l'oxygénation des tissus s'arrêtent, les cellules musculaires épuisent le dioxygène présent pour renouveler l'ATP puis passent à un métabolisme anaérobie produisant de l'acide lactique. Une fois les réserves de glycogène épuisées où lorsque l'acidité est trop élevée, les réactions métaboliques s'arrêtent (inhibition des enzymes) et l'ATP n'est plus renouvelé, les myofibrilles actines et myosines restent alors liées entre elles (complexe acto-myosine) donnant la rigidité du muscle. (Pour le poisson, la rigor débute très vite après la mort de l'animal (faible réserve de dioxygène) et s'achève rapidement aussi (environ 30 h).

1.2. La chair du poisson est particulièrement tendre car elle est pauvre en collagène. Elle est particulièrement sensible aux altérations car elle est riche en eau et pauvre en glycogène, l'acidification post mortem est donc insuffisante pour ralentir le développement microbien de sa flore de surface et intestinale abondante très protéolytique qui l'altère rapidement. De plus le poisson subit une autolyse enzymatique rapide.

1.3. Odeur de poisson non putride, brillance des yeux, couleur clair du mucus, couleur rouge des ouïes, poisson rigide.

1.4. Cuisson sous vide 20 min à 60°C, car les protéines du poisson sont très sensibles à la température, elle coagule à 60°C. La cuisson basse température rétracte moins les myofibrilles et le muscle reste plus tendre, le sous vide permet d'éviter le dessèchement du produit.

1.5. La pellicule de glace protège le poisson du contact direct avec l'air et le protège ainsi des oxydations pendant le stockage (on peut aussi ajouter des antioxydants dans l'eau de givrage). Le givrage permet aussi d'éviter la déshydratation superficielle liée à la sublimation de la glace pendant le stockage.

1.6. La plupart des poissons sont riches en acides gras polyinsaturés de la famille des oméga 3 (ALA, EPA, DHA) indispensables à l'homme. De plus les poissons gras contiennent des vitamines liposolubles (A et D).

1.7. Les poissons gras sont sensibles à l'oxydation car leurs lipides insaturés peuvent se peroxyder facilement en présence de dioxygène et d'eau, entraînant la formation d'aldéhydes, de cétones et d'alcools secondaires responsables des modifications d'odeurs et de goûts désagréables (rance).

Les réactions d'oxydations peuvent être accentuées si les lipides subissent une hydrolyse en présence de lipases, ce qui entraîne la libération d'acides gras libres plus facilement oxydables.

1.8. Le poisson cuit est plus sensible à l'oxydation que le poisson cru car la cuisson a fait éclater les cellules et libérer des acides gras et des catalyseurs (Fe) de l'oxydation, de plus l'élévation de température accélère les réactions d'oxydations.

**2. PANURE**

2.1. Le type d'une farine correspond au taux de cendres après minéralisation de 100 g de farine sèche exprimé en centigramme. T 45 signifie que 100 g de farine contient 0,45 g de minéraux

2.2. Les gliadines qui sont responsables de l'extensibilité et les gluténines qui sont responsables de l'élasticité.

2.3. La farine de blé contient du gluten alors que la farine de maïs n'en contient pas, celle-ci n'aura pas les propriétés viscoélastiques de la farine de blé mais en contrepartie elle conviendra aux intolérants au gluten. De plus la farine de maïs est plus riche en amidon que la farine de blé.

2.4 Il faut éviter les contaminations croisées entre ces 2 farines au moment de la fabrication pour pouvoir utiliser la farine de maïs pour les personnes intolérantes au gluten, en planifiant les fabrications séparément, en réalisant un nettoyage très rigoureux, en utilisant une salle et du matériel spécifiques.

**3. ADDITIFS**

3.1. - Ingrédient : tout composant d'un produit alimentaire

- Additif : Il s'agit de toute substance habituellement non consommée comme aliment en soi, habituellement non utilisée comme ingrédient caractéristique dans l'alimentation, possédant ou non une valeur nutritive et donc l'adjonction intentionnelle aux denrées alimentaires, dans un but technologique, au stade de leur fabrication, transformation, traitement, conditionnement, transport ou entreposage, a pour effet, ou peut raisonnablement être estimée avoir pour effet, qu'elle devient elle-même ou que ses dérivés deviennent, directement ou indirectement, un composant de ces denrées alimentaires.

- Additif de la préparation : amidon réticulé - acide citrique - acide ascorbique – polyphosphates

- 3.2. - Amidon réticulé : agent de texture (liant, structurant)  
 - Acide citrique : correcteur d'acidité  
 - Acide ascorbique : antioxydant  
 - Polyphosphates : agent de rétention d'eau

3.3. Les polyphosphates permettent la rétention d'eau donc assurent le maintien de l'hydratation du produit mais également d'améliorer le rendement.

#### 4. CONDITIONNEMENT ET ÉTIQUETAGE

##### 4.1. Mentions obligatoires :

- La dénomination de vente
- La quantité nette et la quantité égouttée si la denrée présente un liquide de couverture ;
- La date de péremption
- Le numéro de lot
- L'identification d'un responsable
- Le lieu d'origine ou de provenance
- Les allégations nutritionnelles

##### Si nécessaire :

- Le mode d'emploi voire les précautions d'emploi
- L'identification du préemballeur ou de l'importateur en France
- Les indications exigées par le contrôle métrologique
- Les marques ou estampilles de salubrité

4.2. On utilise le terme « Bâtonnet au poisson » lorsque la quantité de poisson est faible (ici il y a du blanc d'œuf et de la féculé de pomme de terre).

4.3.3. - Le poisson cuit est présenté en barquette, la cuisson la fragilisé, il doit être protégé par un emballage rigide, de plus il permet un réchauffage dans le conditionnement.

- Le filet de poisson surgelé est emballé en sachet, la surgélation la rigidifié, il ne craint pas les chocs, le sachet le protège de la déshydratation et des contaminations extérieures, de plus le sachet est facile à stocker et il peut être refermé si utilisation partielle.

- Le bâtonnet au poisson surgelé est emballé sous atmosphère inerte pour le protéger des oxydations en effet malgré qu'il soit pané ; sa composition faite de pulpe broyée, de chute et déchets le rend très sensible aux oxydations.

4.4. Pour les produits surgelés, on apposera une date de durabilité minimale (DDM) car la surgélation permet une longue conservation. Le poisson traiteur par contre aura une date limite de consommation (DLC) et sera conservé à 2-4°C.

#### 5. ŒUFS ET OVOPRODUITS

5.1. Un ovoproduit est une denrée alimentaire obtenue par le cassage d'œufs de poule, de cane, de dinde, d'oie et de caille propre à la consommation humaine et constituée par la totalité ou une partie du contenu de l'œuf après élimination de la coquille. Blanc d'œuf liquide, œufs entiers en poudre.

5.2. Le cassage des œufs nécessite une habilitation. Les ovoproduits sont plus faciles à utiliser, à doser, ils se conservent plus longtemps, ils sont plus sains bactériologiquement car pasteurisés et s'ils sont sous forme de poudre ils tiennent moins de place.

##### 5.3. Les salmonelles

##### 5.4. Propriétés fonctionnelles des œufs

Propriétés	Œuf entier	Jaune d'œuf	Blanc d'œuf
Aromatique	X		
Colorant		X	
Coagulant	X		
Liant	X	X	X
Anti-cristallisant			X
Moussant			X
Emulsifiant		X	

Pour la fabrication des bâtonnets au poisson le blanc d'œuf sert de liant. Dans la mayonnaise, le jaune d'œuf sert d'émulsifiant.

- 5.5.** Evaluation de la taille de la chambre à air par mirage (observation sous lumière indirecte)  
 Mesure de la densité de l'œuf en fonction de sa densité dans l'eau salée ;  
 Détermination de la hauteur de l'albumen (test de Haugh).  
 - Le mirage qui consiste à observer l'œuf au-dessus d'une lampe afin de vérifier que la coquille est intacte, que le jaune est centré et sans substances étrangères ni germe développé et que la taille de la chambre à air soit normale pour un œuf (chambre < 4mm (extra frais) ; < 6 mm (frais) ; > 6 mm).  
 - Mesure de la densité en le plongeant dans une eau saline pour voir s'il flotte (non frais) ou s'il coule (frais) (phénomène lié à la taille de la chambre à air)  
 - Détermination de la hauteur de l'albumen (test de Haugh), en cassant l'œuf sur une surface plane (en vieillissant le blanc épais se liquéfie et sa hauteur diminue).

## 6. MAYONNAISE

- 6.1.** La lécithine est un phospholipide, c'est un agent émulsifiant car c'est une molécule amphiphile.  
**6.2.** Schéma d'une émulsion H/L (ou w/o en anglais) : H signifiant hydrophile (aqueux) et L signifiant lipophile (lipide).  
 Le schéma doit montrer une phase dispersée aqueuse (sous forme de gouttelettes) dans une phase continue de lipide.  
**Attention** une erreur dans le sujet déclare la mayonnaise comme étant une émulsion H/L alors qu'il s'agit d'une émulsion L/H.  
**6.3.** La gomme xanthane est un polysaccharide extrait de la culture d'une bactérie *Xanthomonas campestris*. C'est un agent gélifiant qui stabilise la mayonnaise.  
**6.4.** Antioxydants : l'acide ascorbique pour la phase hydrophile ; le tocophérol pour la phase lipophile.  
**6.5.** Huile de colza, de soja, de noix (huiles riches en acides gras oméga 3) mais aussi maïs, tournesol, olive. Éviter huile de palme (huile riche en acides gras saturés)  
**6.6.** Démucilage (dégommage) – désodorisation – neutralisation (désacidification) – décoloration – frigellisation (winterization)

## GÉNIE INDUSTRIEL

### 1. PASTEURISATION DE LA MAYONNAISE

**1.1.** La mayonnaise est un produit assez fragile. Il est essentiel de ne pas déstabiliser l'émulsion ni coaguler ou dénaturer les protéines de l'œuf.

**1.2.** Schéma : il doit montrer le produit à traiter et le fluide chauffant circulant en sens opposé.

L'intérêt pour l'industriel est double :

maintien d'un gradient température tout au long de l'échangeur, donc échange efficace partout  
 montée en température progressive du produit évitant un choc thermique à son entrée.

**1.3.1.**

- |                              |                                      |
|------------------------------|--------------------------------------|
| 1 : entrée de la mayonnaise, | 6 : chambreur,                       |
| 2 : sortie de l'eau froide,  | 7 : échangeur-récupérateur,          |
| 3 : sortie de la mayonnaise, | 8 : réchauffeur (zone de chauffage), |
| 4 : entrée de l'eau froide,  | 9 : sortie de l'eau chaude,          |
| 5 : refroidisseur,           | 10 : entrée de l'eau chaude.         |

**1.3.2.** À température constante pour le produit, sa valeur pasteurisatrice vaut :  $VP = \Delta t \times L_T$

Avec  $L_T = 10^{(T-T_0)/z} = 10^{(65-70)/6,3} = 0,161$

Pour obtenir  $VP = 0,5$  min, il faut donc un temps de chambreur à 65 °C de  $\Delta t = VP / L_T = 0,5 / 0,161 = 3,1$  min ou 187 s

**1.3.3.** Le débit volumique est calculé par la formule  $q_v = \text{volume chambreur} / \text{temps}$

Le chambreur est un cylindre de longueur  $L = 2,5$  m et de diamètre  $d = 20$  cm donc de rayon  $R = 0,1$  m et de volume

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot L = \pi \times (0,1)^2 \times 2,5 = 78,54 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ ou } 78,54 \text{ L}$$

Donc  $q_v = \pi \cdot (0,1)^2 \cdot 2,5 / 190 = 4,13 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , soit  $1,49 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

**1.3.4.** La puissance thermique correspondant à un échange de chaleur sensible est donnée par la formule :

$$P = q_m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

On ne connaît l'ensemble des paramètres que pour la mayonnaise avec  $\Delta T = (65 - 4)$  en °C,  $C_p = 3800 \text{ J.Kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$  et le débit massique  $q_m = q_v \cdot \rho(\text{mayonnaise}) = 1,5 \times 950 = 1425 \text{ kg.h}^{-1}$

$$P_{\text{tot}} = 1,5 \times 950 \times 3800 \times (65 - 4) = 3,3 \cdot 10^8 \text{ Joules.h}^{-1} \text{ ou } 91 \text{ kW}$$

1.3.5. Dans le récupérateur, si on avait un rendement de 100%, on aurait :

$$q_{m.\text{mayo}} C_{p.\text{mayo}} \times \Delta T_{\text{mayo prérefroidissement}} = q_{m.\text{mayo}} C_{p.\text{mayo}} \times \Delta T_{\text{mayo préchauffage}}$$

$$\text{donc } \Delta T_{\text{mayo prérefroidissement}} = \Delta T_{\text{mayo préchauffage}}$$

$$P_{\text{récup}} = 0,95 \times 3,3 \cdot 10^8 = 3,1 \cdot 10^8 \text{ kJ} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$\Delta T_{\text{mayo dans récupérateur}} = P_{\text{récup}} / (q_v \cdot \rho(\text{mayonnaise}) C_p) = 58 \text{ °C}$$

$$T_{\text{entrée chauffeur}} = T_{\text{sortie préchauffage}} = 58 + 4 = 62 \text{ °C}$$

$$\text{Ou : } T_{\text{entrée réchauffeur}} = 4 + 0,95 \cdot 61 = 61,95 \text{ °C}$$

$$\text{De la même façon : } T_{\text{entrée refroidisseur}} = 65 - 58 = 7,0 \text{ °C}$$

$$1.3.6. P = Q_v \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_{\text{sortie}} - T_{\text{entrée}}) = 1,5 / 3600 \cdot 950 \cdot 3800 \cdot (65 - 62) = 4512,5 \text{ W} \text{ ou } 5 \% \text{ de } P_{\text{tot}} = 4583 \text{ W}$$

$$T_{\text{sortie eau chaude}} = T_{\text{entrée}} - (P / Q_v \cdot \rho \cdot C_p) = 75 - (4512,5 / (2 / 3600 \cdot 980 \cdot 4180)) = 73,02 \text{ °C}$$

## 2. IONISATION DES HERBES AROMATIQUES ET DES ÉPICES

2.1. Le but du traitement ionisant est de pasteuriser, voire stériliser, les épices et les herbes aromatiques. Evite un traitement thermique qui leur ferait perdre leurs qualités aromatiques.

2.2. Les rayonnements ionisants peuvent aussi être utilisés pour empêcher la germination des pommes de terre ou des oignons.

2.3. On peut utiliser des flux d'électrons, des rayons gamma ou des rayons X. Il convient d'isoler la source et la zone de traitement par un mur de béton (canon à électrons), ou des parois de plomb (rayons gamma ou X) (1 réponse attendue).

2.4. Les rayons endommagent l'ADN des cellules.

## 3. SÉCHAGE DU BLANC D'ŒUF

### 3.1. Technologies

#### 3.1.1.

- |  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| 1 entrée de l'air <b>chaud</b> et sec,   | 7 sortie de la poudre séchée,       |
| 2 entrée du produit à sécher,            | 8 pulvérisateur ou atomiseur,       |
| 3 sortie de l'air de séchage de la tour, | 9 tour de séchage ou d'atomisation, |
| 4 poudre partiellement sèche,            | 10 séparateur cyclone,              |
| 5 air de séchage sec,                    | 11 sécheur à lit fluidisé           |
| 6 sortie de l'air,                       |                                     |

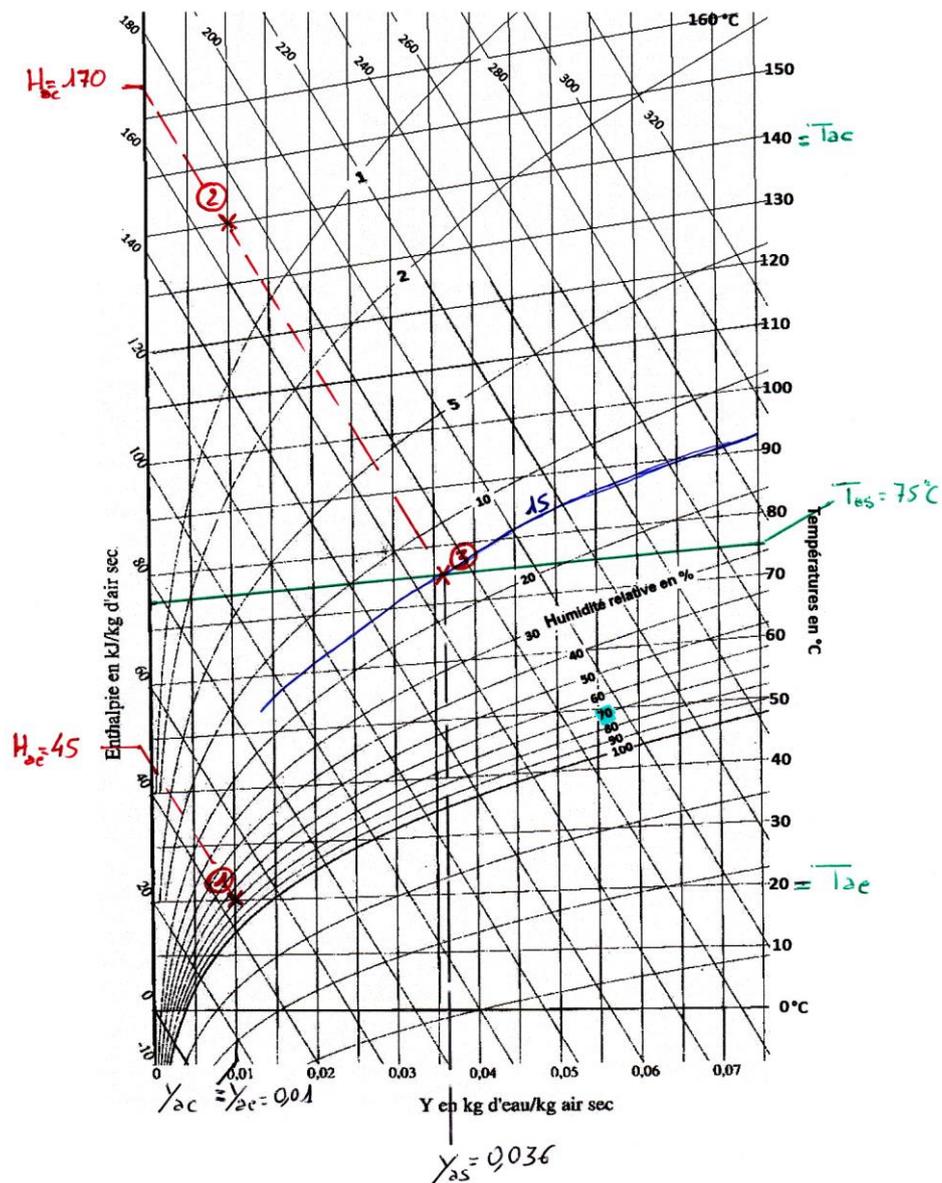
3.1.2. Pulvérisation par turbine : la pulvérisation se fait par la force centrifuge d'une turbine rotative.

Pulvérisation par pression et buse : le produit est poussé sous forte pression dans des buses très fines.

Pulvérisation pneumatique ou à deux fluides : on injecte de l'air sous pression en même temps que le produit dans des buses.

### 3.2. Air de séchage et débit de produit

#### 3.2.1.



#### 3.2.2.

Air	Hr %	Y kg/kg-1 d'air sec	T °C	H Kj/Kg-1 d'air
Entrant	70	0,010	20	45
Chaud	< 1	0,010	140	170
Sortant	15	0,036	75	170

3.2.3.  $\Delta H = (170 - 45) = 125 \text{ kJ.kg}^{-1}$  d'air sec et  $P = \Delta H \cdot Q_m$

Donc  $Q_m = P / \Delta H = 100 / 125 = 0,8 \text{ kg.s}^{-1}$  (ou 2880 kg/h)

3.2.4. Débit d'eau évaporée =  $(0.036 - 0.0105) \cdot 2900 = 73,95 \text{ kg.h}^{-1}$

3.2.5. Eau enlevée par Kg d'œuf = eau initiale - eau finale

=  $(0,9 \cdot 1) - (0,1 \cdot 0,1 / 0,9) = 0,889 \text{ kg d'eau /kg de blanc d'œuf}$

Débit maxi de blanc d'œuf =  $73,95 / 0,889 = 83,18 \text{ kg.h}^{-1}$

### 3.3. Températures du produit

3.3.1. T produit en surface = T humide de l'air de séchage = 41 °C

3.3.2. Dans le deuxième sécheur la température de la poudre va tendre vers la température sèche de l'air.

Conséquence : Il conviendra donc que cette température soit suffisamment basse pour ne pas dénaturer le produit, dans notre cas 55 °C.

## 4. ÉPURATION DES EAUX USÉES

### 4.1. Prétraitements

Avant d'être envoyée dans le bassin l'eau devra être :

- Dégrillée pour enlever la matière solide en morceaux, car ceux-ci entraîneraient une putréfaction inacceptable ou une dégradation trop longue.
- Dégraissée : il faut enlever la matière grasse car celle-ci ferait un film en surface qui asphyxierait la flore microbienne,
- Dessablée (éventuellement). Éliminer les particules solides non dégradables lourdes comme le sable, pierre...

### 4.2. Boues activées

Activation : dégradation des matières organiques par les microorganismes par voie aérobie avec oxygénation du milieu et recyclage des boues activées.

Et/ ou : décantation : clarification : séparation des sédiments (boues) et de l'eau clarifiée.

## 5. EMBALLAGE DES PRODUITS

Qualité générale : Les trois types d'emballages devront être de qualité alimentaire, étant directement en contact avec le produit.

Qualités spécifiques :

- L'emballage des bâtonnets devra surtout être imperméable au dioxygène.
- L'emballage pour la cuisson sous vide devra être imperméable aux gaz et résister au traitement thermique en termes de stabilité chimique et mécanique (pression).

L'emballage des filets congelés devra surtout être résistant aux déchirures liées aux arrêtes de glace des filets surgelés.

## 1. GESTION D'UNE ALERTE SANITAIRE

### 1.1. Fiche de non-conformité

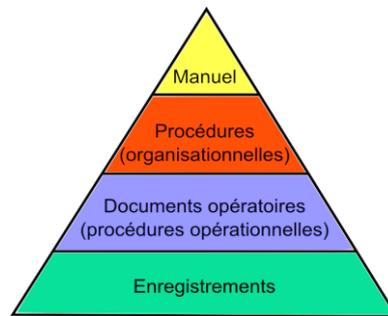
#### 1.1.1. Pyramide avec :

Niveau 1 : manuel (d'assurance) qualité ;

Niveau 2 : procédures (organisationnelles) ;

Niveau 3 : documents opérationnels (fiche de spécification, mode opératoire, cahier des charges...) désormais appelées procédures opérationnelles ou opératoires ;

Niveau 4 : enregistrements.



La fiche de non-conformité est un enregistrement (niveau 4).

Note, non exigée : les niveaux 1 à 3 concernent des documents statiques chacun unique, le niveau 4 concerne des documents dynamiques cumulatifs/redondants.

**1.1.2. Problèmes majeurs** : pas d'identification de l'opérateur constatant la NC, pas de description sommaire de la NC permettant un classement (typologie : mineure, majeure, critique) en vue d'une prise en charge ou action correctrice / curative (dérogation, rebus, reprise, déclassement).

*Selon ce qui a été présenté précédemment, on peut préciser : les modalités d'isolement du lot, l'action correctrice ou curative (fiche de NC et d'AC parfois fusionnées), la date de clôture, voire si action la nouvelle conclusion et le visa du supérieur, etc.*

Plus secondaire : cartouche succinct.

#### 1.1.3. Il faut reprendre une fiche de non-conformité similaire à celle proposée en annexe :

- sans les valeurs enregistrées dans l'annexe (14 mai 2014, M1326, etc.)
- mais avec les éléments précités (voir question 1.1.2) rajoutés.

NDA : la partie action curative/corrective n'est pas exigée car peut selon les cas être renvoyée dans un document spécifique "fiche d'action curative/corrective"

### 1.2. Analyse du risque et réactivité

**1.2.1. ANSES** : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Rôles : organiser dans les secteurs précités l'évaluation des risques, et l'information et le conseil des autorités, des entreprises, des consommateurs. Elle est constituée d'experts, les informations sont donc fiables.

#### 1.2.2. Le produit (champignons en conserve) présente un risque de toxine botulique.

Les spécifications indiquent un pH 6, un Aw 0,95 et un taux de sel faible (< 5 %) : d'après le document ces conditions permettent la croissance de *Clostridium botulinum* et la production de toxine.

Or l'enregistrement indique une  $F_{121,1^{\circ}\text{C}} = 2$  minutes alors que, dans la fiche ANSES, il est recommandé un  $F_{121,1^{\circ}\text{C}}$  d'au moins 3 minutes (de plus la valeur du plateau, à 117°C, est ambiguë) : il y a un problème de stérilisation insuffisante.

En conséquence, le produit est à risque de toxine, et la toxine botulique étant particulièrement dangereuse les produits doivent être considérés comme dangereux et à retirer du marché.

### 1.3. Alerte des consommateurs

#### 1.3.1. Le communiqué doit comporter :

- Nom de la société : Champi'rêve
- (Adresse : Indre et Loire)
- Nature du produit : champignons de Paris pieds et morceaux tranchés ; marque : **Champi'rêve**
- Dénomination de vente : **Champignons de Paris, pieds et morceaux**
- Présentation et moyens de reconnaissance : Boîte ½ ; volume net : 425 mL ; poids net total : 400 g ; poids net égoutté : 230 g ; n° de lot : **M1326**
- Période de commercialisation : à partir du (date de fabrication)
- Zone de commercialisation : nationale
- Identification du danger : risque de présence de toxine de *Clostridium botulinum*

- Risque encouru : intoxication alimentaire
- Précautions à prendre : rapporter les boîtes au magasin ou les jeter, sans les consommer
- Information sur la conduite à tenir : si consommation, consulter rapidement un médecin en cas de troubles digestifs, de paralysies et/ou d'insuffisance respiratoire (infos fiche ANSES)
- Contact consommateur : donner un n° de téléphone vert (service consommateurs)
- Communiqué de presse

**1.3.2. Type de destinataires :** magasins commercialisant le produit incriminé (et éventuellement médias). **Actions principales à mener pour les magasins :** retrait des produits, affichage du communiqué de presse. *[Dans la mesure du possible, collaboration au rappel des produits (identification via les cartes de fidélité, etc.)]*

## 1.4. Rappel des produits

**1.4.1.** Les éléments de la traçabilité en aval : nom des distributeurs et adresses de livraison (ou dit autrement : coordonnées des clients industriels), dates et quantités livrées, identification du lot (n° lot, date, etc.) concerné.

**1.4.2.** La traçabilité totale est obligatoire en Europe depuis les règlements du Paquet hygiène.

## 1.5. Analyse des échantillons

**1.5.1.** Une échantillothèque permet de conserver des échantillons des lots fabriqués et permet ainsi de faire des analyses de contrôle ou des contre-expertises lors d'un problème sur un lot.

**1.5.2.** Un laboratoire accrédité est reconnu compétent par les autorités. Les résultats qu'il produit sont donc reconnus par l'État et présentent a priori une meilleure garantie.

**1.5.3.1.** Dans la liste des commissions techniques d'accréditation, il faut choisir BAA : Biologie et Agro-Alimentaire.

**1.5.3.2.** Domaine 59 (analyses microbiologiques des produits et de l'environnement agro-alimentaire), car il s'agit d'une intoxication microbienne dans un produit alimentaire.

**1.5.4.1.** INCO : information des consommateurs (UE 1169/2011).

Deux grandes évolutions, à choisir parmi : indication des allergènes ; DDM remplace la DLUO ; étiquetage nutritionnel, indication de l'origine ou de la provenance dans certains cas, affichage des acides gras saturés, ...

**1.5.4.2.** Il faut choisir un laboratoire présentant le programme 59 (donc laboratoire 2, 3 ou 4). Le laboratoire 4 est loin et n'a pas l'analyse nutritionnelle, il n'est donc pas un bon choix. Le laboratoire 3 est proche, mais il n'a pas l'analyse nutritionnelle. Le laboratoire 2 n'est pas si proche, mais il a l'analyse nutritionnelle et pourra donc permettre d'intégrer les obligations du règlement INCO ce qui constitue un meilleur choix puisque la question parle des évolutions ultérieures.

**1.5.5. NDA :** question un peu ambiguë car la partie du sujet porte sur une échantillothèque, et pas sur un prélèvement pour inspection à réception d'un lot – des réponses assez variables ont été acceptées.

- Pour une échantillothèque en vue de contrôles ultérieurs : il faut prélever exhaustivement un échantillon représentatif sur chaque fabrication

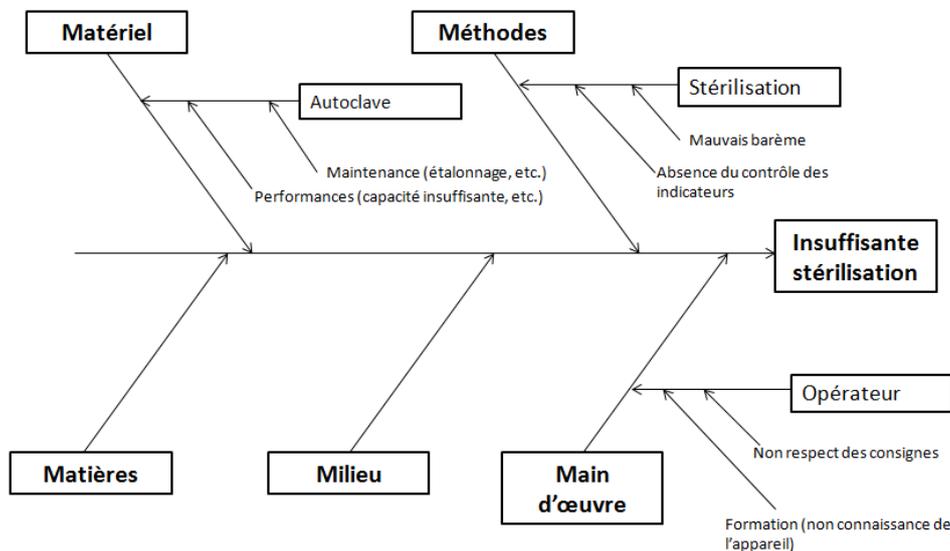
- Pour des analyses ultérieures (analyses nutritionnelles, etc.) : il faut respecter le plan d'échantillonnage (nombre d'échantillons, fréquence de prélèvement, lieu de prélèvement, étiquetage des échantillons, type de conditionnement, conditions de conservation avant envoi, etc.

## 2. MAITRISE DE LA FABRICATION

### 2.1. Analyse des causes

**2.1.1.** Il faut élaborer un diagramme de causes et d'effet (dit d'Ishikawa) car il permet de chercher systématiquement les causes par familles de cause, et éventuellement aide à les hiérarchiser. L'outil 5M peut compléter le diagramme d'Ishikawa – on peut aussi choisir un autre mode de regroupement.

**2.1.2. NDA :** il existe plusieurs manières de répondre à cette question. Un "bon" diagramme doit avoir l'aspect en dents de poisson, concerner un effet précis correspondant au contexte et au problème réel (ici stérilisation insuffisante – la "présence de Clostridium" a été acceptée mais est moins bonne puisque le problème mis en évidence est bien le  $F_{121,1^{\circ}\text{C}} = 2 \text{ minutes} < 3 \text{ min}$ ). Il doit présenter les différentes familles de causes (ici les 5 M étaient imposés), et pour chaque famille une ou plusieurs causes primaires réalistes quand c'est possible. Enfin au moins quelques fois pour montrer que l'on connaît le diagramme, une ou quelques causes secondaires ("cause de cause"), voire tertiaire. Ici, si le problème retenu est "Insuffisante stérilisation", alors il ne faut pas proposer de cause concernant le milieu ni les matières – si les candidats ont proposé "présence de Clostridium" en revanche, il faut peupler aussi ces familles de causes. Les choix du candidat doivent être cohérents. Le diagramme proposé ci-dessous n'est pas exhaustif.



## 2.2. Mise en place d'actions : plan de nettoyage-désinfection

**2.2.1. Nettoyage :** Le nettoyage est une opération visant à éliminer les salissures par une action mécanique, éventuellement renforcée par des substances chimiques (détergent). Le nettoyage assure donc la propreté physique.

**Désinfection :** opération au résultat momentané, visant à éliminer, tuer et/ou inactiver les microorganismes et les virus indésirables, sur des milieux inertes, selon des objectifs fixés (NF T 72101). La désinfection assure donc la propreté microbiologique.

**2.2.2.** On peut utiliser l'outil TACT&SENS pour retrouver les éléments :

Temps d'action	Souillure (type de)
Action (frotter, gratter, etc)	Eau
Concentration du produit	Nettoyant (produit utilisé)
Température	Support / Surface

**NDA :** TACT&SENS n'est qu'un outil dont il existe quelques variations, admises en correction.

Il faut aussi vérifier que le produit est admis en usage agroalimentaire (liste positive réglementaire).

**2.2.3.** Le produit Propy n'est qu'un détergent et n'a pas d'action désinfectante : il faut donc ajouter un second produit désinfectant derrière (ou le changer pour un produit nettoyant-désinfectant).

**Problèmes majeurs dans le document :**

- le temps d'action est insuffisant (20 min au lieu de 30 minimum)
- le produit nécessite des EPI qui ne sont pas précisés dans le PND
- le rinçage, nécessaire, n'est pas précisé
- l'opérateur responsable n'est pas précisé

**Problèmes plus secondaires :**

- le document d'enregistrement à remplir n'est pas précisé
- la température d'action n'est pas précisée (comme la fiche indique "ambiante", on peut s'en passer)
- il manque des instructions simplifiées pour obtenir une dilution à 2% (exemple imaginaire : "un bouchon dans le seau bleu")

**2.2.4.** C'est un audit interne (effectué par du personnel de l'entreprise mais qui ne dépend pas de l'activité audité).  
**NDA :** beaucoup de réponses différentes ont été acceptées ! Il fallait essayer de proposer une forme convenable (cartouche éventuellement, titre et questions en forme de grille de préférence).

Titre : fiche d'audit hygiène – nettoyage-désinfection du matériel

Matériel audité : trancheuse

Date de l'audit, durée, nom de l'auditeur + visa, nom des audités + visa

Quelques questions possibles (le sujet en demandait 6) :

- Existe-t-il un PND pour la trancheuse ?
- Si oui, à quelle fréquence a lieu ce N&D ?
- Existe-t-il un document d'enregistrement ?
- Si oui est-il rempli ?
- Les produits utilisés sont-ils compatibles avec le matériel ?

Préciser la grille de notation pour pouvoir conclure (conforme, non conforme, non applicable ; O/N ; etc.) et une colonne pour les remarques/preuves.

### 2.3. Mise en place d'actions : vérification du choix des fournisseurs

2.3.1. Les notes vont, pour chaque item de 1 (« mauvais ») à 10 (« très bon »)

NDA : attention au contresens concernant le coût

Fournisseur A : très intéressant au niveau du coût mais peu fiable (non-conformités) et des difficultés pour respecter les délais de livraison.

Fournisseur B : est cher mais propose des produits de qualité et un respect des délais.

Fournisseur C : a une bonne organisation qualité dans l'entreprise mais malgré cela, propose des produits peu fiables par rapport au cahier des charges, et un respect des délais de livraison moyen.

2.3.2. Le choix ayant été fait par le service achats, c'est le fournisseur le moins cher (A) qui a été retenu. Il vaudrait mieux retenir le fournisseur B qui propose des produits conformes au cahier des charges et livrés à temps – *le cours sur le coût d'obtention montre que l'investissement dans la qualité est rentable*. Par contre, il faudra négocier avec le service achats car il est le plus cher.

### 2.4. Mise en place d'actions : renouvellement de la certification IFS

2.4.1. *Food Defense* : protection de la chaîne alimentaire contre les actes malveillants.

2.4.2. Mesures opérationnelles : trois parmi

- Nomination de personnes formées en charge de la Food Defense
- Analyse des dangers et évaluation des risques associés à revoir au moins une fois/an
- Mesures de sécurité pour l'accès au site de transformation et de stockage
- Mise en place de zones de protection
- Identification et conditions d'accès pour les visiteurs
- Formation de tous les employés
- Procédure à rédiger pour les inspections externes

Etc.

# Corrigés sujets 2017

**E2-U21 Mathématiques**

**2017**

## Exercice 1 :

### PARTIE A : Étude quantitative du problème

1.(a) Avec un débit de  $20 \text{ cm}^3$  par seconde, on met  $20 \times 150$  soit  $3\,000 \text{ cm}^3$  au bout de 150 s. Donc 3 litres ont été ajoutés dans le réservoir aux 2 litres de concentré de parfum. Au total, il y aura bien 5 litres dans ce réservoir au bout de 150s.

1.(b) Pour remplir totalement ce réservoir il faut ajouter 8 litres d'éthanol soit  $8\,000 \text{ cm}^3$ . Il faudra donc  $\frac{8000}{20}$  soit 400 s pour remplir cette cuve.

2. (a) Pendant les 400 premières secondes le réservoir se remplit donc la quantité d'éthanol  $Q$  augmente. Ensuite de l'éthanol pur entre toujours mais un mélange d'éthanol-parfum en ressort par le trop-plein. Il y a donc encore une augmentation de la quantité d'éthanol. Conclusion la quantité  $Q$  en fonction du temps augmente. Cette fonction sera donc croissante.

2.(b) C'est la courbe n°3 qui représente la quantité  $Q$  en fonction du temps.

Dans une première phase (le remplissage) la quantité augmente de façon linéaire (proportionnalité entre quantité et temps grâce au débit constant) puis dans un second temps (trop-plein) la quantité d'éthanol augmente toujours comme indiquée à la question précédente.

### PARTIE B : Une équation différentielle

1. L'équation différentielle (E0) est du modèle  $y' + a y = 0$  avec  $a=0,002$ . Donc d'après le cours, les solutions de (E0) sont les fonctions de la forme  $k e^{-0,002 t}$  avec  $k$  une constante réelle.

2. La fonction constante  $a$  est solution particulière de (E) donc elle vérifie cette équation.

$$\text{D'où } 0 + 0,002 a = 20 \text{ soit } a = \frac{20}{0,002} = 10000.$$

3. Les solutions de l'équation différentielle (E) sont donc de la forme  $k e^{-0,002 t} + 10\,000$ .

4. La fonction  $Q$  solution de (E) vérifie la condition  $Q(400)=8\,000$ .

$$\text{D'où } k e^{-0,002 \times 400} + 10\,000 = 8\,000 \text{ soit } k \approx -4451,1. \text{ Conclusion } Q(t) = 10\,000 - 4451,1 e^{-0,002 t}.$$

### PARTIE C : Étude d'une fonction

1. Si  $t \rightarrow +\infty$  alors  $-0,002 t \rightarrow -\infty$  d'où  $e^{-0,002 t} \rightarrow 0$  donc  $Q_1(t) \rightarrow 10\,000$ .

La droite d'équation  $y = 10\,000$  est donc asymptote horizontale à la représentation graphique de  $Q_1$ .

2. Calculons la dérivée de  $Q_1$ :

$$Q_1'(t) = 0 - 4451,1 \times -0,002 e^{-0,002 t} = 8,9022 e^{-0,002 t}.$$

Étudions le signe de cette dérivée :

$e^{-0,002 t}$  et 8,9022 sont toujours strictement positif donc la dérivée est strictement positive.

La fonction est donc strictement croissante sur  $[400 ; +\infty[$ .

On vérifie ainsi la réponse donnée à la question A-2-(a).

3. Il faut donc chercher  $t$  tel que  $\frac{Q_1(t)}{10000} = 0,85$ . En résolvant cette équation, en utilisant une table ou en utilisant la fonction trace d'une calculatrice etc. on obtient  $t = 544$ .

La proportion d'éthanol dans le réservoir vaut 85% au bout d'environ 544 secondes.

4. Réponse ( c ).

Vérification non demandée dans le sujet

Par exemple avec  $A = 8\ 100$ , on obtient pas à pas avec cet algorithme

T	400	410	420	430
$Q_1(T)$	$\approx 8\ 000$	$\approx 8\ 040$	$\approx 8\ 078$	$\approx 8\ 116$
Condition Tant que	Vrai	Vrai	Vrai	Faux

L'algorithme affiche alors 430 qui est une valeur approchée par excès de l'équation  $Q_1(t) = 8\ 100$

### Exercice 2 :

#### PARTIE A : Défauts de fabrication

- Il faut calculer  $P(A \cap B)$ . Or les événements sont indépendants donc  $P(A \cap B) = P(A) \times P(B)$   
On obtient alors avec les données de texte  $P(A \cap B) = 0,05 \times 0,02$  soit 0,001.
- Au moins un défaut est l'événement  $A \cup B$ . Or  $P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$ .  
D'où la probabilité que le verre soit défectueux est de  $0,05 + 0,02 - 0,001$  soit de 0,069.

#### PARTIE B : Vérification du lot

- Expérience à deux issues possibles : « verre défectueux » (succès) ou « verres sans défaut » (échec).  
Donc  $P(\text{succès}) = p = 0,069$ .  
Expériences identiques et indépendantes répétées 20 fois (assimilation à un tirage avec remise).  
D'où  $X$  suit une loi binomiale de paramètres 20 et 0,069.
- Il faut calculer  $P(X \geq 5)$  soit  $1 - P(X \leq 4)$  pour pouvoir utiliser au mieux la calculatrice.  
 $P(X \geq 5) = 1 - 0,9899 \approx 0,01$ .

#### Partie C : Diamètre du buvant du verre

- A la calculatrice, on obtient  $P(45,8 \leq D \leq 46,3) \approx 0,59$ .
- On estime qu'avec une loi normale de paramètres  $m$  et  $\sigma$ ,  $P(m - 2\sigma \leq D \leq m + 2\sigma) \approx 0,95$ .  
Donc  $a \approx 2 \times 0,3$  soit  $a \approx 0,6$

#### Partie D : Brilliance des verres

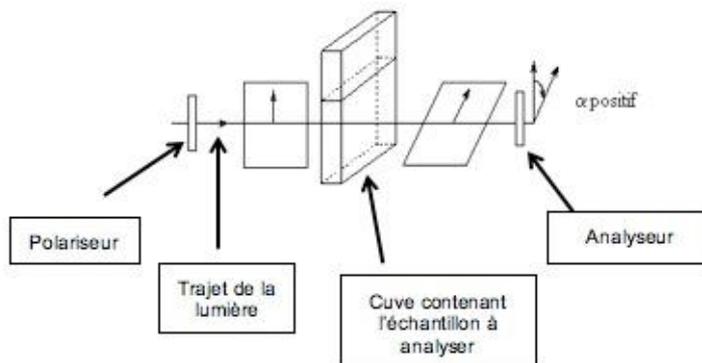
- $P(T \leq t) = F(t) - F(0)$  où  $F$  est une primitive de  $\lambda e^{-\lambda t}$ .  
 $F(t) = -e^{-\lambda t}$  d'où  $P(T \leq t) = (-e^{-\lambda t}) - (-e^{-\lambda \times 0}) = (-e^{-\lambda t}) - (-1) = 1 - e^{-\lambda t}$ .
- $P(T \leq 24) = 0,93$  donc  $1 - e^{-\lambda \times 24} = 0,93$  soit  $e^{-\lambda \times 24} = 0,07$ .  
En utilisant le logarithme népérien on obtient  $-24\lambda = \ln(0,07)$  soit  $\lambda \approx 0,11$ .
- On sait que pour une loi exponentielle de paramètre  $\lambda$ , l'espérance mathématique est  $\frac{1}{\lambda}$ .  
Donc  $E(T) \approx 9$ .  
En moyenne ce dispositif fonctionne correctement pendant 9 mois.
- 4 ans correspondent à 48 mois. Calculons donc  $P(T > 48)$  soit  $1 - P(T \leq 48) = 1 - (1 - e^{-0,11 \times 48})$   
D'où  $P(T > 48) = e^{-5,28} \approx 0,005$ .  
La probabilité que la durée de vie soit supérieure à 4 ans n'est pas supérieure à 1%.

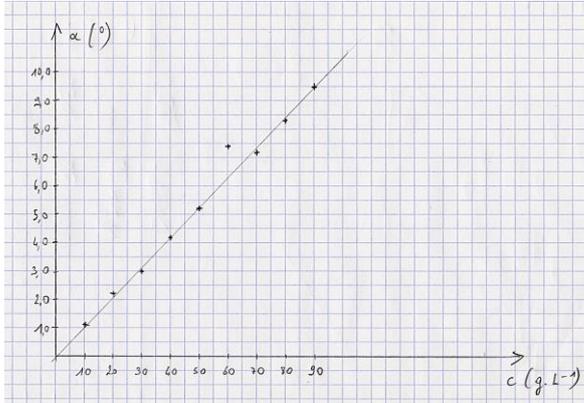
**Partie A : les ions chlorure dans l'eau utilisée dans une laiterie (5 points)**

- A.1.  $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{AgCl}(\text{s})$
- A.2.  $K = 1/[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = 1/K_s = 5,6 \cdot 10^9$
- A.3. Volume équivalent au point d'intersection des deux segments de droite.  $V_{\text{eq}} = 8,2 \text{ mL}$
- A.4. A l'équivalence  $n(\text{Ag}^+) = n(\text{Cl}^-)$  soit  $c \cdot V_{\text{eq}} = [\text{Cl}^-] \cdot E$  soit  $[\text{Cl}^-] = c \cdot V_{\text{eq}} / E = 8,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   
Titre massique  $t = [\text{Cl}^-] \cdot M = 0,2911 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$
- A.5. Non, aucune espèce ne présentant de propriétés acido-basiques, le pH ne varie pas au cours du dosage.
- A.6. Après l'équivalence la réaction de dosage est terminée, il n'y a plus d'ion chlorure dans le bécher, si on continue à verser la solution titrante, les ions  $\text{Ag}^+$  et  $\text{NO}_3^-$  s'accumulent dans le bécher, il en résulte une augmentation de la conductivité.

**Partie B : le lactose et les effluents (9,5 points)**

- B.1.1. Le terme carbones chiraux n'est pas correct, pour désigner un carbone lié à 4 substituants différents on doit utiliser le terme « carbone asymétrique »
- B.1.2. On applique les règles CIP pour classer les 4 groupements par ordre de priorité :  
-OC > -OH > -C > -H
- Il faut regarder dans l'axe C\*-H donc ici placer son œil en dessous, la séquence 1,2,3 est vue dans le sens des aiguilles d'une montre, le carbone asymétrique est de configuration R.
- B.2.1. Le « D » correspond à la série, déterminée par la position du groupement -OH porté par le l'avant dernier carbone de la chaîne (ou dernier carbone asymétrique) en représentation de Fischer : série D si ce groupement est à droite, L s'il est à gauche.
- B.2.2. (+)/(-) correspond au signe du pouvoir rotatoire de la molécule donc au caractère dextrogyre (+) ou lévogyre (-) de la molécule
- B.2.3. Les énantiomères L et D sont formés dans les mêmes proportions
- B.2.4. La fermentation libre de l'acide lactique qui est un acide faible, libérateur de  $\text{H}^+$ , l'acidité augmente, le pH diminue.
- B.3.1



**B.3.2.a**

**B.3.2.b** On obtient une droite passant par l'origine, les grandeurs  $\alpha$  et  $c$  sont donc proportionnelles.

**B.3.2.c** Il y a un point aberrant (pour 60 g/L) à ne pas prendre en compte en traçant la droite moyenne.

**B.3.2.c** D'après la loi de Biot la pente de la droite vaut  $a = [\alpha]_D \cdot l$  soit  $[\alpha]_D = a/l$

On détermine la pente en prenant 2 points sur la droite et  $l = 2 \text{ dm}$ .

On trouve  $0,053^\circ \cdot \text{L} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dm}^{-1}$  soit  $53^\circ \cdot \text{mL} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dm}^{-1}$

**B.3.3.** Graphiquement ou par le calcul  $c = a/[\alpha]_D \cdot l$ , on trouve  $c = 75 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$

### Partie C : homogénéisation du diamètre des globules gras d'un lait (5,5 points)

**C.1.**  $\rho$  : masse volumique ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$v$  : vitesse d'une particule (m/s)

$z$  : altitude (m)

$p$  : pression (Pa)

**C.2.**  $\rho g(z_A - z_B) = 1030 \times 9,8 \times 4 \cdot 10^{-2} = 404 \text{ Pa}$

$$\frac{\rho}{2}(v_B^2 - v_A^2) = \frac{1030}{2} \times (120^2 - 5^2) = 7,4 \text{ MPa}$$

Le premier terme est négligeable

**C.3.1.**  $\frac{\rho}{2}(v_B^2 - v_A^2) + (P_B - P_A) = 0$

**C.3.2.**  $P_B = P_A - \frac{\rho}{2}(v_B^2 - v_A^2) = 6,6 \text{ MPa} > 5 \text{ kPa}$

**C.3.3.** On ne peut pas considérer le fluide comme parfait

**C.4.1.**  $d_B = d_A \sqrt{\frac{v_A}{v_B}} = 3 \cdot 10^{-2} \sqrt{\frac{5}{120}} = 6,1 \text{ mm}$

**C.4.2.**  $Re = \frac{v \cdot D}{\nu_l} = \frac{120 \times 6,1 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-6}} = 3,7 \cdot 10^5 > 2000$ , le régime n'est pas laminaire mais turbulent ce qui est conforme au texte qui parle de turbulences.

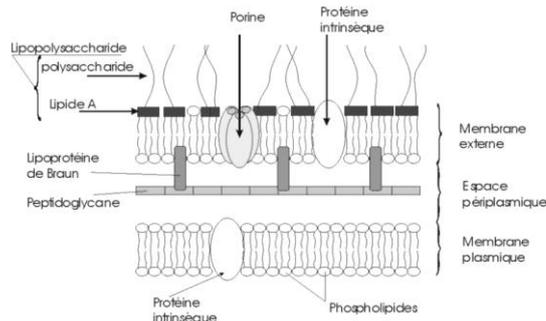
**PARTIE MICROBIOLOGIE**

1.1. Famille des *Enterobacteriaceae*

Attendus obligatoirement : Bacille Gram -, oxydase -

Un autre caractère parmi : non exigeant, AAF, fermentatif du glucose, NR+, si mobile ciliature péritriche.

1.2.



Paroi d'une bactérie Gram négatif.

1.3. Facteur d'adhésion : facilite la fixation de la bactérie sur sa cellule cible.

Un exemple parmi fimbriae (pili), adhésines, glycocalyx.

1.4. O104 : Antigène O de paroi (LPS) = Ag somatique

H4 : Antigène flagellaire lié à la présence de cils ou flagelle

Le chiffre permet de classer les différents Ag.

1.5. On cherche à déterminer quels sont les antigènes bactériens de surface, en utilisant des anticorps spécifiques présents dans les sérums tests. La présence de l'antigène est révélée par l'agglutination des bactéries.

2.1. Pouvoir invasif grâce aux facteurs d'adhésion.

Pouvoir toxique grâce à la synthèse des toxines (shigatoxine).

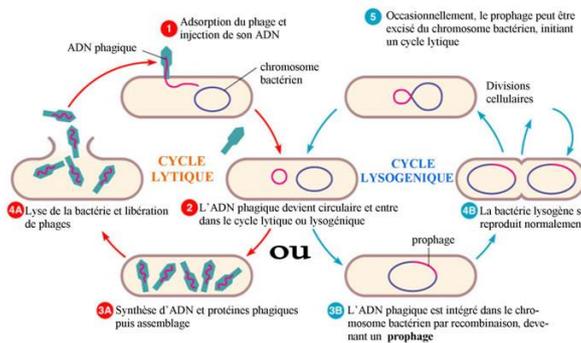
2.2. Shigatoxine ou vérotoxine. Exotoxine.

2.3. Action intestinale : diarrhée puis colite hémorragique

Lésions vasculaires : complications rénales, syndrome hémolytique urémique (SHU)

Complications neurologiques.

2.4.1.



Étapes 3A et 3B très importantes.

2.4.2. Un prophage est un ADN phagique introduit et intégré dans le chromosome bactérien de l'ADN circulaire existant ou extrachromosomique comme un plasmide. Aucune expression des gènes viraux.

Facteur déclenchant un cycle lytique : stress cellulaire comme les UV.

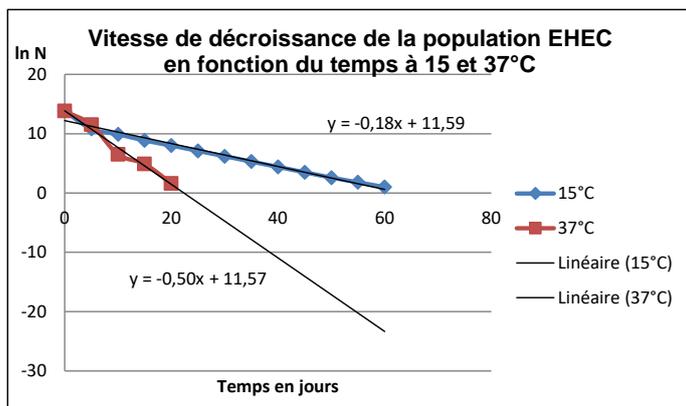
3.1. Les voies de transmission pour l'homme :

- \* directe par contact ou via déjection ou interhumaine possible
- \* indirecte par consommation d'aliments et d'eau contaminés.

3.2. Les aliments présentant un risque sont :

- viande hachée,
- produits laitiers non pasteurisés,
- végétaux crus,
- eau contaminée.

3.3.1.



3.3.2. Les vitesses de décroissance correspondent aux pentes, les valeurs sont :

- 0,18 j<sup>-1</sup> à 15 °C
- 0,50 j<sup>-1</sup> à 37 °C

Les EHEC persistent plus longtemps dans les fumiers à 15 °C, ce qui présente un risque lors de l'épandage : il faut donc conserver les fumiers à 37°C.

4.1. Producteur :

Deux exemples parmi : suivre les bonnes pratiques d'hygiène établies pour les végétaux consommés crus ; contrôle qualité microbiologique ; contrôles des eaux ; traçabilité des graines.

4.2. Consommateur :

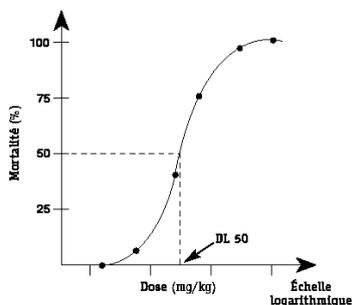
Deux exemples parmi : cuisson à cœur ; se laver les mains ; laver soigneusement les graines ; utiliser une eau microbiologiquement contrôlée ; veiller à l'hygiène du matériel en cuisine ; séparer les aliments crus des cuits ; conserver au froid.

## PARTIE TOXICOLOGIE

1.1. La dose létale 50 (DL<sub>50</sub>), exprimée en mg/kg, correspond à la dose unique d'une substance pouvant causer la mort de 50 % d'une population animale en 14 jours.

On se place dans des conditions d'expérimentation précises : lots homogènes quant à la race, le sexe, l'âge, le poids. Chaque lot reçoit une dose précise de la substance, en une seule fois.

1.2.



1.3. Le facteur de sélection correspond au rapport des DL50 chez le rat et chez l'insecte.

Comparaison des toxicités (DL50) de différentes classes d'insecticides	Insectes (mg/kg)	Rats (mg/kg)	Facteur de sélection $\frac{DL50 \text{ rats}}{DL50 \text{ insectes}}$
Carbamates	2,8	45	<b>16</b>
Organophosphorés	2,0	67	<b>34</b>
Hydrocarbures chlorés	2,6	230	<b>88</b>
Pyréthriinoïdes	0,45	2000	<b>4444</b>

Le facteur de sélection augmente d'autant plus que la toxicité de l'insecticide est élevée chez les insectes et faible chez les rats. Parmi les classes d'insecticides considérées ici, les pyréthriinoïdes sont les plus efficaces sur les insectes et les moins toxiques pour les rats. Leur choix s'avère pertinent.

1.4. Le foie assure les réactions métaboliques précédant l'élimination du xénobiotique. Ces réactions se déroulent en deux temps. Les réactions de phase I (réactions de fonctionnalisation) introduisent ou exposent un/des groupements réactifs du xénobiotique. Les réactions de phase II sont des réactions de conjugaison (glyco ou sulfo conjugaisons) pour rendre la molécule toxique hydrophile donc soluble afin de faciliter son élimination par voie urinaire.

2.1. La deltaméthrine étant plus toxique ingérée dans un solvant huileux, cela laisse présager qu'elle est lipophile et qu'elle pourra s'accumuler dans le tissu adipeux de l'homme et le tissu nerveux (myéline).

2.2. Comme la deltaméthrine est un pyréthriinoïde à groupement cyano ( $C\equiv N$  dans la molécule), les symptômes seront de type CS.

2.3. La DJT de la deltaméthrine est de  $0,01 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Pour atteindre cette valeur, un homme d'un poids (P) de 60 kg devra consommer  $DJT \cdot P$  soit  $0,01 \cdot 60 = 0,6 \text{ mg}$  de deltaméthrine par jour.

2.4. La LMR de la deltaméthrine est de  $1 \text{ mg/kg}$  de légumineuses. Connaissant la relation  $LMR = 1000 \cdot P / C \cdot DJT$ , la quantité maximale de graines germées qu'un individu pourra consommer quotidiennement sans risque pour sa santé sera donc :

$$C = 1000 \cdot P / LMR \cdot DJT = 1000 \cdot 60 / 1 \cdot 0,01 = 600 \text{ g}$$

**Ou bien :** un homme de 60 kg doit consommer au maximum 0,6 mg de deltaméthrine par jour.

$$\frac{1000 \text{ g de légumineuses}}{M \text{ g}} \text{ peuvent contenir jusqu'à } \frac{1 \text{ mg de deltaméthrine}}{0,6 \text{ mg de deltaméthrine}}$$

$M = (1000 \cdot 0,6) / 1 = 600 \text{ g}$  de légumineuses par jour (à condition de ne pas consommer d'autres produits contenant aussi de la deltaméthrine)

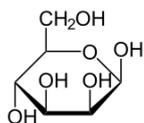
2.5. Les recommandations nutritionnelles sont d'environ 100 g de graines germées par jour soit au plus un apport de 0,1 mg de deltaméthrine. Les valeurs de LMR et DJT protègent donc convenablement le consommateur.

## PARTIE BIOCHIMIE

1.1.1. La série D signifie qu'en représentation de Fisher le groupement OH de l'avant dernier carbone est orienté à droite.

Anomérisation alpha signifie qu'en structure cyclique le OH hémiacétalique (sur le carbone 1) est au-dessus du plan du cycle.

Représentation du  $\beta$  D mannopyranose



1.1.2.

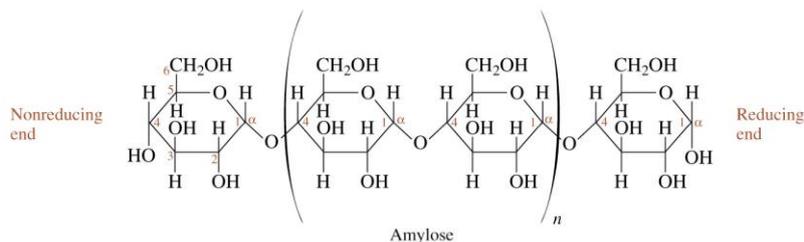


Figure 7-20a Concepts in Biochemistry, 3/e  
© 2006 John Wiley & Sons

L'extrémité réductrice a son OH hémiacétalique libre.

**1.1.3. Augmentation de la viscosité** : gonflement du granule d'amidon = empesage ou gélatinisation

Lorsqu'on chauffe la suspension d'amidon et que l'on atteint une température dite de gélatinisation, l'eau va pénétrer dans les grains d'amidon et ceux-ci vont gonfler, ce qui se traduit par une augmentation de la viscosité.

**Diminution de viscosité** : dispersion de l'amylose.

Cette diminution s'explique par la perte de la structure granulaire : les grosses molécules (essentiellement l'amylose) sortent du grain pour se solubiliser à l'extérieur de ce dernier.

**Rétrogradation** = réorganisation (recristallisation) de l'amylose lors du refroidissement.

Phénomène de rétrogradation = lorsque l'on refroidit la solution, on observe une légère reprise de viscosité. Celle-ci est due à une réassociation des macromolécules (essentiellement d'amylose) qui vont former un gel.

**1.2.1. Différences liées à la composition en acides aminés et à la structure.**

La solubilité des protéines est rendue possible par des interactions entre les chaînes latérales des acides aminés et le solvant :

- Si le solvant est l'eau :
  - Liaisons hydrogène
  - Interactions électrostatiques
- Si le solvant est le sel :
  - Les sels ajoutés prendront la place de l'eau autour de la protéine ;
  - Les sels neutraliseront les charges des chaînes latérales de la protéine ;

*Remarque : L'albumine est particulièrement riche en cystéine méthionine et lysine. La globuline est pauvre en acides aminés soufrés, sa teneur en arginine, en acides aspartiques et glutamiques est par contre élevée).*

**1.2.2.** Fi optimale = 0,6

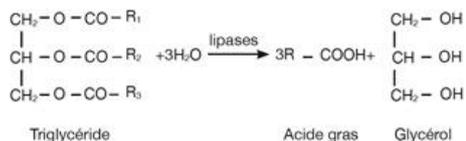
Le pH et la température modifient également la solubilité.

**1.2.3.**  $F_i = 1/2 \sum ((+1)^2 \times 0,4 + (-2)^2 \times 0,2) = 0,6 \text{ mol.L}^{-1}$

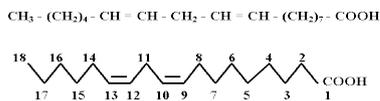
**1.3.1. Liaison ester**

Nom commun : lipase

**1.3.2.**



Acide gras = Acide linoléique :



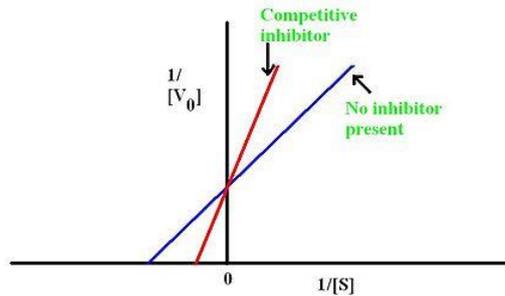
**2.1.** Les enzymes sont des protéines.

Les amylases hydrolysent l'amidon ; L'invertase hydrolyse le saccharose ; La maltase hydrolyse le maltose

2.2.1.  $A_w$  = activité thermodynamique de l'eau, elle représente la disponibilité en eau dans le milieu.

2.2.2.  $A_w$  faible : pas d'eau disponible pour réaliser les réactions enzymatiques qui sont des réactions d'hydrolyse.

2.3. Un inhibiteur compétitif est un analogue structural du substrat, il a donc le même site de liaison à l'enzyme. Pour cette raison il entraîne une diminution de  $1/K_m$  donc une augmentation du  $K_m$  (diminution de l'affinité de l'enzyme pour son substrat) mais il ne modifie pas la  $v_{i\max}$ .



3.1. ATP = Adénosine triphosphate ; Composé riche en énergie

3.2. Localisation : membrane interne mitochondriale

Phosphorylation oxydative = Synthèse ATP en réoxydant les coenzymes réduits.

La synthèse massive d'énergie sous forme d'ATP est réalisée par un mécanisme particulier, c'est la phosphorylation oxydative. Elle constitue un ensemble de réactions de transfert d'électrons permettant ainsi la réoxydation des coenzymes réduits où l'accepteur final d'électron est le dioxygène.

3.3. Les voies pour NADH et  $FADH_2$  : glycolyse, décarboxylation oxydative du pyruvate et cycle de Krebs

3.4. 36 ATP formés par glucose oxydé

1- Glycolyse anaérobie : 1 Glc donne 2 PU (pyruvate) + 2 ATP + 2 NADH,  $H^+$  + 2  $H_2O$

2- Décarboxylation oxydative (via PU déshydrogénase) : 2 PU donnent 2 Acétyl-CoA + 2 NADH,  $H^+$  + 2  $CO_2$

3- Cycle de Krebs (oxydation de l'acétyl-CoA) : 2 Acétyl-CoA donnent 6 NADH,  $H^+$  + 2  $FADH_2$  + 4  $CO_2$  + 2 ATP

4- Chaîne respiratoire mitochondriale (oxydation de tous les coenzymes réduits précédents, couplée à la synthèse d'ATP)

Il faut se souvenir que 1 NADH,  $H^+$  = 3 ATP et 1  $FADH_2$  = 2 ATP :

-	10	NADH, $H^+$	=	10	x	3	=	30	ATP
-	2	$FADH_2$	=	2	x	2	=	4	ATP

Bilan final : 2 + 2 + 30 + 4 = 38 ATP

Pour pouvoir oxyder les NADH,  $H^+$  de la glycolyse au niveau de la chaîne respiratoire mitochondriale, ces 2 NADH,  $H^+$  du cytosol produits doivent franchir les membranes mitochondriales externe et interne, et entrer dans la mitochondrie. Et pour entrer dans la mitochondrie, il existe 2 possibilités de transporteurs : dont la Navette Glycérol-1-Phosphate :

Les 2 NADH,  $H^+$  nous donnent 2 x 2 = 4 ATP au lieu des 6 attendus, soit une différence de 2 ATP sur le bilan global et donc un bilan de 38 - 2 = 36 ATP.

3.5. Acide gras en  $C_6$  donc comparable au glucose

Les AG sont plus énergétiques car pour un AG à 6C, le bilan énergétique est de 44 ATP. Or pour le glucose 36 ATP

## SCIENCES DES ALIMENTS

### 1. ETUDE DE QUELQUES MATIERES PREMIERES

- 1.1.1. - disque germinatif - chambre à air  
 - albumen ou blanc - chalaze  
 - vitellus ou jaune - membrane coquillère externe  
 - membrane coquillère interne
- 1.1.2. - Ovalbumine (la plus abondante)  
 - Autres protéines : conalbumine, ovomucoïde, lysozyme, ovomucoïde, ovomucine, ovoinhibiteur, ovoglycoprotéine, flavoprotéine, ovomacroglobuline, ficine, avidine...
- 1.1.3. VB : aptitude d'une protéine à apporter les acides aminés essentiels en proportion satisfaisante.  
 CUD : coefficient d'utilisation digestive. Il exprime le rendement digestif d'un aliment (le pourcentage de la quantité absorbée (passage dans le sang après digestion) sur la quantité ingérée. (I-Fe/I).

$$CUD = \frac{\text{protéines}_{\text{ingérées}} - \text{protéines}_{\text{fécales}}}{\text{protéines}_{\text{ingérées}}}$$

Le blanc d'œuf contient un facteur antitrypsique (ovomucoïde). Les protéines ne sont alors que partiellement digérées et ne peuvent donc pas être totalement absorbées.

1.1.4. -Test de flottation dans l'eau salée : l'œuf coquille est placé dans de l'eau salée (12%), s'il coule il est frais (chambre à air de petite taille), plus il flotte, plus il est vieux (le volume de la chambre à air augmente avec le temps car l'œuf se déshydrate). Ou mesure de la taille de la chambre à air par mirage.

- Mesure de l'indice d'Haugh, c'est la mesure de la hauteur du blanc dense d'un œuf cassé sur une surface plane (le blanc se liquéfie au cours du temps ce qui diminue la hauteur du blanc dense).
- Mesure du pH du blanc l'œuf qui a tendance à s'alcaliniser au cours du temps par perte de dioxyde de carbone.

- 1.2.1. Le saccharose  
 1.2.2. La betterave sucrière

### 2. FABRICATION DE LA PÂTE

- 2.1. Blé dur : **pâtes, semoules**  
 Blé tendre : **pain, pâtisserie**, nutrition animale, ...  
 Epeautre : muesli, agriculture biologique
- 2.2. - Les constituants protéiques du gluten sont : la gliadine et la gluténine.  
 - Gliadine : protéine globulaire riche en ponts disulfure intra-chaines, responsable de l'extensibilité du gluten.  
 - Gluténine : protéine fibreuse riche en ponts disulfure inter-chaines, responsable du pouvoir élastique et allergique du gluten.
- 2.3. Les protéines du blé contiennent peu de lysine (en quantité inférieure à l'équilibre alimentaire) ; or la lysine est un acide aminé essentiel (donc il n'est pas synthétisable par l'organisme). Une alimentation exclusive en blé conduirait à une carence en lysine. Le blé doit être complété en légumineuse ou en protéines animales, qui contiennent de la lysine en quantité suffisante.
- 2.4. Le type correspond à la teneur minérale (ou taux de cendres) après incinération de 100 g d'extrait sec de farine. Le type 80 correspond donc à 80 cg de masse de cendres pour 100 g d'extrait sec de farine (ou 0,8 % en g pour 100g).
- 2.5. La farine complète, par rapport à une farine T45 et T55, **a pour avantage** d'apporter plus de protéines (protéines de l'assise protéique plus riche en acides aminés indispensables), plus de sels minéraux, plus de fibres facilitant le transit intestinal et moins calorique (les fibres n'étant pas digérées). **Mais en contrepartie**, la farine complète contient tout le son qui apporte de l'acide phytique qui complexe les ions bivalents (calcium et magnésium), empêchant leurs absorptions ce qui est nocif à la santé. De plus le son est la partie du grain la plus contaminée par les mycotoxines et les résidus de produits phytosanitaires. C'est le pain T80 qui apporte le meilleur compromis entre apport nutritionnel bénéfique et faible taux d'acide phytique (antinutritionnel), mycotoxines et pesticides.
- 2.6. - Op.U<sub>1</sub> = nettoyage (débarrasse le blé des grosses particules) ;  
 - Op.U<sub>2</sub> = triage (débarrasse le blé des graines étrangères) ;  
 - Op.U<sub>3</sub> = époutage (brossage) ;  
 - Op.U<sub>4</sub> = humidification ;  
 - Op.U<sub>5</sub> = mouture ;  
 - Op.U<sub>6</sub> = tamisage avec plansichter inférieur = farine , plansichter supérieur = semoules

Remarque : l'épointage (le broissage) se fait généralement après l'humidification, le gonflement des grains facilitant l'élimination des poussières présentes dans le sillon.

2.7. C'est la réaction de Maillard (ou brunissement non enzymatique). Elle se produit entre des glucides réducteurs et des amines. Elle forme les mélanoidines polymères colorés en brun et les pyrazines améliorant les qualités organoleptiques (goût, odeur et couleur) mais contribuant à la toxicité.

### 3. FABRICATION DE LA FARCE

3.1.1. - Après la mort arrêt de la circulation sanguine ;

- Plus d'apport en dioxygène
- Glycolyse anaérobie qui entraîne la production d'acide lactique et l'acidification du milieu ;
- Inhibition des enzymes de la glycogénolyse et de la glycolyse : arrêt de la production d'ATP
- Formation du complexe acto-myosine irréversible

3.1.2. Pendant la maturation libération des enzymes des lysosomes et notamment des cathepsines qui hydrolysent les sarcomères au niveau des stries Z ce qui entraîne le relâchement et l'attendrissement de la viande. De plus pendant la maturation, ADP et AMP sont dégradés en IMP, puis inosine puis hypoxanthine qui sont des exhausteurs de goût et donc améliore les qualités organoleptiques de la viande maturée.

3.1.3. Si l'animal est stressé par l'abattage, ou si le refroidissement des carcasses se fait trop lentement la viande va s'acidifier exagérément, le pHi des protéines étant atteint, les protéines ne retiendront plus l'eau, les viandes seront exsudatives (viandes PSE). Après une congélation trop lente, les cristaux de glace étant trop gros, ils vont léser les cellules musculaires et rendre la viande exsudative.

3.1.4. Dans le cas des emballages sous atmosphère protectrice, le CO<sub>2</sub> permet d'abaisser le pH et d'inhiber la croissance bactérienne et fongique de la flore aérobie de surface de la viande.

3.2.1. Cette propriété se nomme le pic climactérique, phénomène de murissement après récolte lié à la synthèse d'éthylène et à l'augmentation de la respiration cellulaire. L'éthylène, agissant comme une hormone sur les tissus possédant des récepteurs, stimule les réactions métaboliques de murissement.

3.2.2. Pour maîtriser la conservation il faut conserver au **froid** pour ralentir la respiration et la production d'éthylène, maintenir un **taux d'humidité de l'air** adéquate pour éviter la déshydratation sans favoriser le développement microbien, priver le végétal de **dioxygène** pour limiter la respiration et la production d'éthylène (dioxygène dépendant) et maîtriser la **luminosité** qui peut stimuler le métabolisme cellulaire.

### 4. EMBALLAGE

4.1. - Au réfrigérateur à 4-6°C, pour inhiber la flore microbienne mésophile ;

- Sous atmosphère protectrice, c'est à dire sous atmosphère enrichie en CO<sub>2</sub>, et appauvrie en O<sub>2</sub> pour ralentir le développement microbien et les phénomènes d'oxydation ;

- Un emballage hermétique protège des contaminations extérieures et limite la déshydratation du pâté.

4.2. La viande de porc et la coule d'œuf.

4.3. Le film de scellage doit être compatible avec les aliments c'est à dire **inerte** (pas de migration de composés de l'emballage vers le produit), **impermeable** aux microorganismes, aux gaz et à la vapeur d'eau pour maintenir l'atmosphère protectrice.

## GÉNIE INDUSTRIEL

### 1. FABRICATION DE COULE D'ŒUF ENTIER : ULTRAFILTRATION

1.1.

Annexe n°2	Type de filtration (selon le flux de produit)	Taille des particules retenues	Pression de filtration (bar)
FILTRATION	Filtration frontale	> 100 µm	1 bar
ULTRAFILTRATION	Filtration tangentielle	Seuil de coupure compris entre 2 et 200 nm	2 à 5 bars

1.2. - Filtration du jaune et blanc : retenir les impuretés solides (débris coquilles), membranes, embryon, ...

- Ultrafiltration : concentrer les protéines de l'œuf et les lipoprotéines.

1.3. L'œuf étant un produit visqueux, le risque de colmatage des membranes est minimisé par la technologie spirale alors que les membranes tubulaires sont munies de capillaires. De plus, la surface de filtration est nettement supérieure pour le même encombrement.

## 2. FABRICATION DE COULE D'ŒUF ENTIER : PASTEURISATION

2.1. La pasteurisation est un traitement thermique qui permet de réduire significativement la flore végétative et de détruire les bactéries pathogènes non sporulées présentes dans un produit. Dans le process, c'est la dernière étape où cette destruction peut être réalisée.

2.2.1. La valeur pasteurisatrice est la durée, en minutes, d'un traitement thermique appliqué à cœur du produit à la température de référence (70 °C ici) qui aurait la même efficacité de destruction sur *Enterococcus faecalis* que le traitement étudié appliqué à des températures variables.

$$VP = \Delta t / \Delta t^* \times 10^{(T - T_{ref})/z}; \text{ soit } VP = 2,5/1 \times 10^{(64,4-70)/7} = 0,4 \text{ min} = 24 \text{ s}$$

2.2.2. La VP du barème appliqué (24 s) est supérieure à la VP de référence (20 s), le traitement est donc conforme.

2.2.3. À 70 °C les protéines du mélange de blanc et de jaune coagulent.

(Coagulation des protéines du blanc d'œuf entre 57 et 62 °C et pour les protéines du jaune d'œuf entre 65 et 70 °C).

2.3.1. Le chambreur est le lieu où le produit est maintenu à la température de traitement pendant un temps défini, c'est le lieu d'application du barème de pasteurisation

1. Fluide caloporteur chaud
2. Zone de chauffe du produit
3. Fluide caloporteur refroidi
4. Préchauffe du produit
5. Pré refroidissement du produit
6. Eau froide
7. Zone de refroidissement du produit
8. Eau tiède

2.3.2. Le volume du chambreur étant constant on a :

$$D_B = (D_A \times t_A) / t_B$$

$$D_B = (100 \times 2) / 2,5 = 80 \text{ L.h}^{-1}$$

2.4. - eau + détergent alcalin à 60 °C pendant 10 minutes → permet d'éliminer le produit du circuit, de décoller les souillures et de solubiliser les substances organiques

- eau à 60 °C pendant 10 minutes → rinçage pour éliminer le détergent alcalin

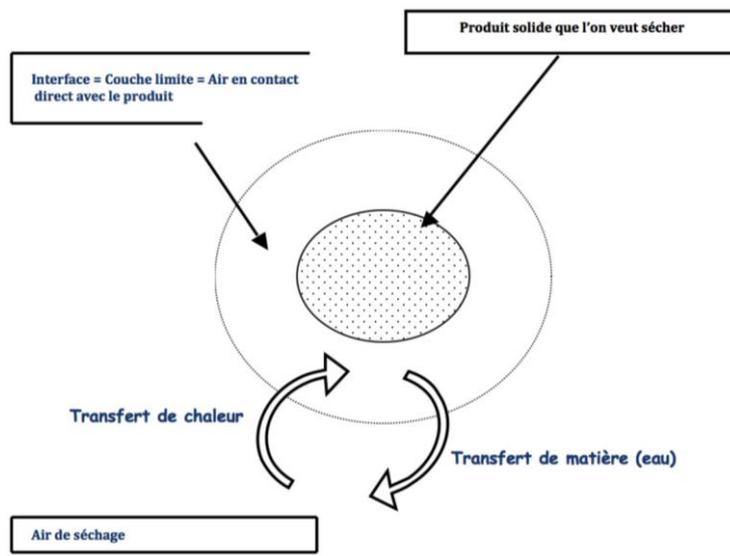
- acide chlorhydrique à 60 °C pendant 10 minutes → élimination des substances minérales

- eau à 40 °C pendant 10 minutes → rinçage pour éliminer l'acide chlorhydrique

Remarque : ce traitement est possible parce que le pasteurisateur est en inox.

## 3. FABRICATION DE POUDRE DE CURCUMA : SECHAGE

3.1.



3.2.1. Bilan matière global

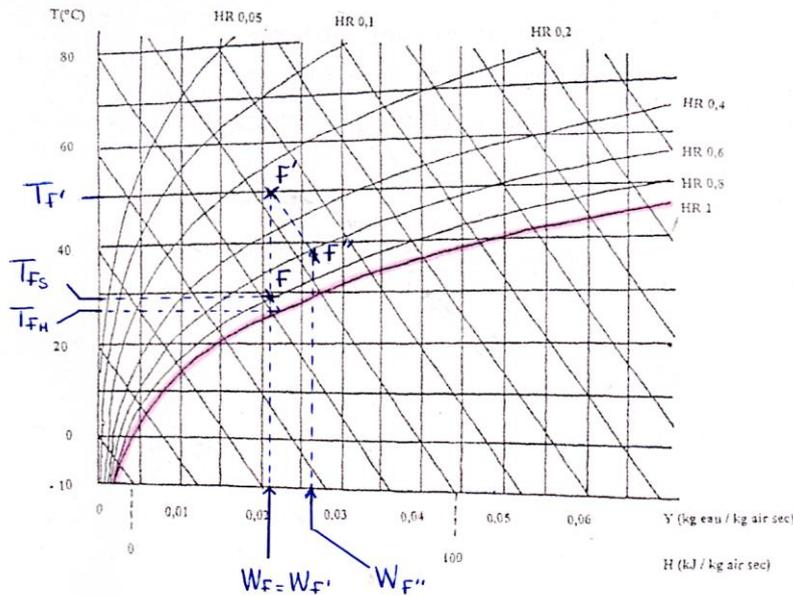
$$\text{Masse d'eau } E = 40 - 29,1 = 10,9 \text{ kg}$$

$$CE = E / t; \text{ donc } CE = 10,9 / 8 = 1,362 \text{ kg d'eau.h}^{-1}$$

3.2.2. Oui, il permet d'augmenter la surface d'échange ce qui permet une CE plus importante.

3.3.1.

**DIAGRAMME ENTHALPIQUE DE L'AIR HUMIDE  
MOYENNES TEMPERATURES**



3.3.2. D'après le diagramme  $W_F = 0,021$  kg d'eau par kg d'air sec.

3.3.3.  $W_{F'} = CE / Q_{air} + W_F$

$$W_{F'} = 1,362 / 272 + 0,021 = 0,026 \text{ kg d'eau par kg d'air}$$

On peut placer  $F''$  sachant que  $H_{F'} = H_{F''}$  et que  $W_{F'} = 0,026$  kg d'eau par kg d'air

3.3.4. La CES correspond à la quantité d'énergie qu'il faut dépenser pour évaporer 1 kg d'eau.

\* 1<sup>ère</sup> méthode de calcul en utilisant le diagramme :

$$CES = \Delta H_m / \Delta \text{humidité air} = (106-82) / (0,026-0,021) = 4800 \text{ kJ / kg eau}$$

\* 2<sup>ème</sup> méthode de calcul :

$$CES = \Phi_{air} / CE \text{ avec } \Phi_{air} = Q_{air} \times C_p \text{ air} \times (T_{F'} - T_F)$$

$$\text{donc } CES = (272 \times 1,004 \times (50-29)) / 1,362 = 4211 \text{ kJ / kg eau}$$

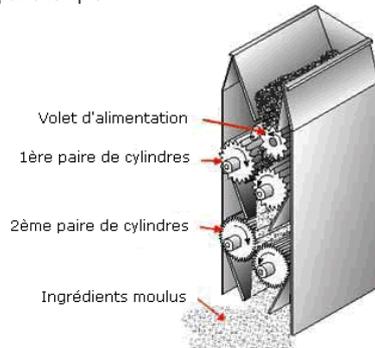
\* 3<sup>ème</sup> méthode de calcul :

$$CES = \Phi_{air} / CE \text{ avec } \Phi_{air} = Q_{air} \times (H_{F'} - H_F)$$

$$\text{donc } CES = (272 \times (106-82)) / 1,362 = 4793 \text{ kJ / kg eau}$$

## 4. FABRICATION DE LA POUDRE DE CURCUMA : BROYAGE

### 4.1. Broyeur à cylindres cannelés par exemple



4.2. Les particules de poudre peuvent s'agglomérer (l'augmentation de l'humidité est trop faible pour entraîner un risque de multiplication microbienne).

- 4.3. - Émission de particules fines de poudre → utilisation d'un collecteur à poussière sur le broyeur, port de masque.  
- Risque d'introduction au niveau des cylindres → carénage de protection  
- Nuisance sonore → port d'un casque anti-bruit.

## 5. CONTRÔLE DE LA POUDRE DE CURCUMA

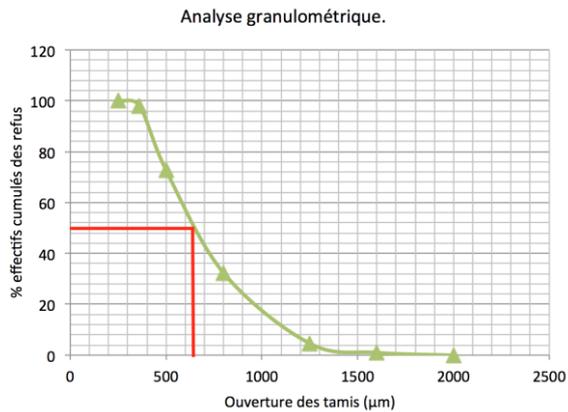
5.1. L'analyse granulométrique s'effectue à l'aide de tamis normalisés, empilés les uns sur les autres, le tamis supérieur étant celui qui a la plus grande ouverture (maille la plus grande).

□ Une prise d'essai connue de matière est placée au-dessus de ce tamis et la pile de tamis est secouée automatiquement pendant un temps donné.

□ Pendant cette période d'agitation, les particules se répartissent sur les différents tamis selon leur ténuité (granulométrie). Le produit restant dans chaque tamis est alors recueilli et pesé.

□ L'établissement du profil granulométrique permet de déterminer la maille théorique de coupure.

### 5.2.1.



Détermination graphique de la valeur de la maille théorique de coupure : 630  $\mu\text{m}$

Remarque : La maille théorique de coupure correspond à 50 % effectifs cumulés des refus.

5.2.2. La maille théorique de coupure de référence est de 500  $\mu\text{m} \pm 10\%$  soit entre 450 et 550  $\mu\text{m}$ . On trouve 630  $\mu\text{m}$  donc le lot de poudre n'est pas conforme, les grains sont trop gros.

## 1. MISE EN PLACE DE LA NOUVELLE FABRICATION

1.1.1. Direction Départementale de la Protection des Populations.

1.1.2. Les DDPP rassemblent les directions départementales des services vétérinaires (DDSV) et les directions départementales de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (DDCCRF).

1.1.3. *Attention, il s'agit des procédures d'encadrement, et pas des enregistrements (fiches) de suivi.*

Les deux procédures devraient présenter un cartouche :

- Informations relatives à la source : entreprise, rédacteur / vérificateur / approuvateur
- Informations relatives au document : type (procédure) et titre, informations de gestion (n° de code, date, version, statut), pagination.

Informations relatives à la gestion des produits non-conformes : Responsabilité : opérateurs concernés, Définitions des termes utilisés dans la procédure, Procédure : identification de la non-conformité, isolement du produit, établissement d'une fiche de non-conformité, traitement du produit non-conforme (analyses complémentaires, déclassement, rebut), Documents associés : fiche / enregistrement de non-conformité, optionnellement renvoi aux documents d'actions correctives et préventives.

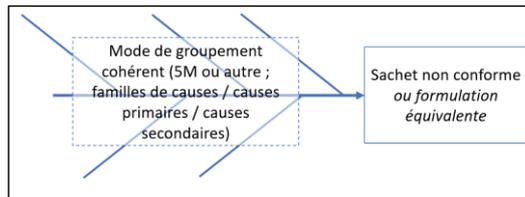
Informations relatives au retrait/rappel :

Responsabilité : opérateurs concernés, Définitions des termes utilisés dans la procédure, Procédure : identification du lot correspondant, identification du/des clients et des stocks (lien avec le système de traçabilité en interne et en aval), démarche de contact des clients, démarche de retrait des stocks, si danger démarche d'alerte des autorités (DDPP), Documents associés : fiche de non-conformité, système de traçabilité (facture(s) et bons de livraison).

1.2.1. CCP : *Critical Control Point* en français point critique pour la maîtrise (du danger).

1.2.2. Un CCP peut être traité de manières diverses – en particulier, la notion de limite critique incite à une approche quantitative ciblée sur les paramètres de la pince (200 °C, 5 min), mais on peut aussi accepter une approche plus binaire (scellage réussi ou non). Le tableau (page suivante), présente plusieurs variantes possibles. Il faut évidemment que la solution proposée soit cohérente.

1.3.1. Diagramme de causes et d'effet, dit d'Ishikawa, *en respectant un mode de groupement cohérent (ici les 5 M, mais un autre judicieux peut être accepté). Normalement, on devrait présenter les causes principales et les causes secondaires, mais le corrigé proposé ne l'exigeait pas.*



- Méthodes : **Remplissage** : vitesse de remplissage de la sauce à la crème trop rapide, pression interne trop importante dans les sachets lors de la stérilisation. **Soudure** : temps de maintien insuffisant de la pince chauffante sur le sachet, température inadéquate de la pince chauffante.
- Main d'œuvre : Mains opérateur souillées.
- Matériel : **Doseuse** : dérèglement. **Sonde à cœur** : trop longue et endommageant le sachet.
- Matières premières : **Filet de poulet** : taille des morceaux de filets trop importants, aspect hétérogène des filets de poulet. **Sachets** : problème de maintien debout des sachets, soudures latérales sachets défectueuses.
- Milieu : **Local entreposage** : sachet poussiéreux. **Atelier de conditionnement** : contamination air.

Note : quelques items peuvent être placés en méthode, ou en matériel, selon qu'on considère que le mauvais réglage de la machine est accidentel ou structurel.

1.3.2. Document d'enregistrement, niveau 4 de la pyramide documentaire.

Tableau de la question 1.2.2.

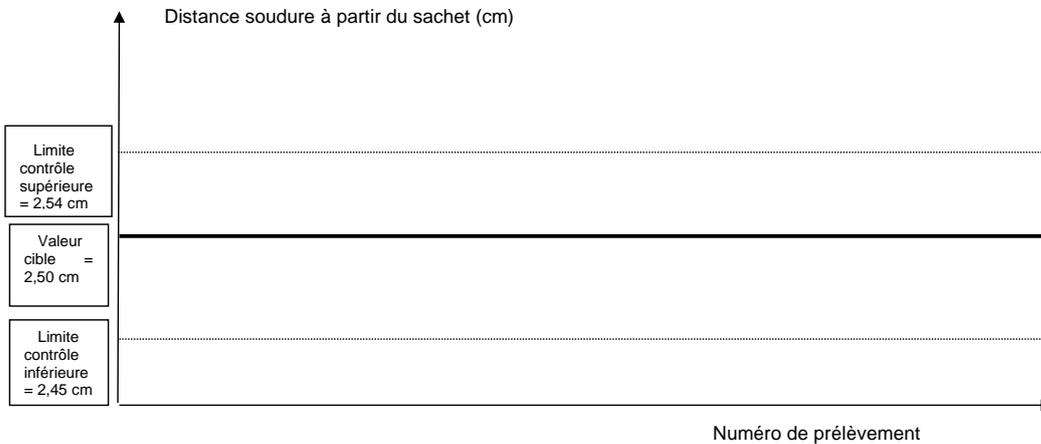
Danger : microbiologique										
Etape	N° CCP	Mesures préventives de maîtrise	Surveillance			Limites critiques = valeur cible	Causes de perte de maîtrise	Actions correctives		Références documentaires
			Paramètre surveillé	Modalités de surveillance	Références documentaires			Action(s) correctives		
Thermoscellage par pince chauffante	1	Thermoscellage efficace / réussi	Etanchéité	<p>Qui ? : Opérateur</p> <p>Quand ? : A chaque sertissage <u>ou</u> par contrôle périodique</p> <p>Comment ? : contrôle visuel <u>ou</u> test de compression, challenge-test périodique, etc.</p>	<p>Fiche d'enregistrement (« contrôle étanchéité des sachets » ou « contrôle de la pince »)</p>	<p>Thermoscellage insuffisant entraînant un défaut d'étanchéité</p> <p>Température 200 °C et sertissage pendant 2 secondes <u>ou</u> Thermoscellage insuffisant</p>	<p>Mauvais thermoscellage, pince mal réglée, sac mal positionné, personnel mal formé, etc.</p>	<p><b>Traitement immédiat (action curative) :</b> élimination des sachets ou reconditionnement</p> <p>Action correctrice sur le thermoscellage</p>	<p>Procédure de thermoscellage</p> <p>Attestation de formation des personnels</p> <p>Procédure de contrôle du thermoscellage</p> <p>Enregistrement du contrôle</p> <p>Fiche de non-conformité</p> <p>Procédure de traitement du non-conforme</p>	
				<p>Température et durée</p>	<p>Comment : contrôle des paramètres de la pince etc.</p>					

1.3.3. Si l'on précise le rédacteur dans le cartouche, attention à ne pas indiquer son nom sur un document d'examen...

ENTREPRISE X	Document d'enregistrement	<b>Facultatif :</b> <b>ENR.QUA.000</b>
	Contrôle de la distance de la soudure de thermoscellage sur sachets Doypack	Indice 1 Date : 00.00.2017

**Référence à la procédure des modalités de contrôle**

Désignation produit :                      Date :                      Numéro de lot :



**Référence aux documents de non-conformité à associé en cas d'anomalie relevée : procédure de traitement du non-conforme, fiche d'enregistrement.**

Visa opérateur contrôle distance soudure :

*Note : le corrigé proposait des éléments sur les modalités du contrôle et sur les actions en cas de non-conformité, mais formellement il s'agit d'éléments à mettre dans la procédure du contrôle, leur rappel ici est donc optionnel.*

**1.3.4.** 2 points sont hors des limites de contrôle : points 8 et 16. Les sachets correspondants à ces lots, et aux lots périphériques peuvent poser problème ; ces non-conformités doivent être traitées : tracer (enregistrement) et agir (actions curatives, correctrices, préventives). En cas de causes assignables identifiées, il conviendra de recalculer les paramètres de la carte de contrôle – note : ce dernier commentaire n'a pas été exigé car dans le contexte s'y prêtait peu, mais c'est la suite classique de la démarche à suivre.

**2. ÉVALUATION DU NOUVEAU FOURNISSEUR**

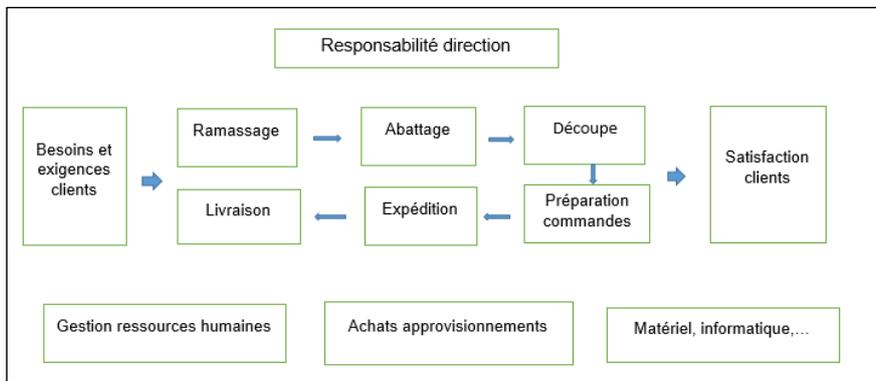
**2.1.1.** Audit : Examen indépendant, systématique et documenté en vue de déterminer si les exigences sont satisfaites. Ici il s'agit d'un audit externe seconde partie, dit audit fournisseur.

**2.1.2.** 1. Planification 2. Préparation 3. Ouverture et réalisation 4. Rapport 5. Exploitation/Suivi/Clôture 6. Archivage.

**2.1.3.** Pour la non-conformité constatée, il faut : Isoler et identifier le lot. Rechercher les causes. Définir les solutions possibles (actions curatives / correctives). Définir un responsable pour l'action et le délai. Suivre la mise en œuvre et l'avancement. S'assurer de l'efficacité des solutions mises en œuvre. Libérer le lot.

**2.2.1.** Un processus est un ensemble d'activités corrélées ou interactives qui transforme des éléments d'entrée en éléments de sortie.

**2.2.2.**



**2.2.3.** Voir page suivante

**2.2.4.** - *Dénomination produit* : Filet de poulet, sauce à la crème et aux lentilles

- *Ingrédients par ordre décroissant avec obligatoirement le % pour les ingrédients cités dans l'intitulé* : Poulet (filet, 40%), crème (18%), lentilles (10%), vin blanc, farine, sel, poivre, épices.

- *Les allergènes* (farine, crème, optionnellement vin blanc à cause des sulfites) doivent être mis en évidence (cités à part, ou en souligné par exemple)

- *Quantité nette* : 200 g

- *DDM* : au choix (pas de DLC, s'agissant d'un produit stérilisé)

- *Conditions de conservation* : par exemple à conserver dans un endroit sec.

- *Nom ou raison sociale et adresse de l'exploitant* : Entreprise X – adresse imaginaire mais ne permettant pas d'identifier l'origine du candidat.

- *Conseil d'utilisation du produit* : Réchauffer au micro-ondes après avoir pratiqué une ouverture de quelques centimètres en haut du sachet.

- *Valeurs nutritionnelles* : citer sans donner de précision, non indiquées dans le sujet

- *N° de lot* : format libre

- *Estampille sanitaire* : obligatoirement 57.104.001

2.2.3. Note : certains items peuvent avoir été développés de manière variable, le correcteur n'attendait pas forcément les réponses exhaustives ci-dessous.

<b>Processus DÉCOUPE</b>
Propriétaire : Responsable découpe

OBJECTIF : fournir des produits de découpe de volaille à l'atelier conditionnement en temps voulu, en quantités nécessaires et en qualité			
Éléments d'entrée	Qui	Activités	Éléments de sortie
Volailles identifiées venant de l'abattoir	Découpeurs	Gestion des produits avant découpe	Contenants avec produits de découpe identifiés
Produits déclassés		Découpe des produits	
Volaille négoce		Identification des produits découpés	Co-produits et déchets
Consommables		Évacuation des co-produits et déchets	
		Nettoyage et désinfection du matériel et des locaux	
Indicateurs de performance	Contrôles visuels Contrôles de laboratoire (pesée, microbiologie...) Débit (nombre par heure) Mesure de la satisfaction des clients : réclamations, retour... Contrôle du nettoyage désinfection		
Moyens	Scies, petit matériel, balances, thermomètres		
Moyens de surveillance	Traçabilité, productivité		
Processus associés	En amont	Abattage	
	En aval	Préparation des commandes	
Documentation associée	Formation du personnel (boucherie) Instructions des procédés de découpe et de conditionnement Instructions de nettoyage et désinfection		

### 3. CONTRÔLE A RÉCEPTION DES SACHETS DOYPACK

3.1. NQA = Niveau de Qualité Acceptable. Pourcentage d'éléments non conformes qui ne doit pas être dépassé en moyenne pour qu'une série de lots soit considérée comme acceptable. Objectif minimum de qualité entre un client et son fournisseur (≠ NQL qui concerne un lot unique).

3.2. A = 7 et R = 8 : Lots 1, 2 et 3 = contrôles conformes ; Lots 4 et 5 non conformes donc passage en contrôle renforcé avec A = 5 et R = 6 ; Lots 6, 7, 8, 9 et 10 conformes donc retour en contrôle normal pour le lot 11 ; Lots 11 et 12 conformes.

#### **4. CERTIFICATION D'ENTREPRISE**

**4.1. *International Featured Standard.*** L'IFS est à la fois un référentiel sur la qualité et sur la sécurité alimentaire (anciennement *International Food Standard*), élargi à la gestion de la qualité chez les fournisseurs de la grande distribution, tous secteurs confondus.

**4.2.** Ce référentiel international est, dans la grande majorité des cas, un critère décisif de référencement des industries agroalimentaires auprès de la grande distribution (France, Allemagne et Italie notamment, mais également dans toute l'Europe voir le monde entier).



**<http://www.upbm.org>**

Vous trouverez sur notre site le catalogue avec possibilité d'édition des bons de commande.  
Dès que possible, des corrigés complémentaires ou des erratums seront en ligne.