

ANNALES

BTS BIOANALYSES

ET CONTRÔLES

Sessions 2024 et 2025

Avec éléments de corrigés

Nous remercions monsieur Sylvain ANDRÉ (IA-IPR de biotechnologies - génie biologique) pour la transmission des sujets ainsi que les professeurs de l'enseignement technologique et général qui ont participé à la collecte des sujets, aux relectures et propositions de corrigés Lydie NOSSEREAU, mais aussi Bruno DURAND, Marie-Hélène SAKR, Sylvia BETTIG et Bertrand TOKARSKI.

978-2-491571-00-9



Éditions UPBM-ÉDILION

Avenue Andreï Sakharov

69339 Lyon Cedex 9

[http:// www.upbm.org](http://www.upbm.org)

Sujets avec correctifs et corrections collectés et mis en page par Nathalie GERAULT.

RÈGLEMENT D'EXAMEN

			Voie scolaire, apprentissage, formation professionnelle continue dans les établissements publics, privés non habilités, enseignement à distance et candidats justifiant de 3 ans d'expérience professionnelle	Formation professionnelle continue dans les établissements publics habilités	
Épreuves	Unités	Coef	Type d'épreuve	Durée	Forme
E1 Anglais	U10	2	CCF : 2 épreuves en fin de deuxième année		2 situations d'évaluation
E2 Mathématiques et Sciences physiques et chimiques		5		4 h	
Sous-épreuve de mathématiques	U21	2	Écrit	2 h	
Sous épreuve de sciences physiques et chimiques	U22	3	Écrit	2 h	
E3 Biochimie, biologie et technologies d'analyse		9		8 h	
Sous-épreuve de biochimie et technologies d'analyse	U31	3	Écrit	3 h	
Sous épreuve de microbiologie et technologies d'analyse	U32	3	Écrit	3 h	
Sous épreuve de biologie cellulaire et moléculaire (BCM) et technologies d'analyse	U33	3	Écrit	2 h	
E4 Sciences et technologies bio-industrielles (STBI)	U40	3	Écrit	2 h	
E5 Techniques d'analyses et de contrôles et opérations unitaires		10		2 x 12 h maxi	
Sous-épreuve de techniques de biochimie	U51	4	CCF 2 épreuves en fin de première et deuxième année	4 h maxi	2 situations d'évaluation pratique en laboratoire
Sous épreuve de techniques de microbiologie	U52	4	CCF 2 épreuves en fin de première et deuxième année	6 h maxi	2 situations d'évaluation pratique en laboratoire
Sous épreuve de techniques de biologie cellulaire et moléculaire	U53	2	CCF 2 épreuves en fin de première et deuxième année	3 h maxi	2 situations d'évaluation pratique en laboratoire
E6 Soutenance de projet	U60	4	Oral	45 min	
Épreuve facultative (*) : langue vivante étrangère	UF1	1	Oral	20 min	
Épreuve facultative (*) : engagement étudiant	UF2	1	Oral	20 min	
Session de rattrapage			Oral	20 min	2 oraux dans le domaine général si au moins 10/20 dans le domaine professionnel

(*) points au-dessus de la moyenne

Table des matières

SESSION 2024 - Sujets.....	1
Sujet de mathématiques 2024	2
Sujet de sciences physiques et chimiques 2024	7
Sujet de biochimie et technologies d'analyse 2024.....	13
Sujet de microbiologie et technologies d'analyse 2024	21
Sujet de biologie cellulaire et moléculaire et de technologies d'analyse 2024	28
Sujet de sciences et technologies bioindustrielles 2024	35
SESSION 2025 - Sujets.....	43
Sujet de mathématiques 2025	44
Sujet de sciences physiques et chimiques 2025	48
Sujet de biochimie et technologies d'analyse 2025.....	53
Sujet de microbiologie et technologies d'analyse 2025	63
Sujet de biologie cellulaire et moléculaire et technologies d'analyse 2025	71
Sujet de sciences et technologies bioindustrielles 2025	80
SESSION 2024 - Éléments de corrigé	87
Éléments de corrigé de mathématiques 2024.....	88
Éléments de corrigé de sciences physiques et chimiques 2024	91
Éléments de corrigé de biochimie et de technologies d'analyse 2024	94
Éléments de corrigé de microbiologie et de technologies d'analyse 2024	96
Éléments de corrigé de BCM et de technologies d'analyse 2024	99
Éléments de corrigé de sciences et technologies bioindustrielles 2024	101
SESSION 2025 - Éléments de corrigé	103
Éléments de corrigé de mathématiques 2025.....	104
Éléments de corrigé de sciences physiques et chimiques 2025	107
Éléments de corrigé de biochimie et de technologies d'analyse 2025	109
Éléments de corrigé de microbiologie et de technologies d'analyse 2025	111
Éléments de corrigé de biologie cellulaire et moléculaire et de technologies d'analyse 2025	113
Éléments de corrigé de sciences et technologies bioindustrielles 2025	115

SESSION 2024 - Sujets

Sujet de mathématiques 2024

La calculatrice en mode examen est autorisée ainsi que l'usage de calculatrice sans mémoire « type collège »

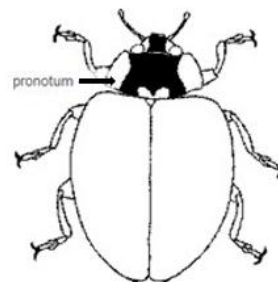
EXERCICE 1 (10 points)

Les questions 1) à 5) de cet exercice peuvent être traitées indépendamment les unes des autres.

Les probabilités seront arrondies à 10^{-3} .

De par la diversité des coccinelles, on peut utiliser deux critères pour reconnaître certaines espèces de coccinelles :

- La taille de la coccinelle ;
- Le type de pronotum (le pronotum est la face dorsale d'une partie du thorax de la coccinelle : voir dessin ci-contre).



Un type de pronotum répandu est le pronotum dit de type P.

- On s'intéresse à toutes les coccinelles présentes dans une forêt d'Europe. Des études statistiques montrent que :
 - 25 % des coccinelles présentes dans cette forêt ont une taille inférieure ou égale à 5 mm ; parmi les coccinelles qui ont une taille inférieure ou égale à 5 mm, 40 % ont un pronotum de type P ;
 - Parmi les coccinelles présentes dans cette forêt de taille strictement supérieure à 5 mm, 68 % ont un pronotum de type P.

Dans cette forêt, on prélève au hasard une coccinelle. On appelle :

- T l'évènement : « la coccinelle a une taille inférieure ou égale à 5 mm » ;
- P l'évènement : « la coccinelle a un pronotum de type P ».

On note $\bar{T}$ l'évènement contraire de l'évènement T et $\bar{P}$ l'évènement contraire de l'évènement P .

- Sur l'**annexe qui sera à rendre avec la copie**, compléter l'arbre modélisant la situation décrite ci-dessus.

Pour les questions b à d, on prélève au hasard une coccinelle dans la forêt.

- Déterminer la probabilité de l'évènement A : « la coccinelle prélevée a une taille inférieure ou égale à 5 mm et n'a pas un pronotum de type P ».
- Déterminer la probabilité de l'évènement B : « la coccinelle prélevée dans la forêt n'a pas un pronotum de type P ».
- Déterminer la probabilité que la coccinelle prélevée soit de taille inférieure ou égale à 5 mm sachant qu'elle n'a pas un pronotum de type P.

- Les critères « avoir une taille moyenne inférieure ou égale à 5 mm » et « ne pas avoir un pronotum de type P » caractérisent une espèce particulière : la coccinelle à deux points.

On appelle X la variable aléatoire qui, à tout échantillon de 10 coccinelles prélevées au hasard dans cette forêt, associe le nombre de coccinelles à deux points dans l'échantillon. La population de coccinelles de la forêt est suffisamment importante pour que ce prélèvement soit assimilé à un tirage avec remise. On admet que la probabilité de prélever au hasard dans la forêt étudiée une coccinelle à deux points est égale à 0,15.

- Donner la loi suivie par la variable aléatoire X et préciser ses paramètres. On ne justifiera pas la réponse.
- On prélève au hasard 10 coccinelles dans la forêt étudiée. Calculer la probabilité d'avoir au moins une coccinelle à deux points dans le prélèvement.

3. On considère un élevage de coccinelles. On note L la variable aléatoire qui, à chaque coccinelle de l'élevage associe sa taille. On estime que cette taille exprimée en mm suit la loi uniforme sur l'intervalle $[3 ; 6]$.
- On prélève au hasard une coccinelle dans cet élevage. Quelle est la probabilité que sa taille soit comprise entre 4 mm et 5 mm ?
 - Quelle est la taille moyenne des coccinelles dans cet élevage ?
4. On s'intéresse ici à la ponte d'une espèce particulière de coccinelles : les coccinelles à deux points. On modélise le nombre d'œufs par ponte à l'aide d'une variable aléatoire U qui suit la loi normale d'espérance égale à 35 et d'écart-type égal à 6.
- Donner le nombre moyen d'œufs par ponte d'une coccinelle à deux points.
 - Calculer la probabilité $p(31 \leq U \leq 39)$.
 - Déterminer un nombre entier h tel que : $p(35 - h \leq U \leq 35 + h) \approx 95$ à 10^{-2} près. Interpréter sous forme d'une phrase la probabilité correspondante dans le contexte.
5. Une autre espèce spécifique est utilisée dans la lutte contre l'infestation des pucerons. Michel a créé un mur végétalisé. Avec effroi, il constate une infestation de pucerons. Sachant que les larves de cette espèce spécifique de coccinelles dévorent un grand nombre de pucerons, il en commande un lot de 80 larves pour traiter le mur. Le vendeur annonce que la durée de vie de ces larves, en jours, suit la loi normale d'espérance $m = 20$ et d'écart-type $\sigma = 3$.

Michel constate que la durée de vie moyenne des larves de son lot n'est que de 18 jours. Peut-il remettre en question l'annonce du vendeur au seuil de confiance de 95 % ?

On s'aidera d'un test bilatéral relatif à une moyenne pour répondre à cette question.

On rappelle la formule de l'intervalle de confiance de la moyenne :

$$\left[m - 1,96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} ; m + 1,96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right]$$

EXERCICE 2 (10 points)

Cet exercice est composé de trois parties indépendantes entre elles.

Dans une usine agroalimentaire, il y a une seule ligne de production, qui fonctionne en continu. Elle peut fabriquer deux variétés M1 et M2 d'un même produit, qui diffèrent par leur teneur en matière grasse :

- la variété M1 correspond à une teneur idéale en matière grasse de 8,6 %, soit 0,086 ;
- la variété M2 correspond à une teneur idéale en matière grasse de 15,2 %, soit 0,152.

La ligne était réglée jusqu'alors pour produire la variété M1. On injecte continûment de la matière grasse dans le produit en fabrication, sans arrêter la ligne de production, jusqu'à obtenir la variété M2. Durant cette phase de transition, la production est recyclée.

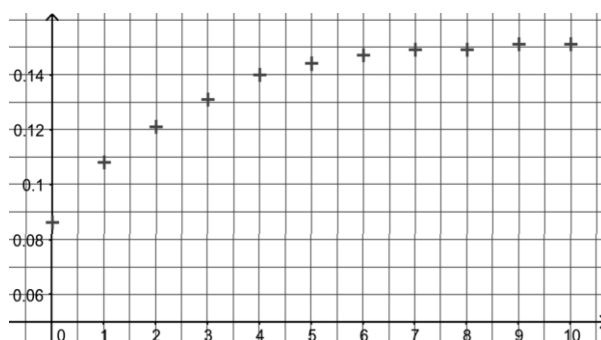
La variété M2 est considérée commercialisable par le service qualité dès que sa teneur en matière grasse dépasse 14,9 %, soit 0,149.

Partie A

La phase de transition pour passer de la variété M1 à la variété M2 est lancée. Un prélèvement est réalisé toutes les minutes pour mesurer la teneur en matière grasse du produit (le temps $t = 0$ correspond au démarrage de la période de transition). Les résultats sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

Temps t_i (en minutes)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Teneur en matière grasse y_i	0,086	0,108	0,121	0,131	0,14	0,144	0,147	0,149	0,149	0,151	0,151

- Le nuage de points $(t_i ; y_i)$ est représenté sur le graphique ci-dessous.



Un ajustement linéaire paraît-il approprié ? Pourquoi ?

2. On pose $z_i = \ln(0,152 - y_i)$. Le tableau ci-dessous donne certaines valeurs de z_i arrondies à 10^{-3} :

t_i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
z_i	- 2,718	z_1	z_2	- 3,863	-4,423	- 4,828	- 5,298	- 5,809	- 5,809	- 6,908	- 6,908

- Indiquer sur la copie les deux valeurs manquantes z_1 et z_2 du tableau, arrondies à 10^{-3} .
- À l'aide de la calculatrice, déterminer par la méthode des moindres carrés une équation de la droite d'ajustements du nuage de points $(t_i ; z_i)$ sous la forme $z = at + b$, les réels a et b étant arrondis à 10^{-3} .
- Pour cette question, on prendra $a = -0,44$ et $b = -2,7$. Déterminer une expression de la fonction y ajustant le nuage de points $(t_i ; y_i)$ dans le cadre de cette modélisation.

Partie B

1. L'étude expérimentale menée conduit à considérer la fonction C définie sur $[0 ; 10]$ par :

$$C(t) = 0,152 - 0,067e^{-0,44t}.$$

On admet que la fonction C modélise la teneur en matière grasse du produit (nombre entre 0 et 1) en fonction du temps en minutes, décompté depuis le démarrage de la période de transition.

- Calculer l'arrondi de $C(2)$ à 10^{-3} . Interpréter par rapport à la situation étudiée.
 - Calculer la dérivée de la fonction C en déduire le sens de variation de la fonction C sur $[0 ; 10]$. Ce résultat est-il cohérent avec la situation étudiée ?
2. On considère l'algorithme ci-dessous rédigée en langage naturel.

```

M prend la valeur 0
D prend la valeur 0,085
Tant que D ≤ 0,149
    M prend la valeur M+1
    D prend la valeur C(M)
Fin Tant que
Renvoyer M
    
```

Quelle est la valeur numérique renvoyée par cet algorithme lorsqu'il a été exécuté ?

Partie C

On considère la fonction f définie sur l'intervalle $[0 ; 10]$ par $f(t) = 0,152 - 0,062e^{-0,5t}$.

Le génie des procédés permet de considérer que la fonction f constitue une autre modélisation acceptable de la teneur en matière grasse du produit en fonction du temps t en minutes qui s'est écoulé à partir du démarrage de la période de transition.

On admet que le plus grand nombre réel t appartenant à l'intervalle $[0 ; 10]$ tel que $f(t) \leq 0,149$ vaut approximativement 6 au dixième près.

3. On considère la fonction F définie sur l'intervalle $[0 ; 10]$ par $F(t) = 0,152t + 0,124e^{-0,5t}$.

Vérifier que la fonction F est une primitive de la fonction f sur l'intervalle $[0 ; 10]$.

4.

a. Dédurre de la question précédente que l'arrondi à 10^{-4} de $\int_0^6 f(t)dt$ est 0,7942.

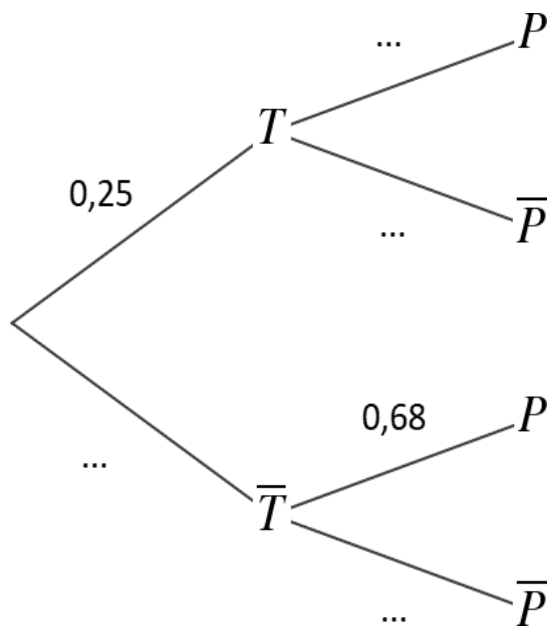
b. Hachurer sur le graphique fourni **en annexe à rendre avec la copie** le domaine dont l'aire est égale à la valeur de cette intégrale.

5. On note $\frac{1}{6} \int_0^6 f(t)dt$

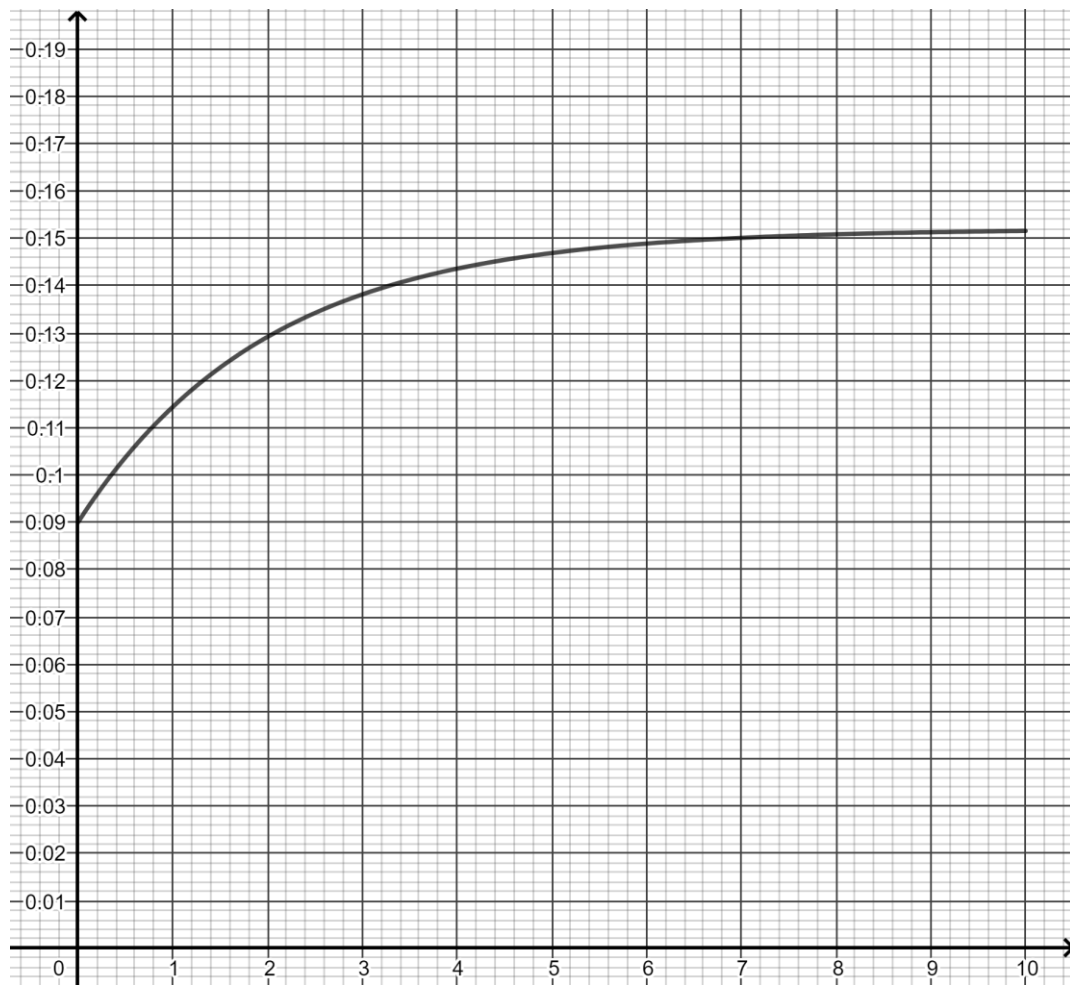
Calculer l'arrondi du réel m à 10^{-3} et interpréter la valeur obtenue dans le contexte de l'exercice.

Annexe à rendre avec la copie

Exercice 1 - Question 1 a



Exercice 2 – Partie C – Question 2 b



Sujet de sciences physiques et chimiques 2024

Matériel autorisé : calculatrice avec mode examen et calculatrice sans mémoire, « type collège »

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

S'il apparaît au candidat qu'une donnée est manquante ou erronée, il pourra formuler toutes les hypothèses qu'il jugera nécessaires pour résoudre les questions posées. Il justifiera, alors, clairement et précisément, ces hypothèses.

Le sujet, composé de quatre parties indépendantes, traite **de la valorisation d'un sous-produit de l'oléiculture et de l'analyse physico-chimique d'une huile d'olive.**

Des scientifiques étudient les utilisations ponctuelles de déchets produits par les producteurs d'olive pour diminuer les pollutions potentielles tout en garantissant de nouvelles retombées économiques grâce à la valorisation de ces sous-produits.

Le noyau d'olive est un matériau lignocellulosique principalement composée de cellulose (20,9 %), d'hémicellulose (26 %) et de lignine (35,6 %).

La forte concentration de pentoses présent dans le noyau d'olive, principalement le xylose (sucre le plus abondant dans la fraction hémicellulosique), en fait un sous-produit à fort potentiel d'utilisation pour l'obtention de furfural, composé présentant un grand intérêt. En effet, le département de l'énergie des États-Unis l'a identifié comme l'un des 30 principaux produits chimiques pouvant être fabriqués à partir de la biomasse. Certaines de ses utilisations les plus fréquentes sont dans la synthèse d'une grande variété de composés chimiques qui sont utilisés dans le raffinage du pétrole, la production de plastiques, les industries pharmaceutiques, alimentaires et agricoles.

Adaptation d'un extrait de « Microwave-assisted production of furfural from the hemicellulosic fraction of olive stones », Process Safety and Environmental Protection, Volume 152, 2021, Page 630-60, de Carmen Padilla-Rascón, Jean Miguel Romeo-Garcia, Encarnación Ruiz, Inmaculada Romero, Eulegio Castro.

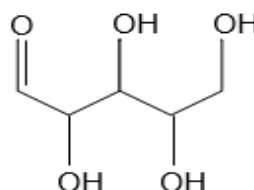
A – Utilisation de sous-produits de la production d'huile d'olive (11,5 points)

Données :

Éléments chimiques	H	C	O
Numéro atomique	1	6	8

Le xylose

La formule topologique du xylose est représentée ci-contre :

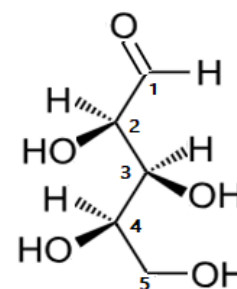


Q1. Recopier, sur la copie, la formule topologique du xylose représentée ci-dessus, entourer les groupements caractéristiques présents dans cette formule et les nommer.

Q2. Indiquer par un astérisque (*) sur la formule topologique recopiée en question 1, la position de chaque atome de carbone asymétrique, en justifiant la réponse.

La formule chimique du D-(+)-xylose est donnée, ci-dessous, en représentation de Cram.

Les atomes de carbone sont numérotés de 1 à 5.

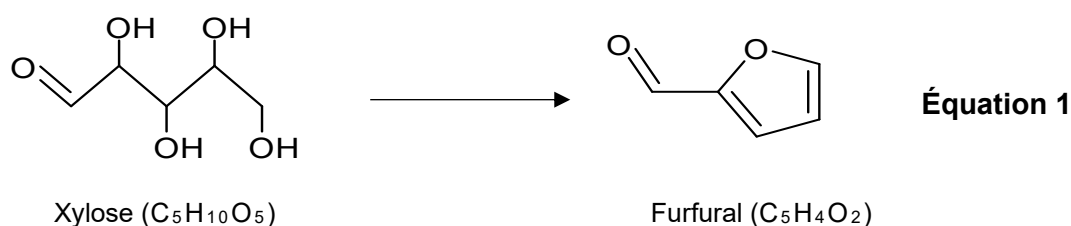


Q3. Préciser, en justifiant, la configuration absolue (R ou S) du carbone 4 du D-(+)-xylose.

Q4. Identifier, en justifiant, le caractère lévogyre ou dextrogyre de la molécule de D-(+)-xylose.

Réaction de deshydratation du xylose en furfural

La réaction de déshydratation du xylose en furfural peut être réalisée par chauffage micro-onde. Elle est représentée, de façon incomplète, par l'équation (1) ci-dessous :



Q5. Sur la copie, recopier, compléter et ajuster l'écriture de l'équation (1), à l'aide des formules brutes.

Q6. Identifier le type de réaction de cette déshydratation, en choisissant parmi les termes suivants :

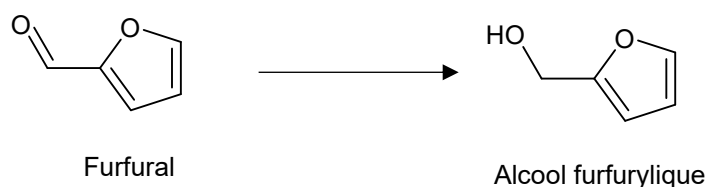
Addition - Substitution – Élimination

Le furfural peut être transformé en alcool furfuralique

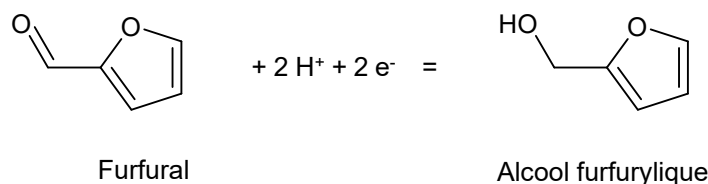
L'alcool furfurylique est une molécule qui a une multitude d'utilisations. Elle peut, par, exemple, être utilisée comme solvant, comme produit de bases pour des résines, pour des colles, et pour la synthèse organique.

(d'après Wikipédia)

La transformation du furfural en alcool furfurylique peut être écrite de la façon suivante :



Ces deux espèces constituent un couple oxydant-réducteur, dont la demi-équation électronique est la suivante :



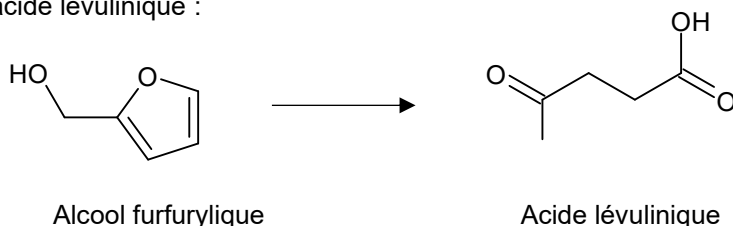
Q7. Indiquer si le furfural subit une oxydation ou une réduction lors de sa transformation en alcool furfurylique.

Q8. Préciser, en justifiant, la classe de la fonction alcool furfurylique.

L'alcool furfurylique peut être transformé en gamma-valérolactone

Une succession de plusieurs étapes permet de transformer l'alcool furfurylique en gamma-valérolactone (γ -valérolactone).

La première étape produit l'acide lévulinique :



L'acide lévulinique, de formule brute $C_5H_8O_3$ obtenu à l'issue de cette étape, peut être qualifié d'acide au sens de Brönsted.

Q9. Définir ce qu'est un acide au sens de Brönsted.

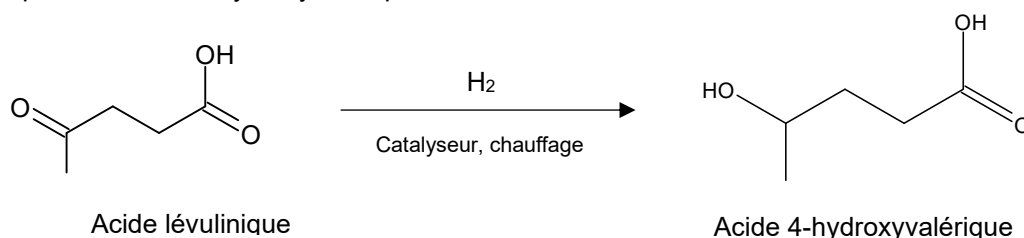
Q10. Écrire la formule chimique de la base conjuguée de l'acide lévulinique.

Le pK_a du couple acide/base auquel appartient l'acide lévulinique a pour valeur 4,6 à 25 °C.

Q11. Représenter le diagramme de prédominance de ce couple.

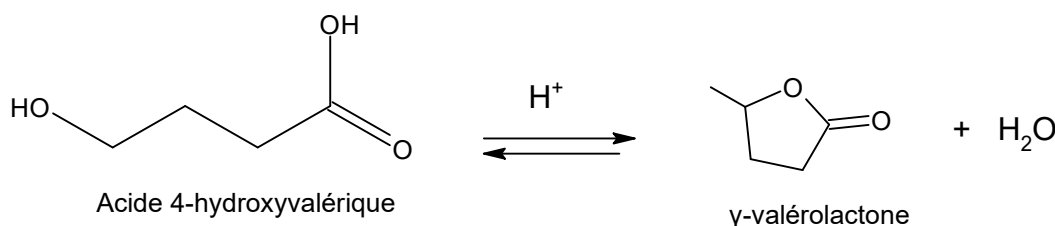
Q12. Indiquer, en justifiant, l'espèce prédominante de ce couple dans une solution pH = 6,0.

L'étape suivante produit l'acide 4-hydroxyvalérique :



Q13. Donner le nom, en nomenclature systématique (règles de la nomenclature IUPAC), de l'acide 4-hydroxyvalérique.

L'acide 4-hydroxyvalérique comporte les fonctions alcools et carboxylique. En milieu acide, cette molécule subit une réaction intramoléculaire conduisant à une cyclisation, selon la réaction :



Q14. Recopier, sur la copie, la formule topologique de la γ -valérolactone représentée ci-dessus, entourer le groupe caractéristique présent dans cette molécule et nommer la famille fonctionnelle (ou fonction organique) associée.

Q15. Préciser le rôle des ions H^+ lors de cette réaction.

L'huile d'olive est composée d'environ 98 % de lipides, notamment des triglycérides, et de 2 % de composés divers, parmi lesquels des phénols (antioxydants). Pour chaque catégorie d'huile d'olive, il existe de nombreux paramètres d'analyses physico-chimiques et organoleptiques regroupés en paramètres de pureté et de qualité.

B- Analyse des composés phénoliques (10,5 points)

Cette partie porte sur l'analyse des composés phénoliques dans un échantillon d'une huile italienne, noté E1.

La détermination de la teneur en composés phénoliques des huiles d'olive fait partie du cahier des charges des huiles italiennes de Dénomination phénoliques d'Origine Protégée (DOP) avec une teneur en composés phénoliques qui doit être comprise entre 200 et 600 mg équivalents d'acide gallique par litre d'huile d'olive.

Données :

- Couleurs complémentaires (longueurs d'onde des rayonnements correspondants) :

Rouge (750 nm)	/	Cyan (vert-bleu) (500 nm)
Vert (540 nm)	/	Magenta (400 nm)
Bleu (480 nm)	/	Jaune (580 nm)
- Masse molaire de l'acide gallique : $M = 170,1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Dosage par étalonnage des composés phénoliques

La concentration en composés phénoliques présents dans l'échantillon E1 d'huile d'olive est déterminée en utilisant une gamme d'étalonnage réalisée à l'aide de l'acide gallique pris comme composés phénoliques de référence.

Le réactif employé est un mélange de phosphomolybdate et de tungstate de sodium qui est réduit lors de l'oxydation des phénols en un mélange d'oxydes de tungstène et de molybdène de couleur cyan. L'intensité de cette coloration est directement proportionnelle à la concentration des composés phénoliques dans la solution. À l'aide d'un spectrophotomètre, après avoir réalisé le blanc optique, l'absorbance de chacune des solutions de la gamme d'étalonnage a été mesurée à la longueur d'onde $\lambda = 765 \text{ nm}$.

Les résultats donnant l'absorbance A de la solution en fonction de la concentration C en acide gallique sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

$C \text{ (mol}\cdot\text{L}^{-1})$	$0,30 \times 10^{-3}$	$0,60 \times 10^{-3}$	$0,90 \times 10^{-3}$	$1,20 \times 10^{-3}$	$1,50 \times 10^{-3}$	$1,80 \times 10^{-3}$	$2,10 \times 10^{-3}$
A	0,15	0,32	0,50	0,64	0,80	0,98	1,12

Q16. Justifier la valeur de la longueur d'onde de travail.

Q17. Exprimer la loi de Beer-Lambert en précisant pour chaque grandeur son nom et son unité dans un système cohérent.

Q18. Montrer, soit à partir d'une régression linéaire dont toutes les caractéristiques seront précisées sur la copie, soit en utilisant la feuille de papier millimétré, que la loi de Beer-Lambert est bien vérifiée.

La feuille de papier millimétré sera à rendre avec la copie si elle est utilisée.

La mesure de l'absorbance de l'échantillon donne la valeur $A = 1,00$.

Q19. Déterminer, par calcul approprié, la concentration en $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ en composés phénoliques de l'échantillon.

Q20. Justifier, à partir d'un calcul approprié, que la concentration en composés phénoliques de cette huile d'olive italienne vérifie les normes imposées pour obtenir le label Dénomination d'Origine Protégée (DOP).

C- Mesure de radioactivité d'un échantillon d'huile olive par spectrométrie gamma (8,5 points)

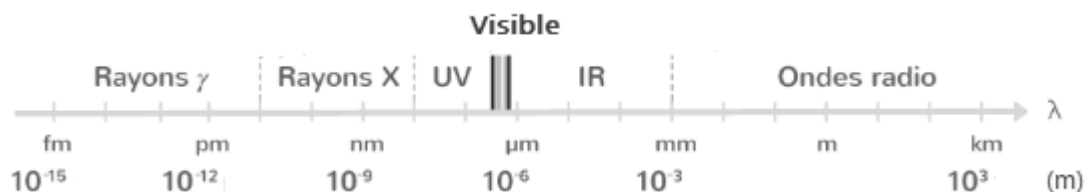
Cette partie porte sur la mesure de radioactivité par spectrométrie gamma dans l'échantillon d'huile d'olive E1. Il s'agit de comparer l'activité du potassium 40 présent dans cet échantillon aux normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). L'activité du potassium 40 doit être strictement inférieure à $1\,800 \text{ Bq}\cdot\text{L}^{-1}$.

Données :

Noyau ou particule	électron	positon	Potassium 39	Potassium 40	Argon	Calcium
Symbole	${}^0_{-1}e$	0_1e	${}^{39}_{19}\text{K}$	${}^{40}_{19}\text{K}$	${}^{40}_{18}\text{Ar}$	${}^{40}_{20}\text{Ca}$

- $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$
- Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
- Constante de Planck : $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

- Spectre électromagnétique :



Désintégration du potassium 40

Le potassium 40 est un isotope radioactif naturel de l'élément potassium.

Q21. Donner la définition du terme isotope.

Q22. Écrire, en précisant les lois utilisées, l'équation de désintégration du potassium 40 sachant qu'il subit une désintégration de type β^- .

Spectrométrie gamma

La spectrométrie gamma est une technique d'analyse très précise dont l'objet est d'identifier et de quantifier les radioéléments naturels et/ou artificiels émetteurs de rayonnement gamma présents dans un échantillon, afin de contrôler la non contamination radioactive.

Lors de la désintégration β^- du potassium 40 présent dans l'huile d'olive, le noyau fils est très souvent obtenu dans un état excité. Il libère alors ce surplus d'énergie sous la forme d'un rayonnement gamma. L'échantillon d'huile d'olive E1 peut ainsi être analysé par spectrométrie gamma.

Après avoir étalonné le spectromètre à l'aide de sources radioactives de référence, on analyse un volume $V = 450$ mL d'échantillon E1. L'énergie mesurée vaut $E = 1460,83$ keV.

Q23. Déterminer la valeur de l'énergie E en J.

Q24. Montrer que la longueur d'onde λ correspondant vaut $\lambda = 8,50 \times 10^{-13}$ m.

Q25. Vérifier, en justifiant, le type de rayonnement émis par l'échantillon.

L'activité du volume $V = 450$ mL de l'échantillon E1 vaut $1,89$ Bq.

Q26. Préciser, en justifiant la réponse, si la valeur de l'activité de l'échantillon E1 est conforme aux normes exigées par l'OMS.

D- indice d'iode d'une huile (9,5 points)

Données :

- Électronégativité du chlore et de l'iode :

Élément chimique	Cl	I
Électronégativité E.N. (échelle de Pauling)	3,16	2,66

Les huiles végétales sont principalement constituées de molécules organiques qui sont des triglycérides (c'est-à-dire des triesters d'acide gras et du glycérol). Les acides gras sont des acides organiques qui possèdent un groupe carboxyle et une chaîne qui contient entre 4 et 30 atomes de carbone en général.

L'indice d'iode I_{iode} d'une huile ou d'une graisse est la masse de diiode (I_2) exprimée en gramme, capable de fixer sur les liaisons doubles des acides gras contenus dans cent grammes de cette matière grasse. Il ne possède pas d'unité.

D'après le Codex Alimentarius (CODEX STAN 33-1981 amendé en 2013), l'indice d'iode d'une huile d'olive vierge est compris entre 75 et 94.

Expérimentalement, il peut être déterminé par la méthode de Wijs, en suivant les différentes étapes détaillées ci-après :

- **Étape 1** : les liaisons doubles contenues dans l'huile réagissent avec le réactif de Wijs introduit précisément et en excès. Le réactif de Wijs est une solution de monochlorure d'iode ICl . Ce composé réagit en même quantité de matière que le diiode I_2 mais est plus réactif que ce dernier. ICl se fixe sur les liaisons doubles selon la réaction (1) :



Pour cela, dans une fiole d'Erlenmeyer bien sèche, une masse $m = 0,2015$ g d'huile d'olive est pesée précisément.

Q27. Montrer, d'après les données et en représentant les charges partielles sur la formule de la molécule, que le monochlorure d'iode ICl est polaire. Justifier le caractère électrophile de l'iode dans cette molécule.

Q28. Indiquer, en justifiant, le type de la réaction (1), en choisissant parmi les quatre propositions suivantes :

Addition nucléophile / addition nucléophile / substitution nucléophile / substitution électrophile

- **Étape 2** : l'excès d' ICl réagit avec les ions iodure I^- en fort excès pour produire du diiode I_2 selon la réaction (2) :



Q29. Préciser pourquoi il est important que ICl est en excès par rapport aux liaisons doubles.

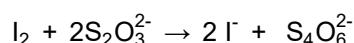
- **Étape 3** : le diiode formé par la réaction (2) est dosé par titrage par une solution de thiosulfate de sodium ($2 Na^+$, $S_2O_3^{2-}$).

Réaction 3 : réaction support du titrage du diiode formé par la réaction (2) par la solution de thiosulfate de sodium.

Pour cela, la solution de thiosulfate de sodium de concentration $C_{thio} = 0,100$ mol·L⁻¹ est versée à la burette. On verse la solution de thiosulfate jusqu'à décoloration complète du mélange réactionnel. Le volume versé à l'équivalence est $V_E = 7,20$ mL.

Les couples oxydant-réducteurs mis en jeu dans l'étape 3 sont I_2 / I^- et $S_4O_6^{2-} / S_2O_3^{2-}$.

Q30. Montrer que l'équation de la réaction support du titrage s'écrit :



Dans une autre fiole d'Erlenmeyer bien sèche, un « témoin » sans huile d'olive est réalisé dans les mêmes conditions.

Avec ce « témoin », le volume de solution versé à l'équivalence est : $V_{témoin} = 21,85$ mL.

Q31. Exprimer la quantité de matière de diiode $n_{(I_2)}$ titrée par la réaction (3) lors de l'essai avec l'huile d'olive, en fonction de la concentration C_{thio} et du volume V_E .

On en déduit l'expression de l'indice d'iode, que l'on admettra :

$$I_{iode} = 12,69 \times \frac{C_{thio} \times (V_{témoin} - V_E)}{m}$$

Avec la concentration C_{thio} en mol·L⁻¹, les volumes en mL et la masse d'huile d'olive en g.

Q32. Calculer l'indice d'iode I_{iode} de l'huile d'olive étudiée.

Q33. Préciser si la valeur d'indice d'iode obtenu pour cette huile est conforme à celle d'une huile d'olive vierge.

Sujet de biochimie et technologies d'analyse 2024

La vinification : contrôles qualité et amélioration

Depuis l'Antiquité, le raisin est cultivé et transformé en vin. Les étapes de la vinification sont restées les mêmes : les baies sont séparées de la rafle puis écrasées. Le moût ainsi obtenu est placé en cuve où se produisent les fermentations. À l'issue des fermentations, le vin est soutiré et mis en bouteille.

La production du vin à l'échelle industrielle nécessite une démarche d'optimisation des procédés d'une part, et de nombreux contrôles des produits finis soumis à réglementation d'autre part.

De plus, pour permettre l'élaboration d'un vin correspondant mieux aux attentes des consommateurs, des analyses supplémentaires en vue de l'amélioration des qualités organoleptiques sont réalisées à différentes étapes de la production.

1. Du saccharose à l'éthanol

1.1. Les fermentations

Au cours de la vinification, le saccharose libéré de la baie de raisin écrasée est soumis à l'action de micro-organismes, les levures *Saccharomyces cerevisiae* notamment. Les glucides sont transformés par les voies métaboliques présentées en **document 1**.

Q1. Nommer les molécules et écrire leur formule semi-développée (représentation linéaire) des composés X et Y.

Q2. Établir le bilan énergétique et le bilan moléculaire de la formation d'éthanol à partir du saccharose. Montrer l'importance de la réaction de fermentation alcoolique pour l'équilibre métabolique de la cellule.

1.2. Le dosage du saccharose

Le taux de sucres présents dans les baies évolue avec leur maturité. Il est donc important de déterminer la teneur en glucides des baies de raisin pour ajuster la date des vendanges et obtenir un vin correspondant aux exigences des appellations.

La réfractométrie est une méthode simple et rapide pour estimer la teneur en glucides.

Il est indispensable de réaliser des vérifications périodiques de l'instrument afin d'avoir des résultats de mesures fiables.

Une série de mesures a été réalisée sur un étalon de mesure de saccharose de valeur nominale de 10,0 °Brix. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Mesure n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valeur mesurée (en °Brix*)	9,95	9,90	9,97	10,02	9,94	9,89	9,97	10,00	9,98	9,91

Donnée : * 1°Brix = 1 g de saccharose dans 100 mL

Pour cet appareil, l'erreur systématique maximale tolérée est de $\pm 0,1$ °Brix.

Q3. Calculer le biais de la méthode utilisée pour ce dosage du saccharose. Conclure sur la justesse de l'appareil.

1.3. Le dosage de l'alcool

La teneur en alcool d'un vin doit obligatoirement figurer sur l'étiquette. Pour cela, cette teneur doit être déterminée et standardisée.

La concentration en masse en éthanol dans le vin est en général comprise entre 60 et 120 g·L⁻¹, soit entre 8° et 15° alcoolique.

Le dosage de l'éthanol dans le vin est réalisé à l'aide du kit enzymatique présenté dans le **document 2**.

Q4. Déterminer le temps minimum nécessaire avant la mesure de l'absorbance A_2 . Argumenter la réponse.

Q5. Expliquer la nécessité d'une dilution de l'échantillon de vin. Montrer que le facteur de dilution de 1 000 est adapté.

Q6. Démontrer l'équation aux grandeurs fournie dans le document 2.

Q7. Calculer la concentration en masse en éthanol du vin analysé à l'aide des résultats fournis.

2. L'acidité du vin

2.1. Le dosage de l'acidité totale

Lors du métabolisme des glucides, différents acides sont produits, des acides volatils (dioxyde de carbone et de soufre) et des acides organiques dissous (acide acétique, malique, tartrique...).

L'acidité totale est la somme des acidités titrables, hormis le dioxyde de carbone, lorsqu'on amène le pH du vin à 7 par addition d'une solution alcaline.

La réglementation européenne conseille d'exprimer l'acidité totale en grammes d'acide tartrique par litre de vin. Selon la réglementation UE 2021/2117, l'acidification autorisée sur tous les produits (du raisin au vin) est au maximum de 4 g d'acide tartrique par litre de produit.

Le protocole de ce dosage est présenté dans le **document 3**.

Q8. Identifier l'étape permettant de s'affranchir de l'acidité liée au dioxyde de carbone.

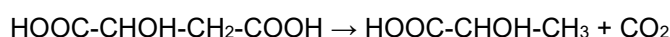
L'analyse a été réalisée sur un vin rouge. Le volume de NaOH versé pour atteindre pH 7,0 lors d'un mesurage est de 6,50 mL.

Q9. Établir l'équation aux grandeurs permettant de calculer le nombre de moles de NaOH versés.

Q10. Calculer l'acidité totale de ce vin en g d'acide tartrique par litre de vin. Conclure.

2.2. La fermentation malolactique

Pour améliorer les qualités organoleptiques et atténuer l'acidité des vins rouges, les viticulteurs réalisent l'ensemencement du moût par des bactéries lactiques pour obtenir une fermentation malolactique. La transformation de l'acide malique par *Oenococcus oeni*, conduit à la formation de l'acide lactique, selon l'équation suivante :



On considère que la fermentation est achevée lorsque la concentration en masse en acide malique est inférieure à 0,2 g·L⁻¹.

Le suivi de la fermentation se fait par quantification de l'acide malique par électrophorèse capillaire détection UV.

Le **document 4** présente la procédure opératoire et les résultats du dosage de l'acide malique dans un vin après électrophorèse capillaire.

Q11. Établir un tableau de préparation d'une gamme d'étalonnage allant de 2 à 10 mmol·L⁻¹ d'acide malique sous un volume de 2 mL. Expliquer les calculs des volumes.

Q12. Expliquer l'intérêt d'utiliser un étalon interne dans la procédure opératoire. Valider le choix du chlorate de sodium comme étalon interne à l'aide des critères usuels.

Q13. Analyser le résultat et calculer la concentration en quantité de matière en acide malique dans l'échantillon de vin. Exprimer le résultat de mesure avec un intervalle de confiance de 95 %.

Q14. Conclure sur l'avancement de la fermentation malolactique dans le vin analysé.

Donnée : masse molaire de l'acide malique : 134,1 g·mol⁻¹

3. L'utilisation de préparations enzymatiques en vinification

Les viticulteurs utilisent des préparations enzymatiques commerciales pour améliorer les procédés d'extraction et de clarification lors de la vinification, mais aussi pour augmenter la teneur en arômes dans le vin.

Une entreprise spécialisée dans la recherche et l'innovation en œnologie a développé une préparation d'enzymes β-D-glucosidase produite par *Aspergillus niger*.

La préparation enzymatique est utilisée pour révéler les arômes terpéniques (géraniol, linalol, nérol) à partir de leurs précurseurs glycosylés lors de l'élaboration des vins.

La formule d'un précurseur glycosylé le géraniol-β-D-glucopyranoside présent dans le raisin est représentée dans le **document 5**.

Q15. Préciser le type de réaction catalysée et la spécificité de la β -D-glucosidase. Écrire l'équation de la réaction qu'elle catalyse.

Le producteur d'enzymes lyophilisées valide la conformité de ses enzymes en mesurant leurs activités grâce à un contrôle qualité. Une préparation enzymatique conforme doit avoir une activité supérieure à 3 000 nkat par gramme de préparation commerciale à 37 °C et à pH 7.

La procédure opératoire de la détermination de l'activité β -D-glucosidase est présentée sur le **document 6**.

Q16. Identifier les paramètres opératoires qui doivent être précis et constants.

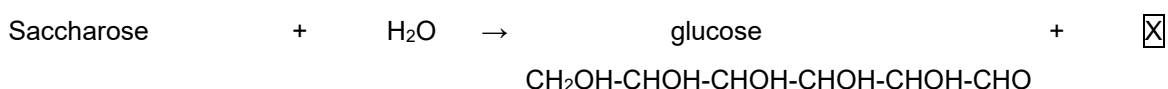
Q17. Proposer un protocole de préparation du contrôle de réaction spontanée. Expliquer le raisonnement.

Un « bon vin » se caractérise par ses qualités organoleptiques, tout en respectant des normes imposées par la législation.

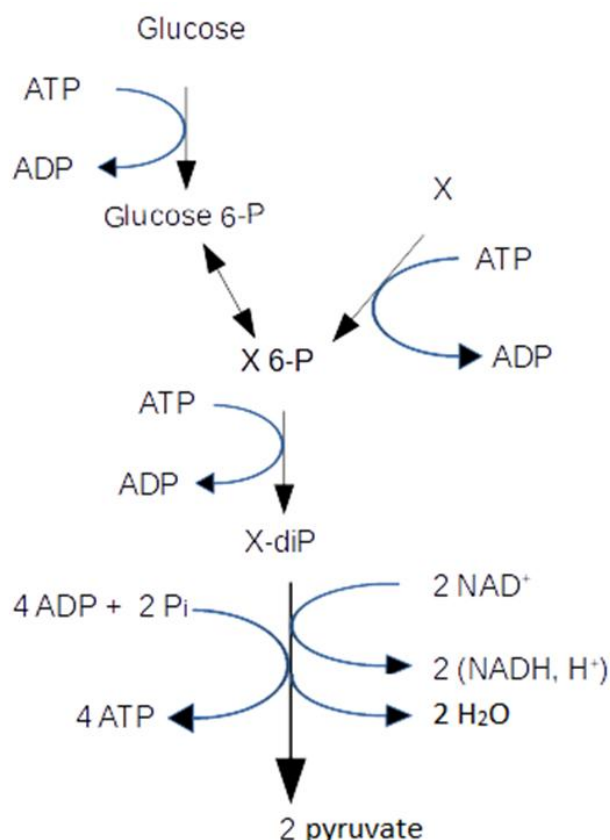
Q18. Repérer parmi l'ensemble des analyses présentées, celles correspondant au contrôle des normes imposées et celles permettant l'amélioration des propriétés organoleptiques du vin. Argumenter.

Document 1 : les voies métaboliques de transformation du saccharose en éthanol

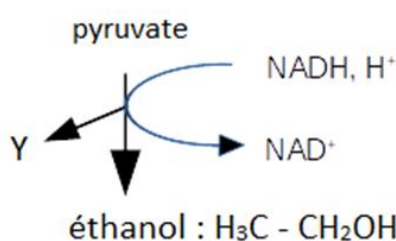
1A - Hydrolyse du saccharose



1B - Glycolyse



1C – Fermentation alcoolique

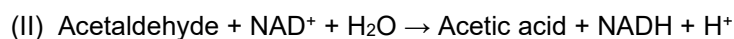


Document 2 : dosage de l'éthanol par méthode enzymatique*Adaptation de la notice du kit Megazyme***2A - Principe:**

The quantification of ethanol requires two enzymes reactions ; in the first reaction catalysed by alcohol deshydrogenase (ADH), ethanol is oxidised to acetaldehyde by nicotinamide adenine dinucleotide (NAD⁺) (I)



However, the equilibrium of reaction (I) lies in favour of ethanol and NAD⁺, a further reaction is required to "trap" the products. This is achieved by a quantitative oxidation of acetaldehyde to acetic acid in the presence of aldehyde deshydrogenase (Al-DH) (II)



The amount of NADH formed in this reaction pathway is stoichiometric with twice the amount of ethanol. It is the NADH which is measured by the increase in absorbance at 340 nm.

2B - Content of the kit :

Solution 1: buffer (15 mL, pH 9,0) plus sodium azide (0,02% w/v) as a preservative

Solution 2: NAD⁺

Solution 3: aldehyde deshydrogenase solution (3,25 mL)

Suspension 4: alcohol deshydrogenase suspension (1,3 mL)

Solution 5: ethanol standard solution (5 mL, 50 µg·mL⁻¹)

2C - Microplate assay procedure

Wavelength: 340 nm

Microplate: 96-well (e.g. clear flat -bottomed, glass or plastic)

Temperature ~ 25°C

Linearity: 0,1-2,0 µg of ethanol per well.

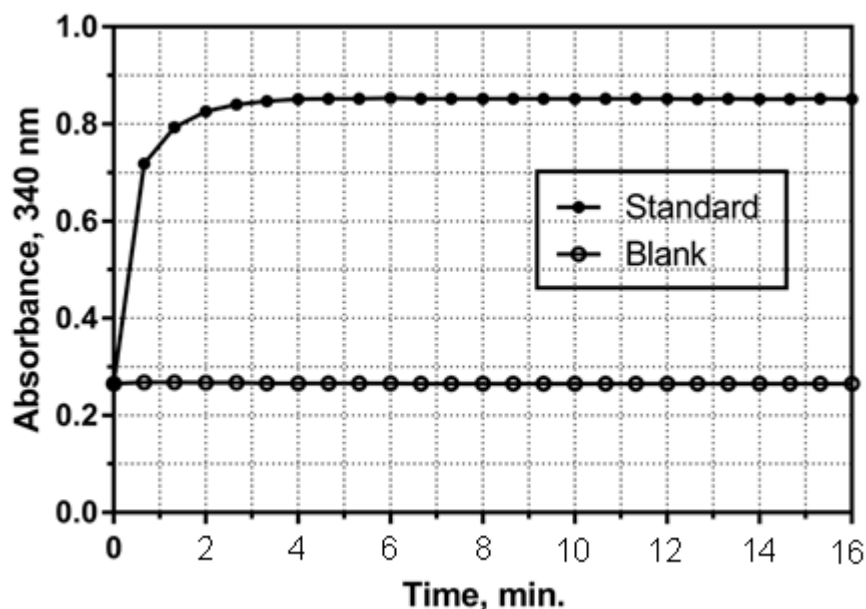
Pipette into wells	Blank	Sample	Standard
Distilled water	0,210 mL	0,200 mL	0,200 mL
Sample solution	-	0,010 mL	-
Solution 5	-	-	0,010 mL
Solution 1	0,020 mL	0,020 mL	0,020 mL
Solution 2	0,020 mL	0,020 mL	0,020 mL
Solution 3	0,005 mL	0,005 mL	0,005 mL
Mix and read the absorbances of solutions (A ₁) after approx. 2 min and start the reactions by addition of:			
Suspension 4	0,002 mL	0,002 mL	0,002 mL
Mix and read the absorbances of solutions (A ₂) at the end of the reaction.			

Calculation :

$$\rho_{(\text{ethanol}; \text{sample})} = \frac{\Delta A_{\text{sample}}}{\Delta A_{\text{standard}}} \times \rho_{(\text{ethanol}; \text{standard})} \times Fd$$

With $\Delta A = (A_2 - A_1)_{\text{Assay}} - (A_2 - A_1)_{\text{Blank}}$

Données : $U = 2,0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ $Fd = 1000$

2D - Standard result at the end of the reaction (A_2)

Increase in absorbance at 340 nm on incubation of 5 μg of ethanol with alcohol dehydrogenase and aldehyde dehydrogenase in the presence of NAD^+ .

2E – Results

Absorbances	Blank	Sample diluted 1/1000	Standard
A_1	0,002	0,023	0,006
A_2	0,005	0,838	0,420

Document 3 : dosage de l'acidité totale du vin**Préparation du dosage :**

- L'échantillon de vin est dégazé par agitation sous vide pendant 2 minutes.
- Le pHmètre est étalonné avec une solution étalon pH 7 et une solution étalon pH 4.

Dosage :

Dans une fiole d'Erlenmeyer, verser 10,00 mL de vin dégazé et ajouter environ 10 mL d'eau distillée dépourvue de dioxyde de carbone.

Doser par une solution d'hydroxyde de sodium NaOH fraîchement étalonnée à $0,100 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

Noter, à la goutte près, le volume de NaOH versé pour obtenir un pH égal à 7,0 exactement.

Résultat : Acidité totale en g d'acide tartrique par litre de vin : $AT = 0,75 \times V_{\text{NaOH à pH7}}$
 ($V_{\text{NaOH à pH7}}$ exprimé en mL)

Donnée : $U = 0,20 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$

Document 4 : dosage des principaux acides organiques des vins par électrophorèse capillaire

(D'après la résolution OIV-Oeno 5/2006, révision par Oeno 407-2011)

Principe

Les acides tartrique, malique et lactique sont séparés et dosés par électrophorèse capillaire après dilution et addition d'étalon interne.

L'électrophorèse capillaire utilise un capillaire de silice de diamètre intérieur compris entre 25 et 75 μm .

La solution à analyser est aspirée dans le capillaire et les molécules électriquement chargées migrent sous l'influence d'un courant électrique de fort voltage.

La détection des acides est réalisée après migration grâce à un détecteur UV à 254 nm.

Réactifs et produits

- Solution étalon de travail : solution dans l'eau pure d'acides organiques de concentration exactement connus à environ $10 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$
- Solution étalon interne de chlorate de sodium à $10,0 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$.

Préparation des solutions à analyser

Toutes les solutions injectées, étalons et essais, sont préparées de façon identique :

- Dégazage aux ultrasons
- Filtration sur membrane de microfiltration
- Addition de l'étalon interne à la même concentration.

Données sur la méthode

Limite de quantification des acides organiques : $2,6 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$

CV de l'incertitude composée : 4,3 %.

Calculs des résultats

Les calculs sont faits à partir des surfaces des pics obtenus après intégration. Pour chaque acide, un rapport de surface (R_s) est établi.

$$R_s = \frac{\text{surface du pic acide}}{\text{surface du pic étalon interne}}$$

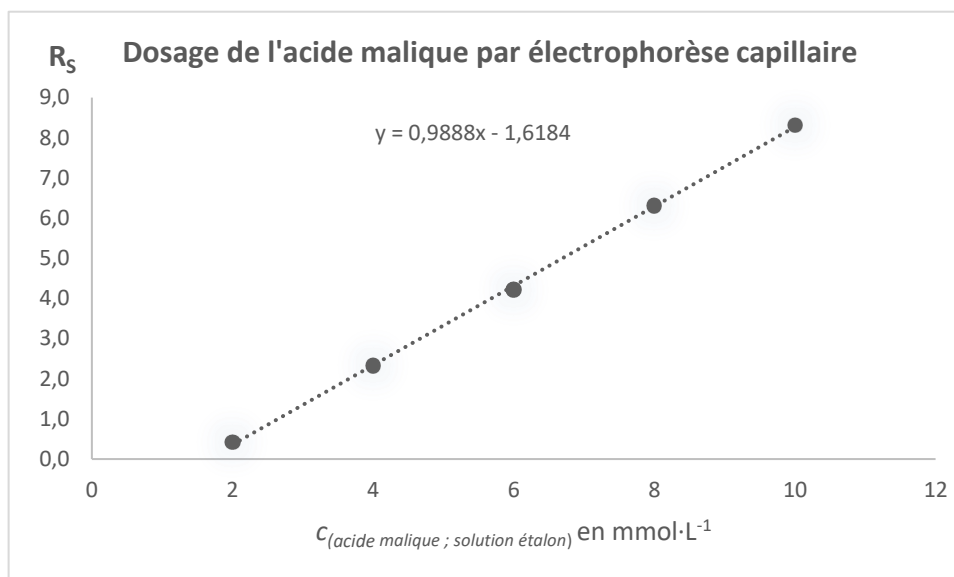
Résultats de l'étalonnage

Tableau des résultats

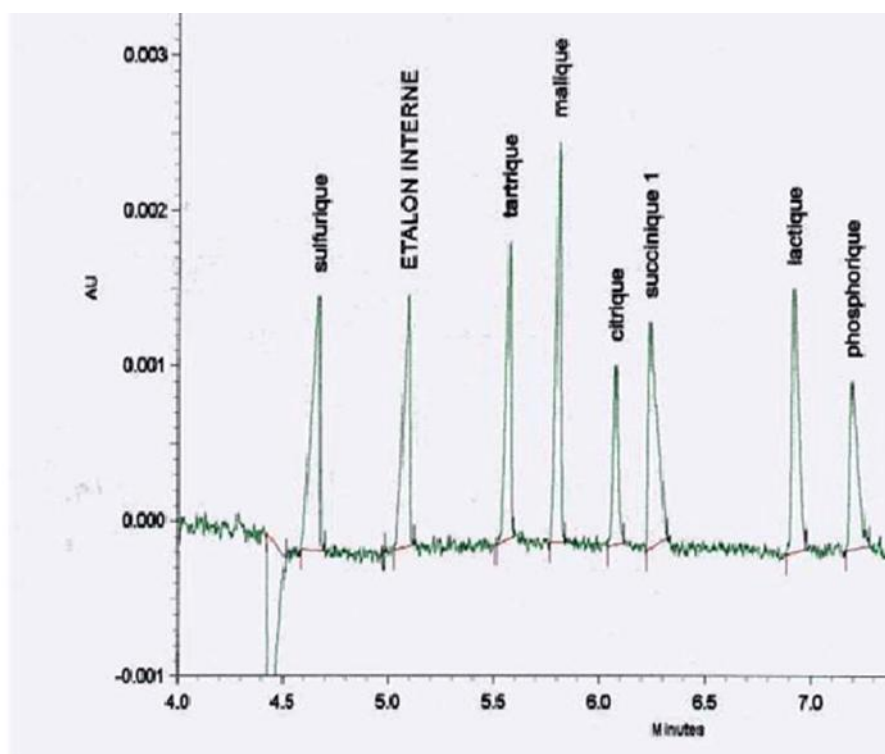
Étalons	1	2	3	4	5
$C_{(\text{acide} ; \text{solution étalon})} (\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1})$	2	4	6	8	10
$C_{(\text{chlorate de sodium} ; \text{solution étalon interne})} (\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1})$	10	10	10	10	10
Surface du pic étalon interne	5 768	5 879	6 141	5 690	6 358
R_s acide malique	0,417	2,326	4,207	6,305	8,316

Suite du document 4

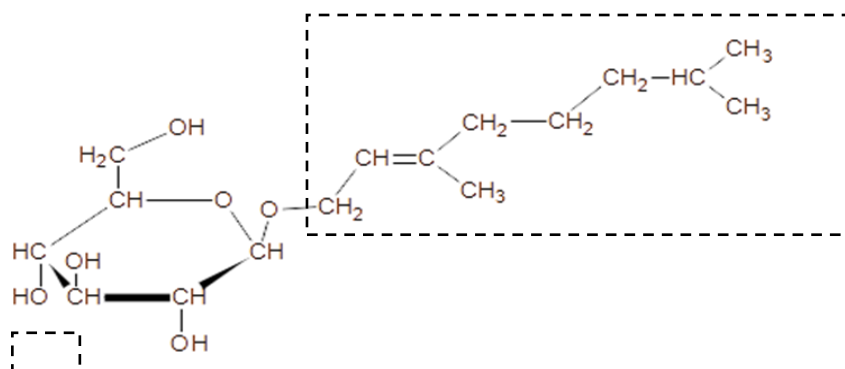
Courbe d'étalonnage



Résultats du dosage

Électrophorégramme de l'essaiTableau de résultats

	Surface du pic (UA)
Étalon interne	5 407
Acide malique	9 735

Document 5 : formule du géraniol-β-D-glucopyranoside

Légende : radical R :

Écriture possible du géraniol β-D-glucopyranoside : β-D-glc-O-R

Document 6 : détermination de l'activité β-D-glucosidase**Determination of β-D-glucosidase activity in enzymatic preparations****Principe**

The enzymatic hydrolysis of *p*-nitrophenyl-β-D-Glucopyranoside (*p*NPβGlc), which is colourless, releases glucose and *para*-Nitrophenol (*p*-Np); the latter turns yellow in the presence of sodium carbonate, the absorbance of which is measured at 400 nm.

Preparation of the sample

Place 1 g of commercial preparation in a 100 mL graduated flask, make up with distilled water, and stir in order to obtain a homogeneous mixture.

Enzyme Activity Assay

The reaction mixture of 200 μL, composed of 10 μL β-D-glucosidases sample,

20 μL *p*NPβGlc (20 mmol·L⁻¹), and 170 μL buffer (pH 7.0), is incubated at 37°C for 10 min. Then, the reaction is stopped by adding 50 μL Na₂CO₃ (0.5 mol·L⁻¹).

The absorption at 400 nm is determined by measuring the absorbance at 400 nm, using a microplate reader.

Then, the corrected absorbance corresponds to the difference between the absorbance of the enzymatic preparation and that of the corresponding blank.

Standard range

Proceed by replacing the reactional medium by the various mediums of the standard range of *p*-nitrophenol from 0 to 200 μg·mL⁻¹. Produce a calibration line which corresponds to plotting a graph whose X-coordinates are the various concentrations of the standard range of *p*-nitrophenol and whose Y-coordinates are the corresponding values of optical densities.

Sujet de microbiologie et technologies d'analyse 2024

Prévention de la contamination dans la filière de production des préparations en poudre pour nourrissons

Les épidémies récentes liées à la consommation des préparations en poudre pour nourrissons ont montré que les analyses microbiologiques sur les produits finis n'étaient pas suffisantes pour maîtriser le risque. Pour assurer la sécurité de ces produits alimentaires sensibles, il est nécessaire :

- de maîtriser rigoureusement les conditions de production de ces produits par le respect des bonnes pratiques d'hygiène et la mise en place d'une démarche HACCP (*Hazard Analysis Critical Control Point*) adaptée à leurs conditions de fabrication, de conditionnement et de stockage ;

- de respecter les mesures d'hygiène pour la préparation et la conservation de biberons prêts à consommer.

La question des dangers microbiologiques potentiels associés aux préparations en poudre pour nourrissons a fait l'objet de plusieurs travaux de la FAO (*Food and Agriculture Organization*) et de l'OMS (Organisation Mondiale pour la Santé). La responsabilité de *Cronobacter* a été démontrée et reconnue par le rapport spécifique de l'OMS de 2008.

1. *Cronobacter*, un des principaux dangers microbiologiques associés aux préparations en poudre pour nourrissons

Les espèces du genre *Cronobacter*, classées comme pathogènes opportunistes, affectent les nourrissons de moins de 6 mois et les prématurés, entraînant des complications de santé potentiellement mortelles, telles que la méningite néonatale, l'entérocolite nécrosante et la septicémie, avec un taux de mortalité variant de 15 à 80 %.

Le **document 1** présente un des mécanismes impliqués dans le pouvoir pathogène de *Cronobacter sakazakii*.

Q1. Présenter les étapes de l'infection, en déduire le mécanisme infectieux de cette bactérie.

Le **document 2** énonce les principales caractéristiques morphologiques et culturelles de *Cronobacter sakazakii*.

Le **document 3** présente la description du produit (préparation en poudre pour nourrissons), de son utilisation attendue et du consommateur final.

Q2. Mettre en lien les caractéristiques culturelles de *Cronobacter sakazakii* et sa présence potentielle dans les préparations en poudre pour nourrissons.

Des études ont montré qu'en condition de dessiccation, l'accumulation intracytoplasmique d'ions tels que le potassium (K^+) et la synthèse de substances solubles, notamment le tréhalose, la proline et la glycine, augmentent chez les espèces de *Cronobacter*.

Q3. Montrer l'intérêt physiologique pour la bactérie de ces modifications face au stress osmotique.

D'autres études ont montré l'effet protecteur des biofilms dans la tolérance à la dessiccation. Le **document 4** présente les étapes de la formation d'un biofilm.

Q4. Identifier les structures bactériennes intervenant dans la formation d'un biofilm par les bactéries, en précisant leur nature biochimique.

La contamination moyenne, par *Cronobacter*, des préparations en poudre pour nourrissons commercialisées en France, est faible : moins de 0,001 à quelques UFC par 10 kg. Or, la manifestation de troubles graves chez les nourrissons n'apparaît qu'en cas d'ingestion d'un nombre élevé de bactéries du genre *Cronobacter*.

Le **document 5** présente le protocole et les résultats extraits d'une étude sur la thermotolérance de *Cronobacter* dans des préparations pour nourrissons reconstituées.

Q5. Argumenter à l'aide de l'analyse des résultats la recommandation de l'OMS (**document 3**).

Un suivi de croissance a été réalisé dans une préparation reconstituée maintenue à 23 °C afin de déterminer le temps de génération de *Cronobacter* : le temps de génération obtenu est d'environ 40 minutes.

Q6. Expliquer ce que signifie l'expression « un temps de génération de 40 min à 23 °C ».

À 10°C, le temps de génération de *Cronobacter* dans une préparation en poudre reconstituée est de 300 minutes.

Q7. En déduire l'influence de la température de conservation du produit reconstitué.

2. Principales mesures de maîtrise des dangers microbiologiques identifiés

Le **document 6** présente un diagramme de fabrication de préparation en poudre pour nourrissons. L'opération unitaire de pasteurisation est un CCP (Critical Control Point) pour la maîtrise des dangers microbiologiques.

Q8. Démontrer, en identifiant des sources de contaminations possibles du produit fini par *Cronobacter* spp, que la pasteurisation ne permet pas à elle seule de garantir la qualité sanitaire du produit fini.

Les opérations de nettoyage et désinfection font partie des PRP (Programme Pré Requis) et doivent être précisément décrites dans le PMS (Plan de Maîtrise Sanitaire) de l'entreprise.

Le nettoyage manuel a été progressivement remplacé par le système de Nettoyage En Place (NEP).

Q9. Distinguer le rôle de l'étape de nettoyage de celui de l'étape de désinfection.

La présence de biofilms tels que décrits dans le **document 4** peut entraîner une résistance accrue des bactéries aux procédés de nettoyage et de désinfection.

Q10. Proposer deux stratégies de lutte contre la formation de biofilms.

Les opérations de nettoyage et désinfection peuvent apporter des quantités variables d'eau dans les zones de production. L'ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) insiste sur la nécessité de vérifier l'efficacité du séchage des installations et, plus généralement, de l'absence d'eau par exemple par le suivi en continu du taux d'hygrométrie des zones de haute hygiène.

Q11. Argumenter l'intérêt de la recommandation de l'ANSES.

3. Procédures de validation et vérification

Les BPH (Bonnes Pratiques d'hygiène) impliquent la vérification de la réalisation et de l'efficacité des opérations de nettoyage et de désinfection.

La norme NF EN ISO 18593 de juillet 2018 décrit les méthodes horizontales de prélèvement de surface, par impression sur gélose (boîte contact), par écouvillonnage (écouvillon sec ou humide) ou avec chiffonnette (sèche ou humide). Pour la recherche des micro-organismes pathogènes, la norme recommande que la zone de prélèvement soit identifiée et qu'elle représente une surface de 1000 à 3000 cm².

Q12. Présenter les avantages et les inconvénients des différentes méthodes de prélèvement de surface présentées.

Déduire la méthode qui semble la plus adaptée au contrôle des équipements (tapis convoyeur en sortie de l'atomiseur par exemple).

La vérification de l'efficacité du système HACCP implique le respect des critères microbiologiques réglementaires applicables aux produits finis.

Le **document 7** présente un extrait du règlement (CE) n° 2073/2005 concernant les critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires.

Q13. Expliciter les différences entre un « critère de sécurité » et un « critère d'hygiène ».

Q14. Repérer dans le document le plan d'échantillonnage pour la recherche de *Cronobacter* spp dans les préparations en poudre pour nourrissons et présenter succinctement sa mise en œuvre.

Le **document 8** présente le protocole de la méthode horizontale de référence pour la recherche de *Cronobacter* spp.

Q15. Expliquer l'intérêt des deux premières étapes du protocole de recherche.

Depuis février 2018, la méthode par spectrométrie de masse à temps de vol MALDI-TOF (*Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionisation-Time-Of-Flight Mass Spectrometry*) de Bruker est validée par MicroVal en tant que méthode alternative de confirmation des colonies suspectes sur milieu CCI, selon la norme ISO 16140-6.

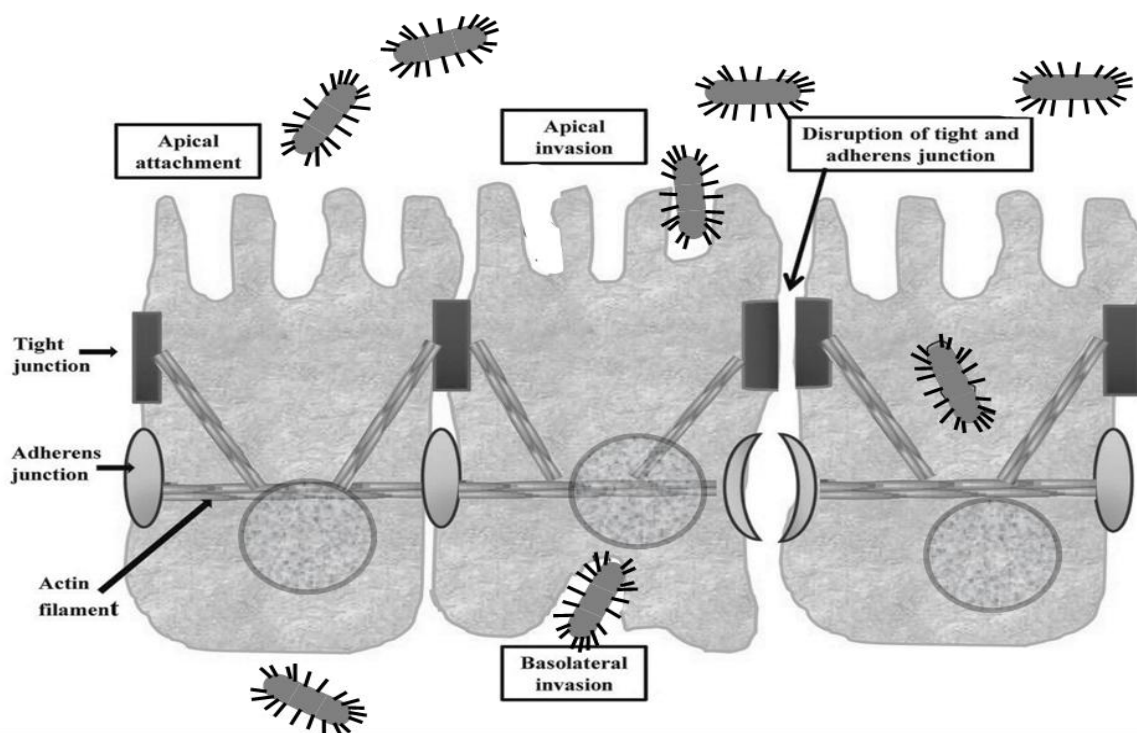
Le **document 9** présente le principe de la spectrométrie de masse MALDI-TOF.

Q16. Exposer les étapes de l'identification bactérienne par spectrométrie de masse MALDI-TOF. Déduire le principal intérêt de cette méthode par rapport aux méthodes traditionnelles d'identification bactérienne.

4. Bilan

Q17. Présenter, à l'aide de la règle des 5 M, différentes causes possibles pouvant être à l'origine du danger microbiologique que représente *Cronobacter spp.*, depuis la fabrication des poudres jusqu'aux préconisations de préparation du lait reconstitué.

Document 1 : mécanisme du pouvoir pathogène de *Cronobacter sakazakii*



Source : *Insights into virulence factors determining the pathogenicity of Cronobacter sakazakii*
<https://doi.org/10.1080/21505594.2015.1036217>

Document 2 : principales caractéristiques de *Cronobacter*

Cronobacter sakazakii est un bacille à Gram négatif, aéro-anaérobie facultatif, non sporulant, appartenant à la famille des *Enterobacteriaceae*.

La bactérie *C. sakazakii* se développe à des températures comprises entre 6 et 45 °C, avec un optimum de 37 à 43 °C. Elle peut se multiplier à des Aw (activity of water) de 0,30 à 0,83, et survivre jusqu'à 2 ans dans des produits secs (Aw de 0,14 à 0,27). Elle peut proliférer après exposition à pH 3,0 pendant 90 minutes.

C. sakazakii peut être trouvée dans des échantillons pris dans l'environnement domestique comme celui d'entreprise. La thermorésistance peut jouer un rôle majeur dans le taux de survivants de *C. sakazakii*. *C. sakazakii* peut adhérer à des matériaux abiotiques tels que le silicone, le latex, le polycarbonate, l'acier inoxydable, le verre, et le chlorure de polyvinyle (PVC), et ensuite former des biofilms sur ces surfaces.

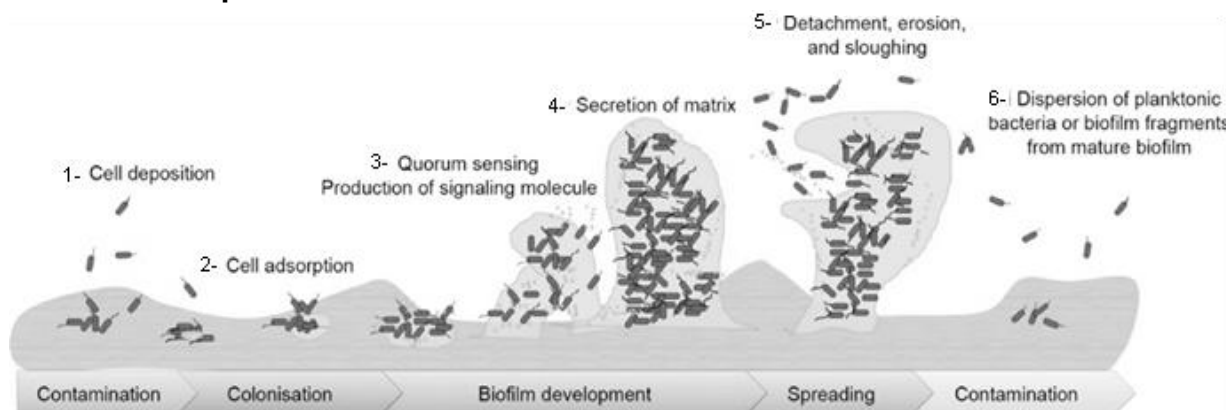
Document 3 : description du produit, de son utilisation attendue et du consommateur final

Description du produit : une préparation pour nourrissons est une denrée alimentaire destinée à être utilisée par des enfants de moins de douze mois et qui répond à elle seule aux besoins nutritionnels jusqu'à l'introduction d'une alimentation complémentaire appropriée (Règlement (UE) no 609/2013). En outre, elle doit dans certains cas ne pas contenir d'allergènes, et/ou comporter des additifs tels que des vitamines ou des acides gras essentiels.

Description de l'utilisation attendue et du consommateur final : du fait de l'élimination de l'eau (Aw de l'ordre de 0,2), les préparations en poudre pour nourrissons sont faciles à transporter et peuvent être entreposées à température ambiante. Les préparations en poudre pour nourrissons sont destinées à être reconstituées c'est-

à-dire additionnées d'eau « destinée à la consommation humaine ». L'OMS recommande que les préparations en poudre soient reconstituées avec une eau chauffée à plus de 70 °C et qu'elles soient utilisées dans les 2 heures suivant leur préparation. Le pH du liquide gastrique des nourrissons nourris avec le produit cité, est d'environ 3,6.

Document 4 : étapes de formation d'un biofilm



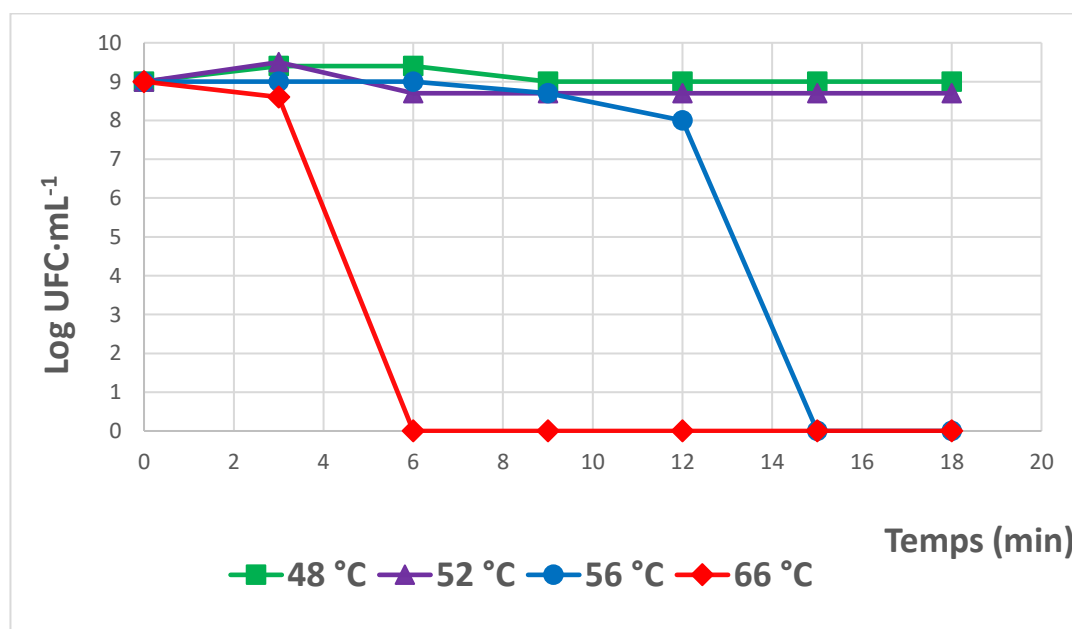
Signaling molecules: n-acyl homoserine lactones (gram negative) / auto-inducing peptides (gram positive)

Source : *Insights into Cronobacter sakazakii Biofilm Formation ...*, <https://doi.org/10.1016/j.eng.2020.02.007>

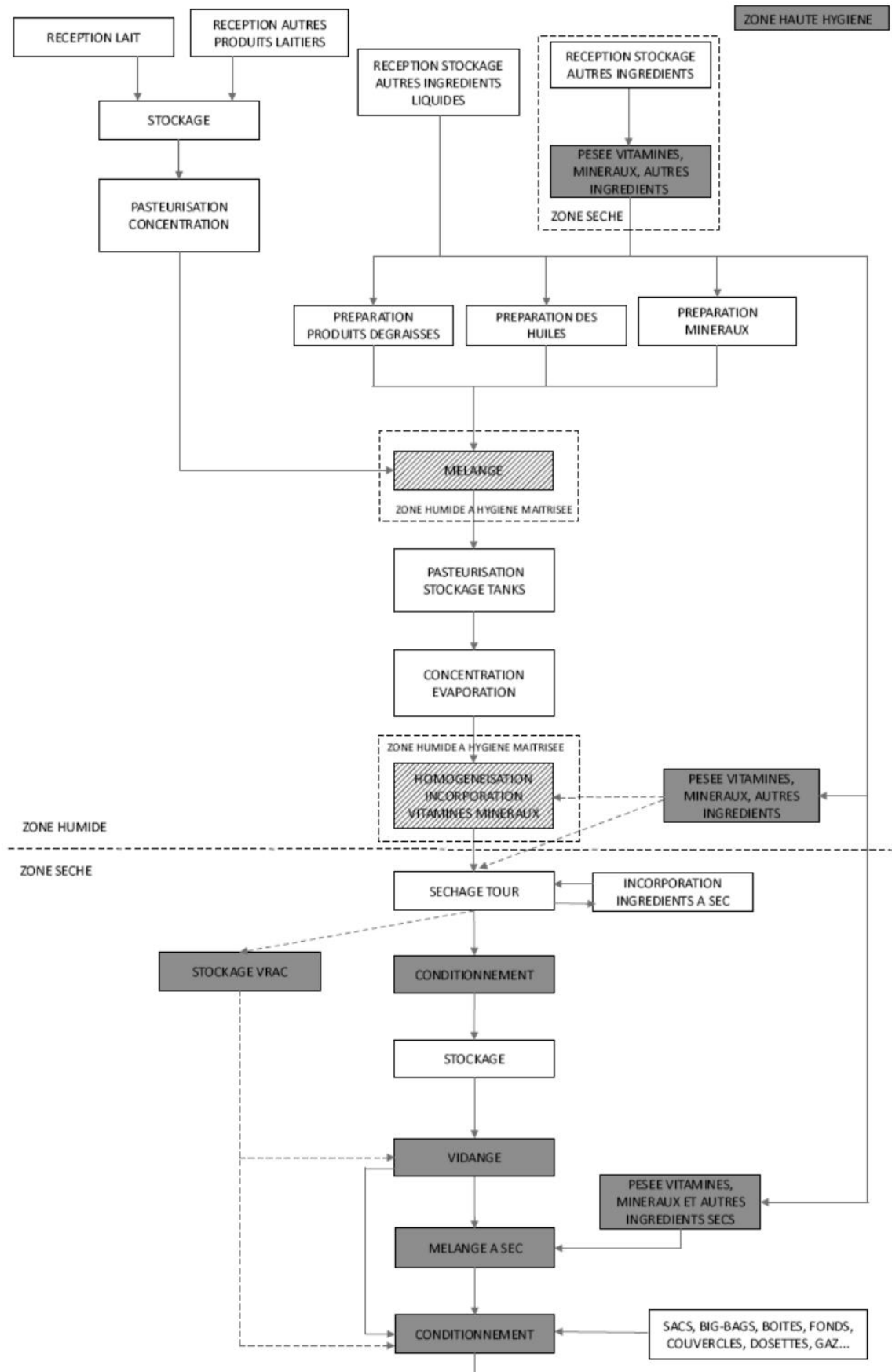
Document 5 : protocole et résultats extraits d'une étude sur la thermotolérance de *Cronobacter* dans une préparation pour nourrissons reconstituée

The reconstituted formula was inoculated with *C. sakazakii* isolate. The isolate of *Cronobacter spp.* was heated in RIMF (reconstituted infant milk formula) at 48°C, 52°C, 56°C and 66°C.

The reconstituted milk was prepared and inoculated with *Cronobacter spp.* Heat treatment was conducted in a water bath at 48°C, 52°C, 56°C, and 66°C. The tubes were immersed completely in the heated water bath where the temperature was controlled and adjusted at the target temperature. Following each heat treatment, each tube was then removed from the water bath and immersed immediately into ice slush. At each heat treatment, 100 µL from the inoculated IMF was taken in duplicate at different time points: 0, 3, 6, 9, 12, 15, and 18 minutes. The samples were spread-plated on TSA supplemented with 0.1% (w/v) of sodium pyruvate. The plates were then incubated for 2 hours at 37°C and a thin layer (8 mL) of violet red bile agar (HIMEDIA M 581, India) was overlaid onto TSA and the plates were re-incubated for an additional 22 hours at 37°C.



Source : d'après *Thermal tolerance of Cronobacter sakazakii and Cronobacter pulveris in reconstituted infant milk formula* DOI: 10.5455/OVJ.2023.v13.i1.11

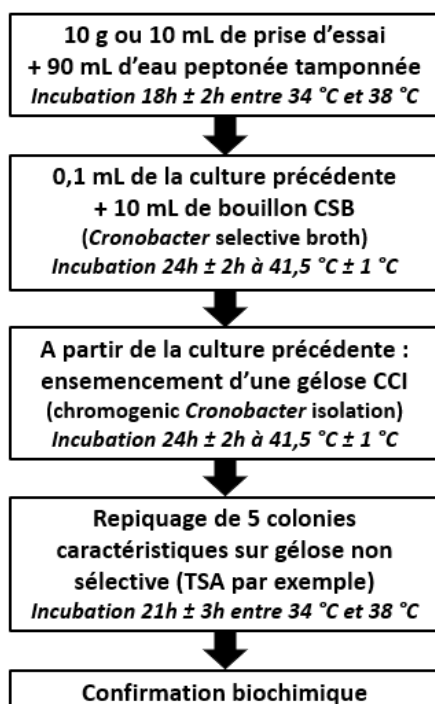
Document 6 : diagramme de fabrication de préparation en poudre pour nourrissons

Source : instruction technique DGAL/SDSSA/2020-14 08/01/2020

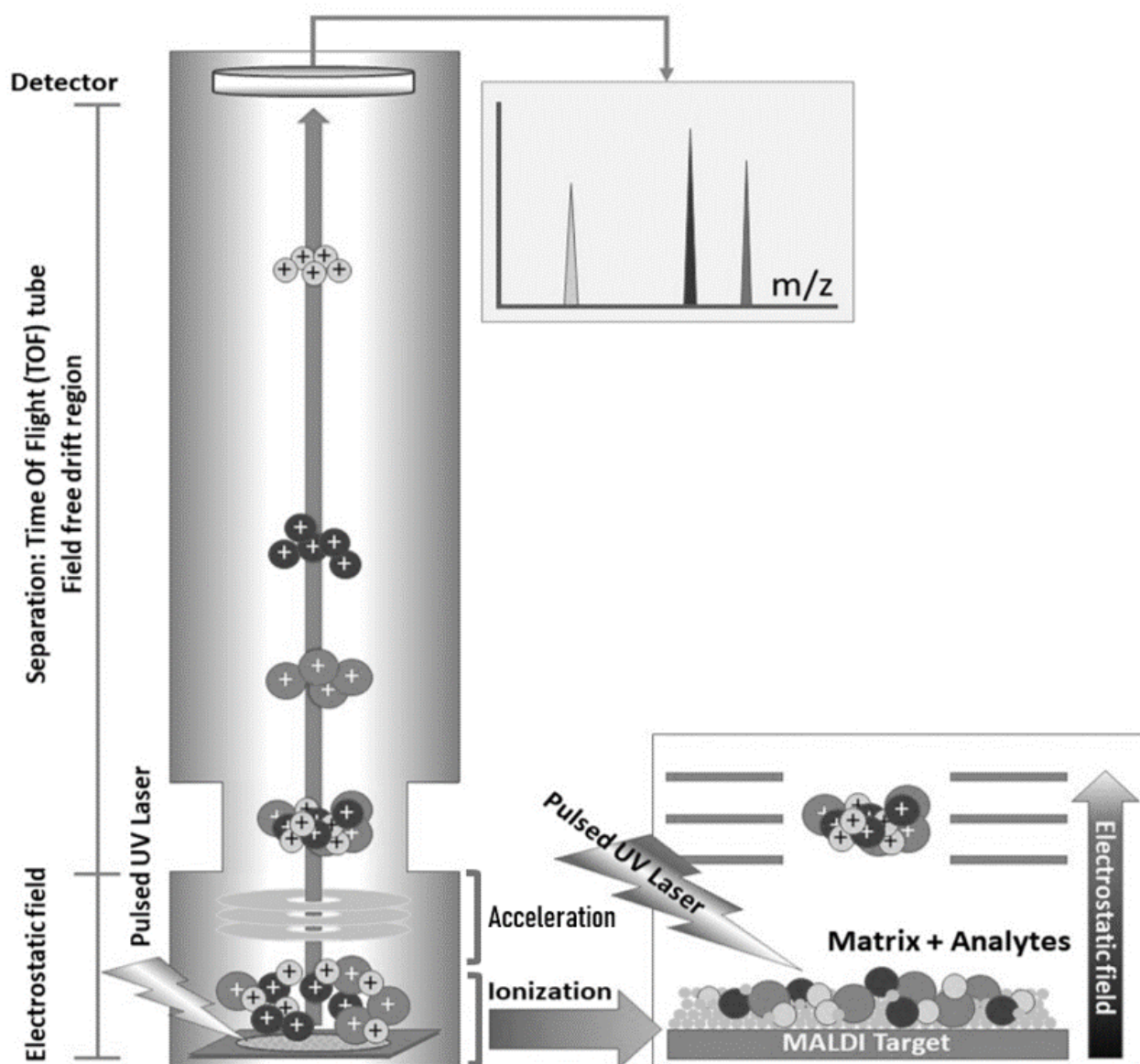
Document 7 : extrait du règlement (CE) n° 2073/2005 concernant les critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires

Public-cible	Critères de sécurité			Critères d'hygiène	
	<i>Listeria monocytogenes</i>	<i>Salmonella</i>	<i>Cronobacter spp</i>	Entérobactéries	<i>Bacillus cereus</i> (présomption)
Nourrisson ≤ 6 mois consommant exclusivement du lait (préparation pour nourrissons ou <i>dried infant formulae</i> en anglais) « Produits 1er âge »	n = 10, c = 0 non détecté dans 25 g	n = 30, c = 0 non détecté dans 25 g	n = 30, c = 0 non détecté dans 10 g	n = 10, c = 0 non détecté dans 10 g	n=5, c=1 m = 50 ufc/g ; M = 500 ufc/g
Nourrisson de 6 à 12 mois (préparation de suite ou <i>dried follow-on formulae</i> en anglais) « Produits 2e âge »	n = 10, c = 0 non détecté dans 25 g	n = 30, c = 0 non détecté dans 25 g	Pas de critère	n = 5, c = 0 non détecté dans 10 g	Pas de critère
Enfant en bas âge (1 à 3 ans), enfants de + de 3 ans et adultes « Lait de croissance »	n = 5, c = 0 < 100 ufc/g	n = 5, c = 0 non détecté dans 25 g	Pas de critère	n = 5, c = 0 10 ufc/g	Pas de critère

Source : instruction technique DGAL/SDSSA/2020-14 08/01/2020

Document 8 : Méthode horizontale de référence de recherche de *Cronobacter spp*


Source : adapté de la norme NF EN ISO 22 964 : 2017 - Microbiologie de la chaîne alimentaire - Méthode horizontale pour la recherche de *Cronobacter spp*.

Document 9 : principe de la spectrométrie de masse par MALDI-TOF

The sample is co-crystallized with the matrix on the sample target and to be desorbed and ionized by the MALDI ion source (e.g. ultraviolet laser). The ion molecules, including the microbial peptides/proteins, are accelerated by the electric field into the TOF analyzer. All the ions are separated by TOF in accordance with the m/z ratio and a mass spectrum. The sequence and size of [ribosomal proteins](#) are highly conserved among different bacterial species, and therefore be used to identify individual types of bacteria.

Donnée : m/z = rapport masse sur charge

Source : <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2019.01.001>

Sujet de biologie cellulaire et moléculaire et de technologies d'analyse 2024

Dépistage du dopage à l'EPO aux jeux Olympiques et Paralympiques

La lutte contre le dopage dans les manifestations sportives est un enjeu important pour assurer l'équité et préserver la santé des athlètes. De nouvelles méthodes de dopage visant à contourner les méthodes de dépistages existantes apparaissent régulièrement, obligeant d'adapter en permanence la stratégie de contrôle des athlètes. Dans cette optique, pour la 33^e édition des Jeux Olympiques, la législation française permet de renforcer les contrôles et de mettre en place des méthodes de dépistage du dopage génétique.

Extrait de l'article L232-12-2 du code du sport, créée par la loi n° 2023-380 du 19 mai 2023 relative aux jeux Olympiques et Paralympiques de 2024 :

« Aux seules fins de mettre en évidence la présence dans l'échantillon d'un sportif et l'usage par ce sportif d'une substance ou d'une même méthode, le laboratoire accrédité par l'Agence mondiale antidopage en France peut procéder, à partir de prélèvements sanguins ou urinaires des sportifs [...], à la comparaison d'empreintes génétiques et à l'examen de caractéristiques génétiques pour la recherche des cas suivants :

- 1° une administration de sang homologue ;
- 2° une substitution d'échantillons prélevés ;
- 3° une mutation génétique dans un ou plusieurs gènes impliqués dans la performance induisant une production endogène d'une substance interdite en application de l'article L. 232-9 ;
- 4° une manipulation génétique pouvant modifier les caractéristiques somatiques aux fins d'augmentation de la performance. »

L'érythropoïétine (EPO) est une cytokine produite par l'organisme qui stimule l'érythropoïèse, c'est-à-dire la prolifération des globules rouges dans la moelle osseuse à partir de cellules souches pluripotentes. L'EPO exogène permet donc d'augmenter l'apport de dioxygène des cellules musculaires. Il est, de ce fait, utilisé par injection pour augmenter les capacités sportives.

L'utilisation des molécules agonistes du récepteur de l'EPO, apparues pour traiter des patients atteints d'anémie, est détournée dans le cadre du dopage sportif. Il est donc nécessaire de disposer de méthodes de dosage permettant de mettre en évidence leur présence chez les athlètes.

1. Étude de l'effet cellulaire de l'EPO et des caractéristiques des agonistes du récepteur à l'EPO

Le **document 1** présente le mécanisme d'activation cellulaire induite par l'EPO sur des cellules souches pluripotentes de la lignée érythropoïétique.

Q1. Expliquer les événements aboutissant à la régulation de la transcription suite à la fixation de l'EPO.

En plus de favoriser l'érythropoïèse, l'EPO inhibe l'apoptose dans les cellules souches érythropoïétiques.

Q2. Discuter l'intérêt conjugué de l'inhibition de l'apoptose de ces cellules et de la stimulation de l'érythropoïèse.

La nécessité de traiter des patients atteints d'anémie par l'EPO a conduit à l'élaboration de molécules agonistes du récepteur de l'EPO pouvant déclencher l'érythropoïèse : époétine alfa (EprexTM), darbépoétine (AranespTM), etc. Ce sont des ERA (*agoniste des récepteurs à l'EPO*), qui peuvent se lier au récepteur EPOR et conduire à son activation.

Le **document 2** présente certaines caractéristiques de l'EPO endogène et de deux ERA.

Q3. Comparer les caractéristiques des deux ERA à l'EPO endogène.

Q4. Expliquer les raisons et l'intérêt de la diminution de l'affinité pour le récepteur EPOR dans le cas de la darbépoétine.

2. Méthodes de dosage appliquées au dépistage du dopage aux ERA

Une des difficultés liées aux contrôles anti-dopage est la nécessité pour les laboratoires d'analyser un grand nombre d'échantillons sur une période restreinte lors des grands événements sportifs. La durée de conservation des échantillons peut fausser les résultats selon leur stabilité, et la mise au point de méthodes permettant de garantir la fiabilité des analyses est primordiale. Un nouveau protocole de dépistage dans des gouttes de sang séchées est comparé à la méthode de référence utilisant des échantillons d'urine.

Le **document 3** présente les principales étapes d'une technique de Western Blot mise en œuvre pour comparer la stabilité des deux types d'échantillons ainsi que pour vérifier la bonne détection des ERA dans les gouttes de sang séchées.

Q5. Identifier les principales étapes du protocole de Western Blot présenté.

Q6. Schématiser l'édifice moléculaire obtenu à la dernière étape du protocole.

Le résultat des tests de stabilité des extraits de gouttes de sang séchées et d'urine sont présentés dans le **document 4**.

Q7. Analyser les résultats et conclure sur l'intérêt des échantillons de gouttes de sang séchées.

Dans le but d'évaluer la limite de détection des ERA dans les échantillons de gouttes de sang séchées, une deuxième étude par Western Blot est menée, et les résultats sont présentés dans le **document 5**.

Q8. Valider la technique mise en œuvre pour la détection des ERA par Western Blot.

Q9. Discuter de la détection des ERA dans les échantillons de gouttes de sang séchées par Western Blot.

3. Dopage génétique à l'EPO

Le dopage génétique est une méthode permettant d'améliorer les performances sans avoir recours à une injection d'EPO exogène ou d'ERA. Certaines de ces méthodes consistent à prélever du tissu musculaire par biopsie chez le sportif et à réaliser une culture primaire des cellules. Ces cellules sont modifiées génétiquement de façon à les rendre hyperproductrices d'EPO, puis elles sont réinjectées dans le muscle.

Les cellules issues de la culture primaire sont entretenues dans le milieu de culture DMEM (**document 6**) par sous-cultures successives, ou passages, selon le protocole décrit dans le **document 7**.

Q10. Indiquer le rôle des éléments en gras dans la liste des composants du milieu DMEM du **document 6**, et expliquer l'intérêt de la supplémentation avec le sérum de veau fœtal.

Q11. Identifier les principales étapes d'une sous-culture et préciser leur rôle.

Le dénombrement de la suspension cellulaire réalisé lors du passage des cellules (**document 7**) a permis de déterminer une concentration de $2,2 \cdot 10^6$ cellules $\cdot$ mL⁻¹.

Q12. Calculer le volume de suspension cellulaire nécessaire pour ensemer un nouveau flacon de 75 cm² de façon à atteindre $4,4 \cdot 10^4$ cellules $\cdot$ cm⁻².

4. Détection du dopage génétique par séquençage

La présence de modifications génétiques dans l'ADN des cellules musculaires peut être détectée dans le sang à l'aide d'une méthode récente présentée dans le **document 8**.

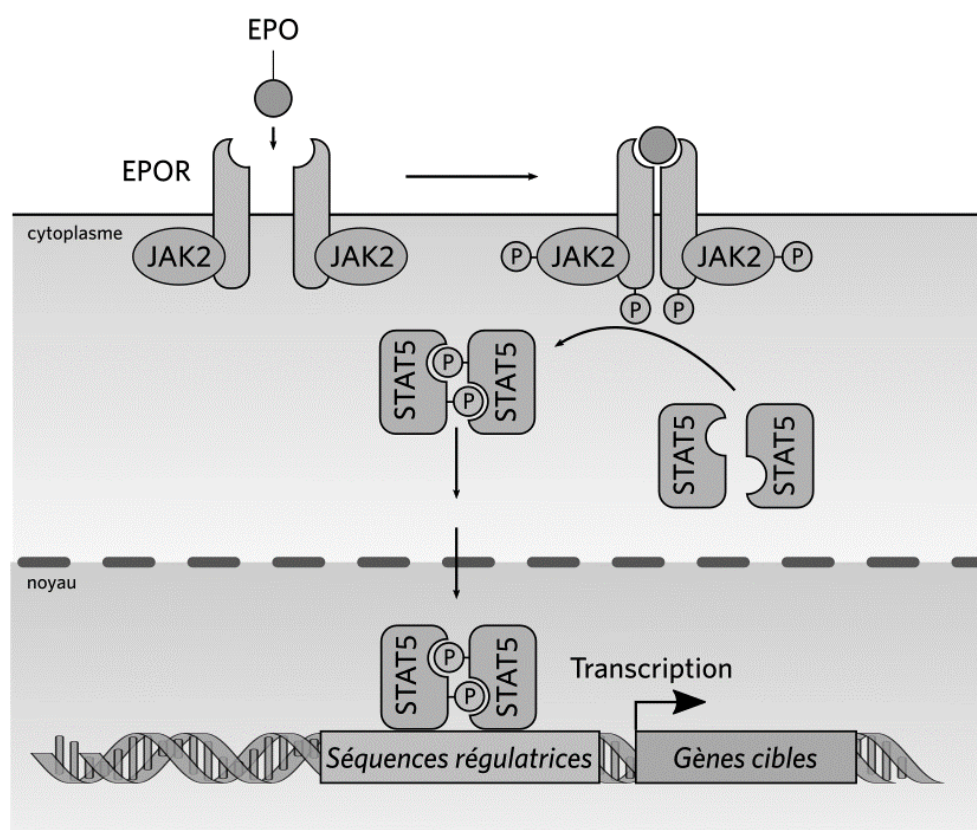
Q13. Identifier les deux éléments constitutifs de la sonde xGen et préciser leur rôle.

Après avoir obtenu les séquences d'intérêt, une amplification par PCR (Polymerase Chain Reaction) est mise en œuvre avant de réaliser le séquençage. Le protocole utilisé est présenté dans le **document 9**.

Q14. Déterminer les volumes V1 et V2 pour préparer 100 μ L de mélange réactionnel.

Q15. Discuter en quoi cette méthode d'analyse permet de détecter de nouvelles formes de dopage, en lien avec la législation (Loi n°2023-380 du 19 mai 2023).

Document 1 : voie d'activation cellulaire par l'EPO dans les cellules souches érythropoïétiques



D'après Pascal Combemorel, site <https://planet-vie.ens.fr/>, consulté le 23/11/2023

Légendes :

JAK2 : Janus kinases 2

STAT5 : Signal Transducer and Activator of Transcription 5

EPOR = EPO Receptor

Document 2 : caractéristiques de l'EPO endogène et de 2 agonistes du récepteur de l'EPO

	EPO endogène (hEPO)	Époétine alfa	Darbépoétine
Taille (en acides aminés)	165	165	165 dont 5 mutés
Masse moléculaire	30 kDa	30 kDa	38 kDa
Glycosylations	3 N-glycanes	3 N-glycanes	5 N-glycanes
Affinité pour le EPOR	Forte	Forte	Faible (divisée par 5)
Durée de demi-vie	4 à 5 h	4 à 5 h	25 h
Fréquence d'administration	/	3 fois par semaine	2 à 5 fois par mois

Document 3 : détection de l'EPO dans les *dried blood spots* (DBS)

EPO extraction and immunopurification :

The EPO Purification Gel Kit for Blood was used for extraction and immunopurification.

One whole dried blood spot (DBS) and 5 mL of sample buffer were added to the column and incubated for 90 min at room temperature. The flow through was filtered through the column, the column was washed, and endogenous and agonist's EPOR were eluted with 200 μ L of elution buffer (centrifugation at 500g for 1 min). The eluate was then concentrated to about 15 μ L using an Amicon 30-kDa molecular weight cut-off filter (14,000g for 30 min).

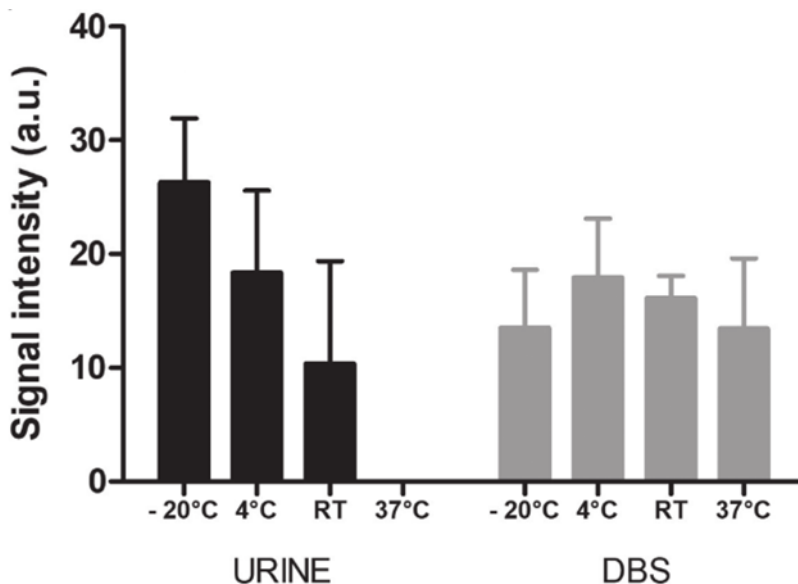
Similar method was used for 500 μ L of serum samples and 10 mL of urine samples.

All immunopurified samples were stored at -20 °C until analysis.

Western blot: polyacrylamid gel electrophoresis and blotting

15 μ L of the concentrated dried blood spots (DBS) eluate (10 μ L of serum and urine eluates), together with sample loading buffer, were loaded onto polyacrylamide gel. Erythropoietin receptor agonists (ERA) proteins were separated for about 90 min at 140 V using running buffer. ERAs were transferred to an PVDF membrane using a semi-dry transfer system, then the membrane was incubated in reducing conditions for 45 min. After rinsing the membrane in PBS, it was blocked in 5% milk and incubated overnight at 4 °C in biotinylated anti-EPO antibody (0,5 μ g/mL 1% milk), moved to room temperature to be washed in phosphate-buffered saline, then incubated 1 h at RT in streptavidin-peroxidase conjugate, and washed again. After enhanced chemiluminescence substrate addition, images of the membrane were taken with a CCD camera.

Document 4 : stabilité des échantillons à différentes températures



Légende :

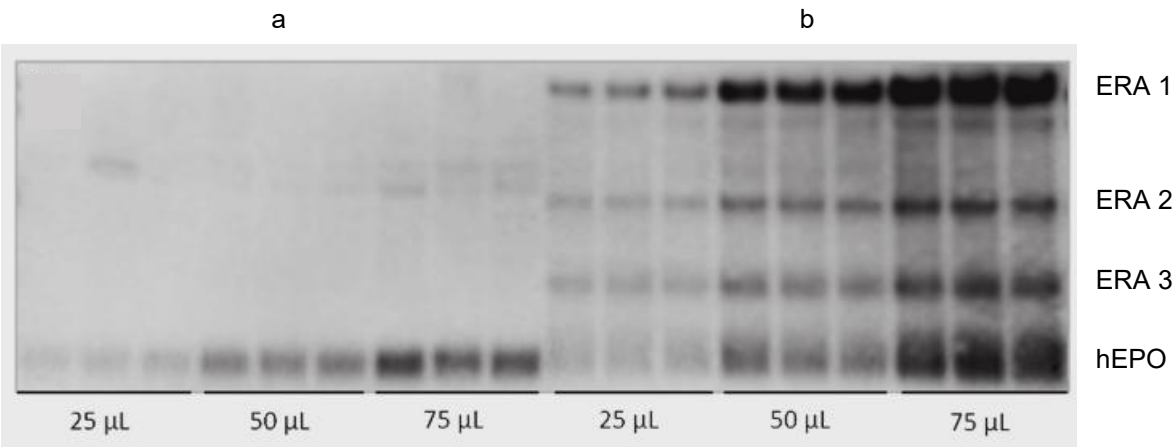
RT : room temperature

Adapté de : Heiland et al., Optimizing detection of erythropoietin receptor agonists from dried blood spots for anti-doping application. *Drug Test Anal.* 2022 ;14(8) :1377-1386

Document 5 : résultats de la détection des ERA des échantillons de sang par le protocole de Western blot

La détection a été menée sur le sang total d'un individu n'ayant jamais eu recours aux ERA (a) ou sur du sang total enrichi avec des ERA (b).

Différents volumes ont été pipetés sur des extraits de gouttes de sang séchées.



Adapté de : Heiland et al., Optimizing detection of erythropoietin receptor agonists from dried blood spots for anti-doping application. Drug Test Anal. 2022;14(8):1377-1386.

Document 6 : extrait de la composition du milieu de culture DMEM

Composants	Concentrations
Mélange de glycine, arginine, cystéine, glutamine, histidine, isoleucine, leucine, lysine, méthionine, phénylalanine, sérine, thréonine, tryptophane, tyrosine, valine.	15 à 310 mg·L ⁻¹ selon composant
Mélange de choline, acide pantothénique, acide folique, riboflavine, thiamine.	0,4 à 7,2 mg·L ⁻¹ selon composant
Mélange de chlorure de calcium, chlorure de sodium, sulfate de magnésium, bicarbonate de sodium.	0,1 à 6400 mg·L ⁻¹ selon composant
Glucose	4500 mg·L ⁻¹
Rouge de phénol	15 mg·L ⁻¹

Adapté de : <https://www.thermofisher.com/fr/fr/home/technical-resources/media-formulation.170.html> (12 septembre 2023)

Document 7 : réalisation d'une sous-culture (ou passage)

La sous-culture est réalisée avant que le tapis cellulaire n'atteigne 80 % de confluence.

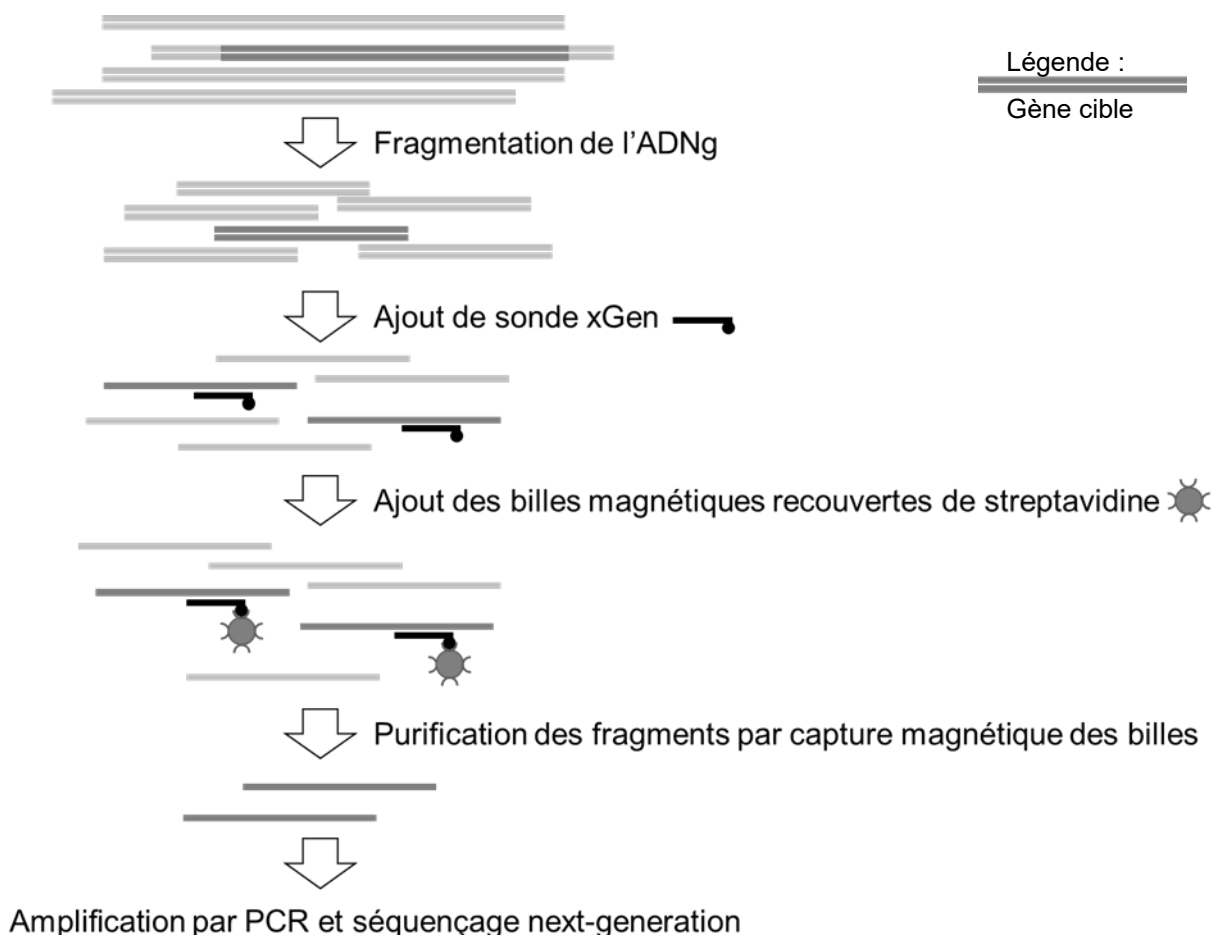
Protocole :

- Éliminer le milieu de culture usagé.
- Rincer le tapis cellulaire avec 20 mL de tampon PBS (phosphate buffer saline).
- Éliminer le liquide de rinçage.
- Trypsiner la culture avec 3 mL de trypsine.
- Suivre le décollement des cellules pendant 10 minutes maximum.
- Neutraliser la trypsine par ajout de 6 mL de milieu DMEM supplémenté en sérum de veau fœtal 20 % (SVF).
- Dénombrer les cellules dans la suspension cellulaire obtenue par comptage sur cellule de Malassez.
- Déterminer le volume de prise d'essai de suspension cellulaire nécessaire au réensemencement à la concentration souhaitée.
- Introduire la prise d'essai dans le nouveau flacon de culture de 75 cm² et compléter à 24 mL avec le milieu DMEM supplémenté en SVF.
- Les cellules sont cultivées à 37 °C, sous 5 % de CO₂ en atmosphère humide.

Document 8 : présentation d'une nouvelle méthode de dépistage du dopage génétique

L'ADN génomique extrait est fragmenté. Les séquences d'ADN de gènes impliqués dans le dopage génétique sont repérées par hybridation spécifique à des sondes marquées par la biotine (sonde xGen).

Après l'hybridation, les fragments d'intérêt sont récupérés magnétiquement à l'aide de billes recouvertes de streptavidine, possédant une forte affinité pour la biotine. Ils sont alors amplifiés par PCR et séquencés sur un séquenceur NGS (*Next-Generation Sequencing*).



Adapté de : de Boer et al., A next-generation sequencing method for gene doping detection that distinguishes low levels of plasmid DNA against a background of genomic DNA. *Gene Ther* 2019 ; 26 , 338-346.

Document 9 : protocole de PCR

L'analyse PCR a été réalisée avec le mélange réactionnel suivant :

Réactifs	Volume	Concentration dans le mélange réactionnel
Eau distillée	Qsp 100 μL	
Tampon PCR 5X	V1	1X
dATP, dCTP, dGTP, dUTP 10 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$	2 μL	0,2 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$
MgCl ₂ 25 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$	8 μL	2,0 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$
Amorces sens et antisens 10 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$	V2	0,2 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$
ADN polymerase 10 $\text{U}\cdot\mu\text{L}^{-1}$	0,2 μL	2 U/100 μL

Les conditions de PCR sont :

- 95 °C pendant 7 min,
- suivi de 95 °C pendant 1 min, 54 °C pendant 1 min, et 72 °C pendant 1 min (35 cycles).
- le cycle final est réalisé à 72 °C pendant 7 min.

Sujet de sciences et technologies bioindustrielles 2024

Diminution des réclamations des consommateurs dans une biscuiterie

Une entreprise familiale, actuellement en plein essor, fabrique et commercialise différents biscuits, notamment des petites madeleines longues. Ces biscuits sont conditionnés dans des boîtes en carton comprenant des sachets de deux biscuits. Le **document 1** présente un extrait du cahier des charges. Le procédé de fabrication ainsi que les autocontrôles réalisés durant la production figurent dans le **document 2**. L'entreprise souhaite améliorer son image de marque. De ce fait, elle met tout en œuvre pour diminuer les réclamations des clients.

1. Étude des réclamations des consommateurs

Le récapitulatif mensuel des réclamations des consommateurs pour les six derniers mois, communiqué par la direction, est présenté dans le **document 3**. Afin de déterminer les actions prioritaires à mener, les résultats sont présentés à l'aide d'un diagramme de Pareto.

Q1. Expliquer l'intérêt de construire un diagramme de Pareto pour présenter les résultats relatifs aux réclamations des consommateurs.

Q2. Analyser le diagramme du **document 3**. En déduire les causes engendrant 80 % des réclamations des consommateurs.

2. Management de la sécurité alimentaire

La réglementation européenne impose la maîtrise de la sécurité alimentaire et prévoit une analyse des risques en cours de production. L'entreprise a donc mis en place un plan de maîtrise sanitaire et réalisé une étude HACCP. L'un des dangers repérés est la multiplication de moisissures dans les produits.

Q3. En utilisant la méthode des 5 M, proposer une cause probable de contamination par les moisissures pour 3 des 5 « M ».

En utilisant l'arbre décisionnel présenté dans le **document 4**, l'entreprise a identifié l'étape de démoulage – refroidissement, comme un programme prérequis opérationnel (PRPop), lié à la présence de moisissures.

Q4. En reportant sur la copie les numéros (1) et (2), compléter le tableau de synthèse ci-dessous, relatif à l'analyse du danger « présence de moisissures » à l'étape de démoulage - refroidissement.

Étape	Danger	Cause(s)	Mesure(s) préventive(s)	CCP ou PRPop	Paramètres de surveillance
Démoulage - Refroidissement	Présence de moisissures	(1)	(2)	PRPop	Mesure de l'humidité du produit toutes les 2 heures

Q5. À l'aide du **document 4**, justifier que le démoulage - refroidissement est un PRPop et préciser pourquoi ce n'est pas un CCP.

3. Matières premières et qualité organoleptique

Les défauts organoleptiques peuvent être dus à la qualité des matières premières employées. Dans cette biscuiterie, les principales matières premières mises en cause sont la farine et les œufs. On s'intéresse aux risques liés à des altérations entraînant des défauts de qualité des matières premières.

3.1. Altération de la farine

La farine utilisée est une farine de type 55. Le **document 5** présente les types de farines classés selon leur taux d'extraction. La détermination de la teneur en cendres permet d'apprécier la concentration en minéraux présents dans les farines.

Q6. Établir le lien entre la structure du grain de blé, le taux d'extraction et la teneur en cendres.

Q7. À l'aide du **document 5**, expliquer comment l'évolution de la teneur en cendres permet de définir les différents types de farines.

Le **document 6** présente le diagramme des premières étapes de fabrication des farines (du grain à la première farine).

Q8. Montrer que la maîtrise des trois étapes présentées dans le **document 6** est importante pour la qualité de la farine.

Après l'étape de préparation, le blé est broyé. Un exemple de broyeur industriel est présenté dans le **document 7**.

Q9. En vous appuyant sur le **document 7**, proposer une origine technique de dysfonctionnement d'un broyeur.

3.2. Altération des ovoproduits

Des problèmes de texture des madeleines peuvent provenir de la coule d'œuf entier concentrée choisie par l'entreprise. Le diagramme de fabrication de la coule d'œuf entier concentrée figure dans le **document 8**.

Q10. Expliquer l'intérêt de l'étape de pasteurisation.

Un traitement de 2,5 minutes à 64,4 °C est mis en œuvre.

Q11. Calculer la valeur pasteurisatrice.

Données :

Valeur pasteurisatrice : $V_p = t \times 10^{(T-T_{ref})/z}$

La température de référence pour la pasteurisation : $T_{ref} = 70\text{ °C}$

Microorganisme de référence : *Enterococcus faecalis*

Facteur d'inactivation thermique : $z = 7\text{ °C}$

Q12. Le traitement de référence pour ce type de produit correspond à un barème de 20 s à 70 °C. Conclure sur l'efficacité de la pasteurisation.

Des problèmes de texture des madeleines peuvent provenir de la coule d'œuf entier concentrée choisie par l'entreprise. Le diagramme de fabrication de la coule d'œuf entier concentrée figure dans le **document 8**.

Q13. Expliquer l'intérêt de l'étape de pasteurisation.

Un traitement de 2,5 minutes à 64,4 °C est mis en œuvre.

Q14. Calculer la valeur pasteurisatrice.

Données :

Valeur pasteurisatrice : $V_p = t \times 10^{(T-T_{ref})/z}$

La température de référence pour la pasteurisation : $T_{ref} = 70\text{ °C}$

Microorganisme de référence : *Enterococcus faecalis*

Facteur d'inactivation thermique : $z = 7\text{ °C}$

Q15. Le traitement de référence pour ce type de produit correspond à un barème de 20 s à 70 °C. Conclure sur l'efficacité de la pasteurisation.

4. Amélioration des exigences clients : mise en place d'actions correctives

Afin de réduire les réclamations des consommateurs, l'entreprise met en place des actions correctives.

Q16. Synthétiser les causes engendrant les défauts de qualité identifiés. Proposer une action corrective à mettre en place pour chacun de ces défauts.

Document 1 : extrait du cahier des charges des petites madeleines longues

Humidité finale : $8,0 \pm 0,2$ %

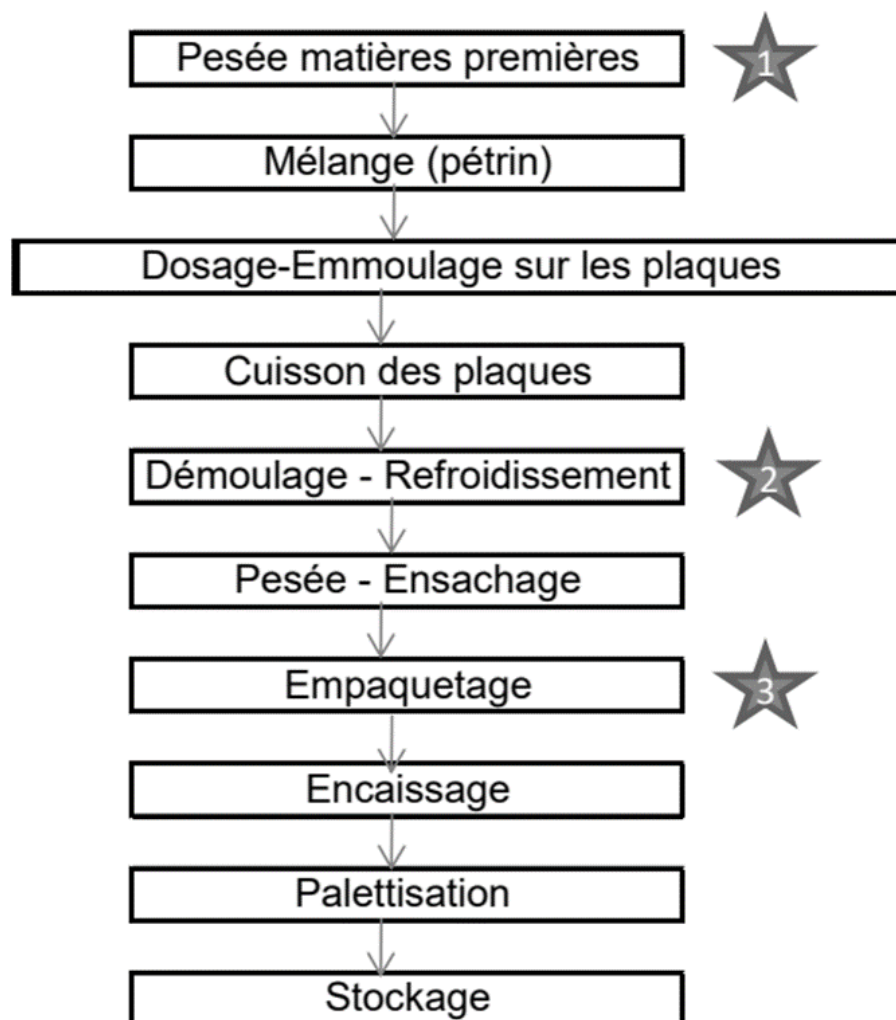
$A_w = 0,65 \pm 0,20$

Poids d'une madeleine : 10 ± 1 g

Poids indiqué sur le paquet : 200 g

Poids nominal : 213 ± 7 g

Nombre de sachets de 2 madeleines dans une boîte : 10

Document 2 : procédé de fabrication des petites madeleines longues**Principaux auto-contrôles :**

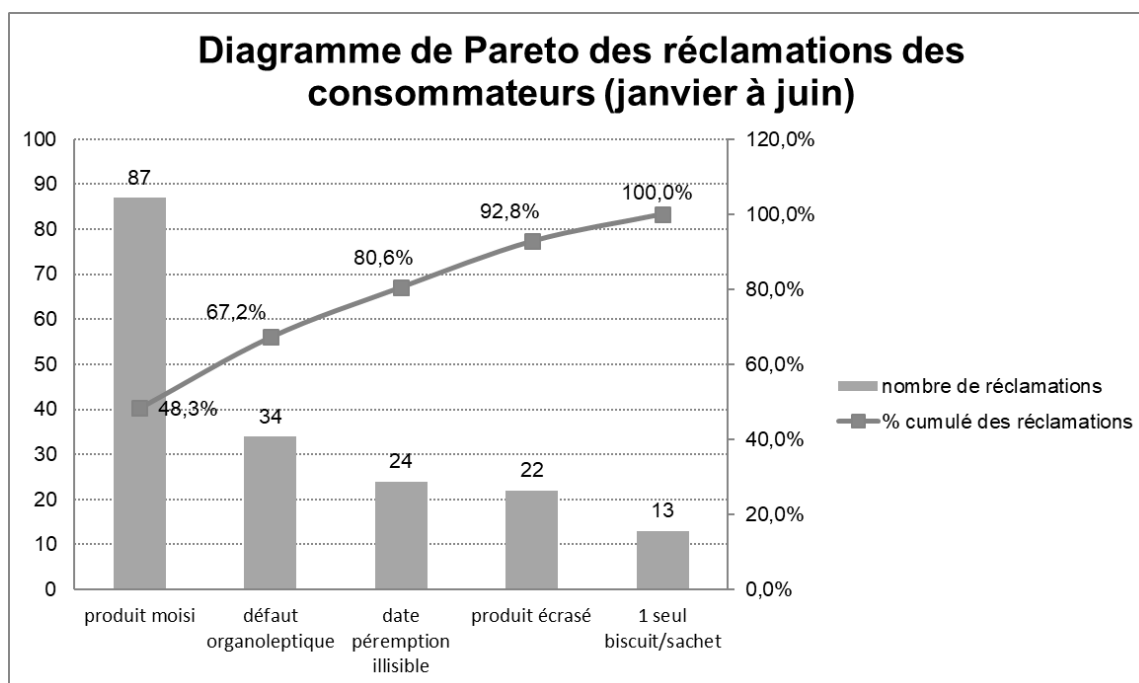
Contrôles des documents de traçabilité des matières premières

Contrôle de l'humidité du produit

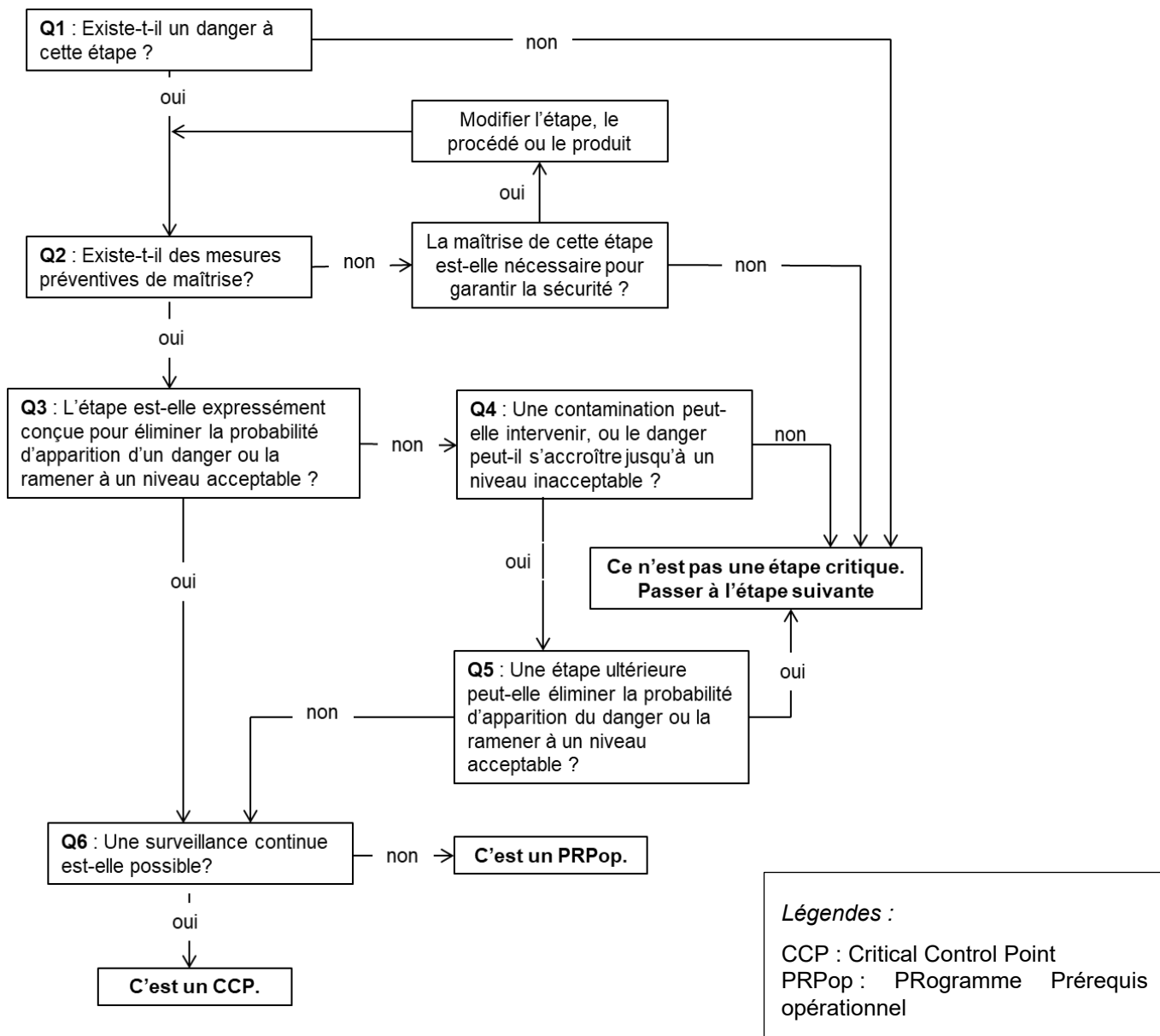
Contrôle du poids, contrôle de l'intégrité de l'emballage, contrôle visuel de l'étiquetage

Document 3 : récapitulatif mensuel des réclamations consommateurs

Janvier (100 réclamations)	Produit moisi : 50 % Produit écrasé : 10 % 1 seul biscuit/sachet : 10 % Défaut organoleptique : 30 %
Février (20 réclamations)	Produit moisi : 70 % Produit écrasé : 15 % 1 seul biscuit/sachet : 15 %
Mars (4 réclamations)	Produit moisi : 75 % Produit écrasé : 25 %
Avril (20 réclamations)	Produit moisi : 20 % Produit écrasé : 10 % Défaut organoleptique : 10 % Date de péremption illisible : 60 %
Mai (20 réclamations)	Produit moisi : 20 % Produit écrasé : 10 % Défaut organoleptique : 10 % Date de péremption illisible : 60 %
Juin (16 réclamations)	Produit moisi : 75 % Produit écrasé : 25 %



Document 4 : arbre décisionnel pour identifier les CCP et les PRPop



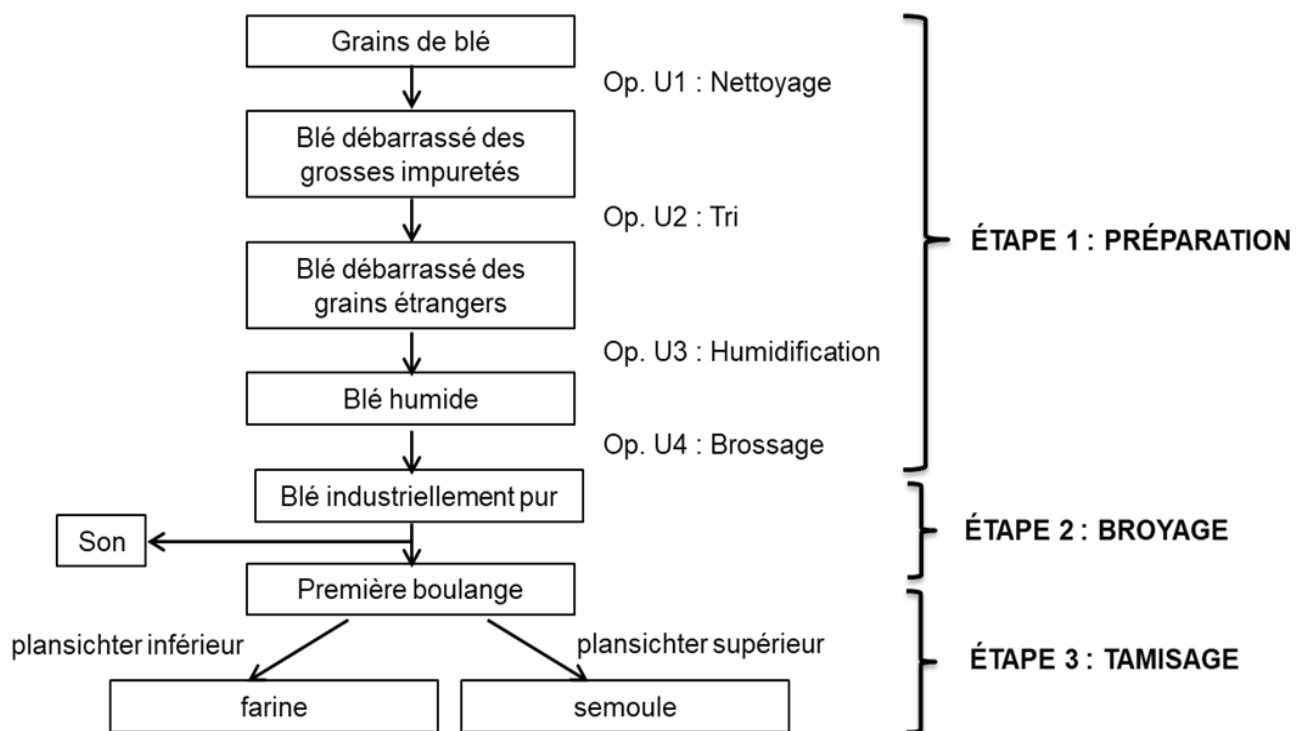
Source : Arbre décisionnel utilisé par l'entreprise et élaboré à partir des documents du Codex Alimentarius et de la norme ISO 22000:2018

Document 5 : types légaux des farines

Types	Taux d'extraction (quantité de farine en Kg obtenue avec 100 Kg de céréales)	Cendres (% matières sèches)	Utilisations
45	67	< 0,50	Pâtisseries, viennoiseries, crêpes
55	74	0,50 - 0,60	Pain courant, viennoiseries, biscottes, biscuits, pâtisseries
65	78	0,62 – 0,75	Biscuits
80	82	0,75 – 0,90	Pains spéciaux
110	85	1,00 – 1,20	Pain complet
150	94	> 1,40	Pain au son

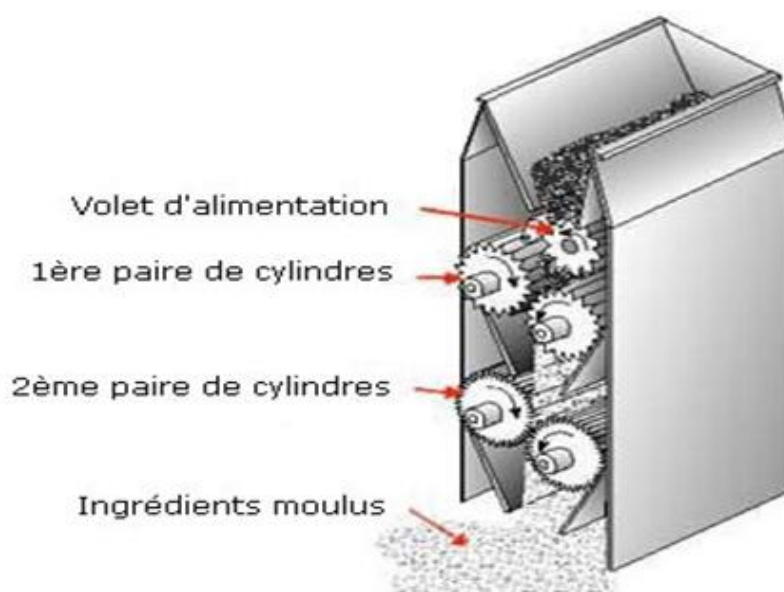
Source : Décret n° 63-720 du 13 juillet 1963 relatif à la composition des farines de blé, de seigle et de méteil.

Document 6 : diagramme de fabrication de la première farine depuis la récolte des grains de blé

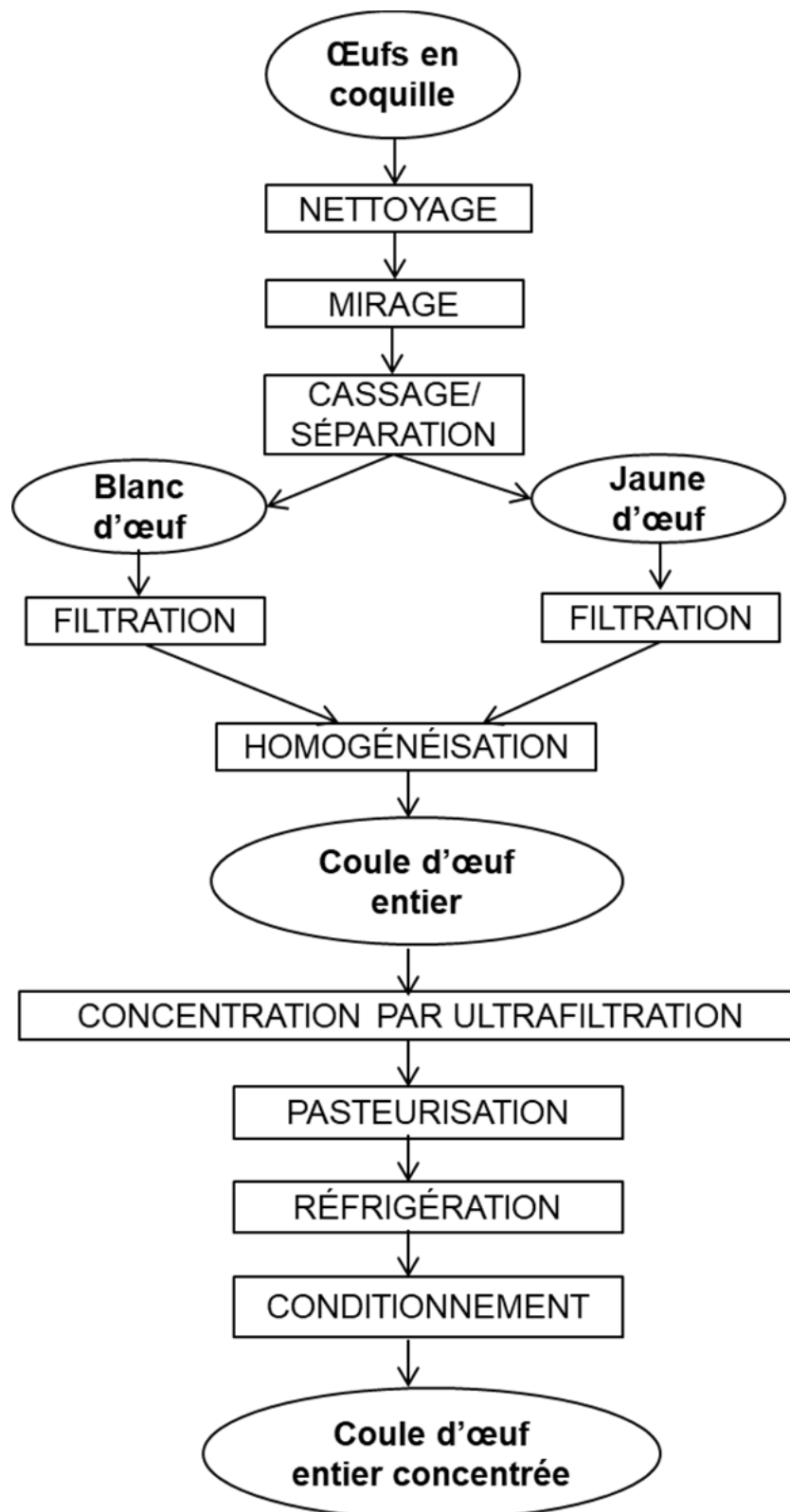


Légendes : Op.U : Opération Unitaire

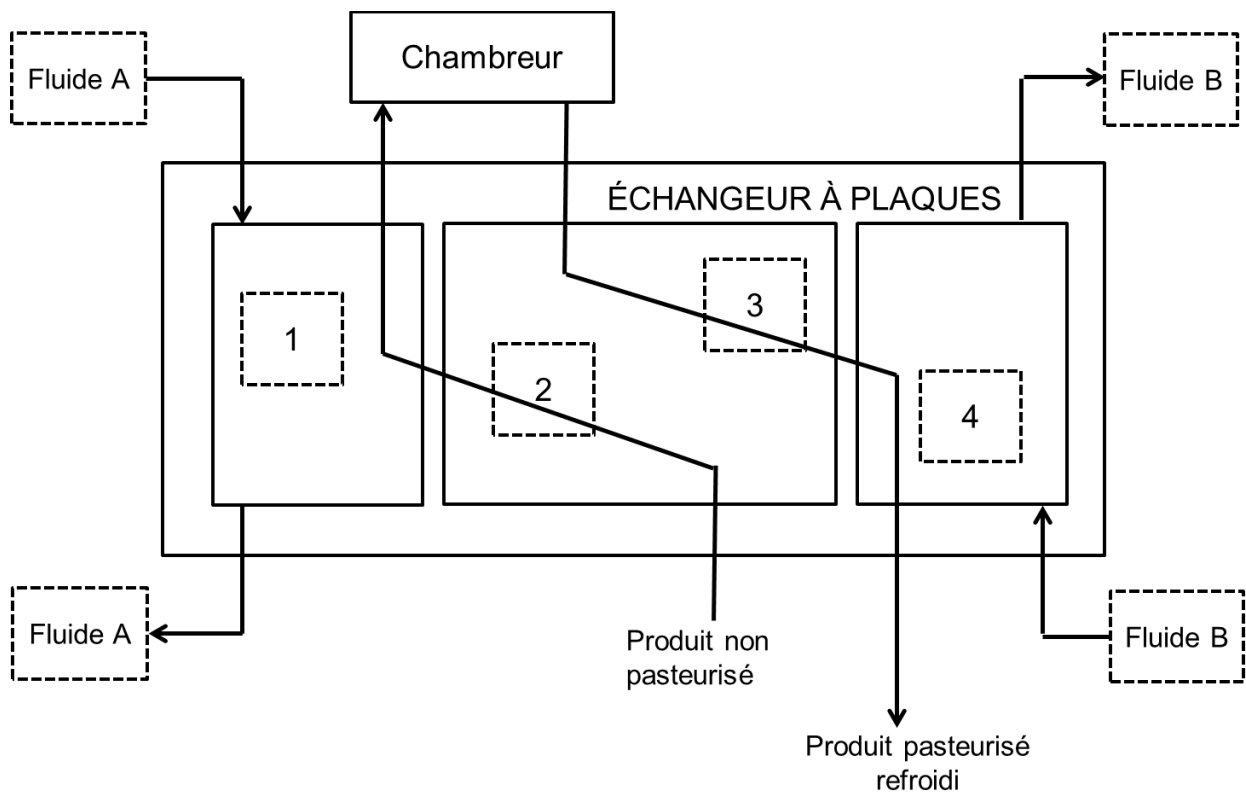
Document 7 : schéma d'un broyeur industriel à cylindres cannelés à plusieurs étages



Source : S. Milanovic, Sciences de l'environnement, 2018

Document 8 : Diagramme de fabrication des coules d'œuf entier concentrées

Source : Extrait procédure de fabrication de l'entreprise

Document 9 : schéma de principe d'un pasteurisateur à plaques

Source : d'après www.processindustries.fr

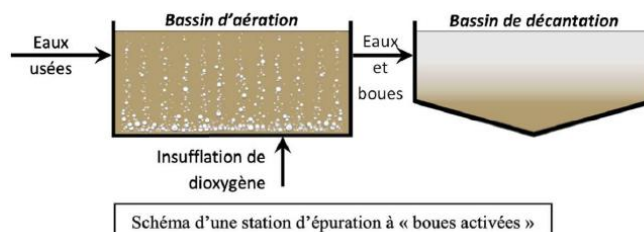
SESSION 2025 - Sujets

Sujet de mathématiques 2025

L'usage de la calculatrice, avec mode examen, est autorisé.

EXERCICE 1 (11 points)

Dans le bassin d'aération d'une station d'épuration, les matières polluantes contenues dans les eaux usées sont dégradées par des micro-organismes vivants nécessitant un apport en dioxygène insufflé par le plancher.



Le mélange d'eaux et de boues obtenu est ensuite transféré dans un bassin de décantation.

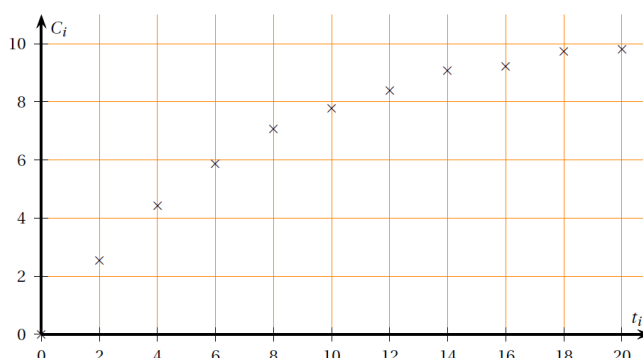
Partie A

Pour vérifier le fonctionnement correct du bassin d'aération, il est rempli d'eau pure et on y insuffle le dioxygène. Au fur et à mesure de l'absorption du dioxygène insufflé, la concentration en dioxygène dans l'eau augmente jusqu'à se stabiliser à une concentration appelée concentration saturante en dioxygène.

On mesure la concentration dans l'eau toutes les deux minutes à partir du début de la phase d'aération. Les résultats sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

Temps t_i (en min)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
C_i en $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0	2,531	4,438	5,875	7,063	7,770	8,378	9,066	9,215	9,726	9,809

- Le nuage de points $(t_i ; C_i)$ est représenté sur le graphisme ci-dessous.
Expliquer graphiquement pourquoi un ajustement linéaire de ce nuage de points ne paraît pas approprié.



- On pose $y_i = \ln(10,54 - C_i)$.

Le tableau ci-dessous donne certaines valeurs de y_i arrondies à 10^{-3} .

Temps t_i (en min)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
$y_i = \ln(10,54 - C_i)$	2,355	2,081	1,809	1,540	u	1,019	0,771	0,388	v	-0,206	-0,313

Indiquer sur la copie les deux valeurs manquantes u et v du tableau, arrondies à 10^{-3} .

3. À l'aide de la calculatrice, déterminer par la méthode des moindres carrés une équation de la droite d'ajustement du nuage de points $(t_i ; y_i)$ sous la forme $y = at + by$, où les coefficients a et b seront arrondis à 10^{-3} .
4. Dans ce qui suit, on choisit la droite $y = -0,14t + 2,35$ pour effectuer un ajustement du nuage de points $(t_i ; y_i)$.
On souhaite utiliser cet ajustement pour exprimer, en $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, la concentration en dioxygène dans l'eau, notée $C(t)$, en fonction du temps t écoulé en minutes.
Dédurre de ce qui précède que $C(t) = 10,54 - Ae^{-0,14t}$ où A est un réel dont on donnera la valeur arrondie à 10^{-2} .

Partie B

Dans cette partie, on modélise la concentration en dioxygène dans l'eau en $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ au temps t écoulé (en minutes) par la fonction f définie $[0 ; +\infty[$ qui vérifie $f(0) = 0$ et qui est la solution de l'équation différentielle (E) :

$$y' = r y = 10,54r$$

Où r est un nombre réel constant exprimé en min^{-1} .

1.
 - a) Écrire, en fonction du réel r , l'ensemble des solutions de l'équation $(E_0) : y' + r y = 0$
 - b) Vérifier que la fonction constante g définie sur $[0 ; +\infty[$ par $g(t) = 10,54$ est une solution particulière de l'équation différentielle (E).
 - c) En déduire que, pour tout réel $t \geq 0$, $f(t) = 10,54(1 - e^{-rt})$.
2. La quantité de dioxygène transférée par minute dans le bassin d'aération est notée AH_S et vérifie :

$$AH_S = r \times C_S \times V$$

On admet que $AH_S = 1000 \text{ g} \cdot \text{min}^{-1}$, $C_S = 0,010 54 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ et $V = 700 000 \text{ L}$.

- a) Déterminer une valeur approchée du réel r exprimée à 10^{-2} min^{-1} près.
- b) La modélisation par la fonction f et la valeur du réel r obtenue apparaissent-elles cohérentes avec la fonction C obtenue à la **partie A**, question 4. ?

Partie C

Après cette première phase d'insufflation, une fois la concentration en dioxygène stabilisée, on désactive le système d'insufflation. Des réactions chimiques se déroulent alors dans le bassin d'aération, et la concentration en dioxygène dans ce bassin diminue alors jusqu'à $0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

On remet en marche le système d'insufflation de dioxygène. La concentration en dioxygène dans le bassin d'aération augmente jusqu'à atteindre une nouvelle valeur de saturation. Soit la fonction g définie pour $t \geq 0$ par

$$g(t) = 4,77(1 - e^{-0,09t}).$$

1.
 - a) Déterminer la limite de la fonction g en $+\infty$. Interpréter cette valeur dans le contexte de l'exercice.
 - b) Déterminer au bout de combien de minutes la concentration en dioxygène atteindra la valeur $4,293 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, c'est-à-dire 90 % de la valeur de saturation apparente.
On précisera la méthode utilisée.
2.
 - a) On note G la fonction définie pour tout $t \geq 0$ par $G(t) = 4,77t + 53e^{-0,09t}$.
Vérifier que la fonction G est une primitive de la fonction g sur l'intervalle $[0 ; +\infty[$.
 - b) On admet que la concentration moyenne en dioxygène pendant les vingt-cinq premières minutes d'aération est égale à :

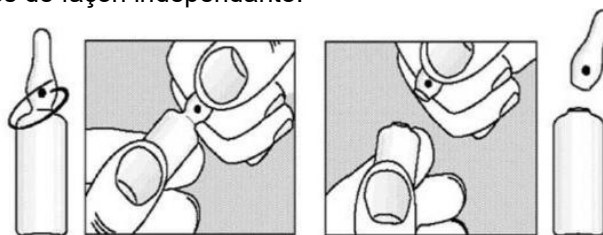
$$C_m = \frac{1}{25} \int_0^{25} g(t) dt$$

Déterminer l'arrondi, à $0,1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, de la concentration moyenne en oxygène pendant les vingt-cinq premières minutes d'aération.

EXERCICE 2 (9 points)

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

Des produits pharmaceutiques, injectables ou buvables, sont conditionnés dans des ampoules en verre dont une extrémité est faite pour être facilement cassée (cf schéma ci-contre). Une telle ampoule est appelée ampoule bouteille.



Partie A

Dans cette partie, les probabilités seront arrondies à 10^{-3} .

Lors du calibrage, on contrôle deux dimensions de l'ampoule bouteille et on procède à son éjection de la ligne de définition si les deux dimensions sont hors tolérances.

Ces deux dimensions sont cf schéma ci-contre) :

- le diamètre d de scellage où l'ampoule sera fermée après remplissage du produit pharmaceutique ;
- la hauteur totale h de l'ampoule.

Ces deux dimensions sont contrôlées en début de ligne de finition.

On choisit au hasard une ampoule et on note D la variable aléatoire qui à chaque ampoule associe son diamètre d de scellage exprimé en mm et H la variable aléatoire qui, à chaque ampoule, associe sa hauteur totale h exprimée en mm.

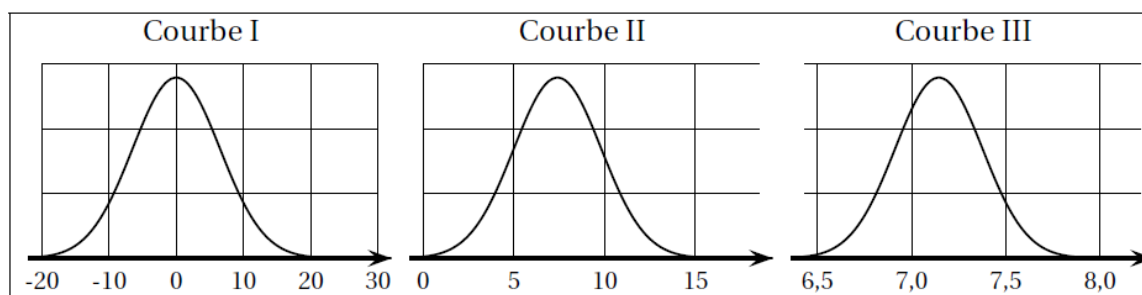
On admet que ces variables aléatoires peuvent être modélisées de la façon suivante :

- la variable aléatoire D suit la loi normale de moyenne 7,1 et d'écart type 0,24 ;
- la variable aléatoire H suit la loi normale de moyenne 102 et d'écart type 0,7.

On suppose que les variables aléatoires D et H sont indépendantes.



1. Parmi les trois courbes I, II et III représentées ci-dessous, une seule est la représentation graphique de la variable aléatoire D . Indiquer sur la copie quelle est cette courbe et justifier ce choix.



2.

- a) Déterminer la probabilité $P(6,48 \leq D \leq 7,72)$.
- b) Déterminer la probabilité $P(100,6 \leq H \leq 104,1)$.

3. Une ampoule est correctement calibrée si elle vérifie en même temps les deux conditions suivantes :

- son diamètre de scellage d appartient à l'intervalle $[6,48 ; 7,72]$;
- sa hauteur totale h appartient à l'intervalle $[100,6 ; 104,1]$.

Déduire de la question 2. la probabilité qu'une ampoule prise au hasard en début de ligne de finition soit correctement calibrée.

Partie B

Dans cette partie, on prélève 50 ampoules bouteilles en début de ligne de finition.

Le nombre d'ampoules produites est suffisamment important pour que ce prélèvement puisse être assimilé à un tirage avec remise de 50 ampoules.

On admet que la probabilité qu'une ampoule, prise au hasard dans le prélèvement, soit correctement calibrée est égale à 0,97.

On désigne par X la variable aléatoire qui, à tout prélèvement de 50 ampoules en début de ligne de finition, associe le nombre d'ampoules correctement calibrées.

1. Sans justifier, donner la loi suivie par la variable aléatoire X et préciser ses paramètres.
2. Déterminer l'espérance de la variable aléatoire X et interpréter cette valeur dans le contexte de l'exercice.
3. On prélève 50 ampoules bouteilles en début de ligne de finition. Déterminer la probabilité, arrondie à 10^{-3} , que, dans un tel prélèvement, au moins quatre ampoules ne soient pas correctement calibrées (dans ce cas, la ligne de finition est arrêtée pour réglage).

Partie C

Un technicien souhaite contrôler la qualité du remplissage des ampoules bouteilles par une solution.

Dans ce but, il prélève un échantillon de 100 ampoules (un tel prélèvement peut être assimilé à un tirage avec remise du fait de l'importance de la production).

Le volume moyen de la solution contenue dans ces 100 ampoules est $v_e = 9,67$ mL.

Il souhaite tester l'hypothèse « *le volume de solution contenue dans une ampoule est égal à 10 mL* » à l'aide d'un test bilatéral au seuil de signification de 5 %.

On désigne par V la variable aléatoire qui, à un échantillon de 100 ampoules prélevées au hasard dans l'ensemble de la production, associe la moyenne des volumes de solution contenue.

On pose pour hypothèse nulle « $H_0 : \mu = 10$ mL » et pour hypothèse alternative « $H_1 : \mu \neq 10$ mL ».

1. Sous l'hypothèse H_0 , on admet que la variable aléatoire V suit la loi normale d'espérance 10 et d'écart type 0,03.
Donner, sans justifier, un nombre réel h tel que $P(10 - h \leq V \leq 10 + h) \approx 0,95$ à 10^{-2} près.
2. Énoncé la règle de décision du test.
3. D'après l'échantillon prélevé par le technicien, peut-on accepter l'hypothèse H_0 au seuil de signification de 5 % ? Justifier.
4. Si le test bilatéral avait été réalisé au seuil de signification de 1 %, quelle aurait été la région d'acceptation du test parmi les quatre proposées ci-dessous ? On ne justifiera pas la réponse.

$$A = [9,97 ; 10,03]$$

$$B = [9,95 ; 10,05]$$

$$C = [9,94 ; 10,06]$$

$$D = [9,92 ; 10,08]$$

Sujet de sciences physiques et chimiques 2025

Calculatrice avec mode examen autorisée

Partie A – À propos du phosphore 32 (10 points)

Le phosphore 32 (^{32}P) est un noyau radioactif émetteur β^- très utilisé en recherche de par son énergie élevée. Son utilisation en biologie moléculaire s'est largement répandue par l'emploi de nucléotides de haute activité, spécifique pour marquer l'ADN.

Données :

Éléments voisins du phosphore dans la classification périodique :

Élément chimique	Al	Si	P	S	Cl	Particule émise lors de la désintégration β^-
Numéro atomique Z	13	14	15	16	17	
Nombre de masse A	31	32	32	32	32	
Masse (u)	30,983 800	31,974 148	31,973 907	31,972 070	31,985 690	0,000 549

Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Constante de Planck : $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

Conversion d'unités : $1 \text{ u} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$

$1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$

$1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}$

Q1. Donner la composition du noyau de phosphore $^{32}_{15}\text{P}$.

Q2. Énoncer les lois utilisées pour écrire une équation de désintégration.

Q3. Écrire l'équation de désintégration β^- du phosphore $^{32}_{15}\text{P}$ et identifier le noyau fils.

Q4. Montrer que, pour cette désintégration, la perte de masse Δm est de $-1,288 \times 10^{-3} \text{ u}$, puis la convertir en kg.

Q5. Donner la relation permettant de calculer l'énergie libérée en fonction de la perte de masse.

Q6. Calculer l'énergie libérée lors de cette désintégration, exprimée en J.

Cette désintégration est suivie de l'émission d'un rayonnement γ d'énergie $E_\gamma = 1,71 \text{ MeV}$.

Q7. Expliquer pourquoi cette désintégration s'accompagne d'un rayonnement γ .

Q8. Déterminer la longueur d'onde λ correspondant à ce rayonnement γ .

Partie B – Le sulfure d'hydrogène (10 points)

Le sulfure d'hydrogène joue un rôle important en biologie. Il est produit par la dégradation des protéines contenant du soufre et est en grande partie responsable de l'odeur fétide des excréments et des gaz, humains et animaux.

On s'intéresse aux équilibres acido-basiques relatifs au sulfure d'hydrogène H_2S .

Données :

Les espèces chimiques H_2S , HS^- et S^{2-} sont incolores en solution aqueuse.

$\text{p}K_{A1}(\text{H}_2\text{S}/\text{HS}^-) = 7,0$ $\text{p}K_{A2}(\text{HS}^-/\text{S}^{2-}) = 13,0$

Numéro atomique de l'atome de soufre S : $Z = 16$

Bleu de bromothymol :

Teinte acide	Zone de virage	Teinte basique
Jaune	6,0 à 7,6	Bleu

Q9. Donner la configuration électronique de l'atome de soufre.

Q10. Représenter le schéma de Lewis de la molécule de sulfure d'hydrogène.

Q11. En déduire la géométrie de la molécule H_2S , en utilisant la méthode de Gillespie (ou VSEPR).

On dispose d'une solution aqueuse S_0 de sulfure d'hydrogène de concentration en quantité de matière C_0 . Lorsqu'on y verse quelques gouttes de bleu de bromothymol, la solution devient jaune.

Q12. Conclure quant au pH de la solution S_0 .

Q13. Identifier l'espèce majoritaire parmi H_2S , HS^- et S^{2-} dans S_0 à partir d'un diagramme de prédominance.

On procède au titrage pH-métrique d'un volume $V_0 = 200 \text{ mL}$ de S_0 par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$) de concentration en quantité de matière $C_1 = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Seule la première acidité H_2S est dosée.

Une simulation permet d'obtenir la courbe fournie en annexe, **dans le document page réponse 8/8, à rendre avec la copie**, donnant l'évolution du pH en fonction du volume V de solution d'hydroxyde de sodium versé.

Q14. Écrire l'équation de la réaction support du titrage de la première acidité du sulfure d'hydrogène H_2S .

Q15. Déterminer graphiquement les coordonnées du point équivalence, dans le document réponse en annexe page 8/8, à rendre avec la copie, en faisant apparaître les traits de construction.

Q16. Retrouver, à partir de la courbe de titrage, le $\text{p}K_A$ du couple $\text{H}_2\text{S}/\text{HS}^-$.

Q17. Déterminer, en détaillant le raisonnement, la concentration en quantité de matière C_0 de la solution S_0 .

Partie C – Synthèse de l'éphédrine (10 points)

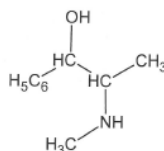
Données :

Élément	H	C	N	O	Br
Numéro atomique Z	1	6	7	8	35

L'éphédrine est issue des plantes du genre *Ephedra* (famille des *Ephedraceae*), utilisées depuis 5 000 ans par la médecine chinoise.

L'éphédrine est également utilisée dans divers pays pour le traitement de l'asthme, de l'obésité ou lors d'interventions chirurgicales pour maintenir une pression artérielle haute.

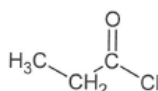
L'éphédrine naturelle est la 1-phényl-2-(N-méthyl)-aminopropan-1-ol de configuration absolue à déterminer ultérieurement. Sa synthèse est réalisée depuis 1923 et sa formule semi-développée est :



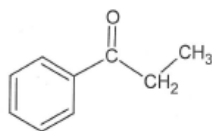
La synthèse de l'éphédrine s'effectue en quatre étapes.

Première étape

En présence de trichlorure d'aluminium AlCl_3 , on fait réagir du benzène avec du chlorure de propanoyle, dont la formule semi-développée est donnée ci-dessous :



On obtient la propiophénone notée (A)



Q18. Préciser le rôle de AlCl_3 .

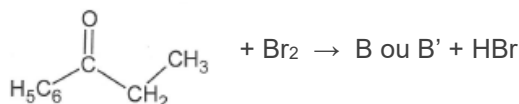
Q19. Écrire l'équation de la réaction du benzène avec le chlorure de propanoyle, en utilisant les formules semi-développées.

Q20. Choisir dans les listes suivantes les deux termes caractérisant cette réaction :

Addition – substitution – élimination
Nucléophile – électrophile – radicalaire

Deuxième étape

La propiophénone est traitée avec du dibrome sous l'action de rayonnements ultraviolets (UV). On obtient les molécules isomères B ou B' selon l'équation de la réaction suivante :



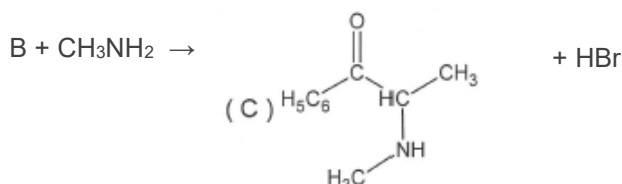
Le produit majoritaire B de la réaction possède un carbone asymétrique.

Q21. Donner la définition d'un carbone asymétrique.

Q22. Écrire les formules semi-développées de B et B', sachant que le groupe C_6H_5 ne réagit pas dans les conditions de cette expérience.

Troisième étape

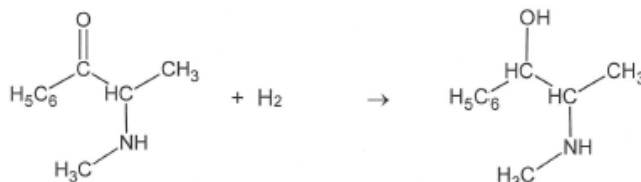
B réagit avec la méthylamine pour conduire à la molécule C selon l'équation bilan suivante :



Q23. Recopier la molécule C et entourer les groupes caractéristiques ; nommer les fonctions organiques (ou la famille fonctionnelles) correspondantes.

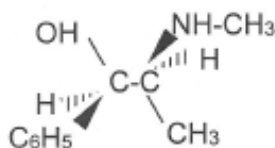
Quatrième étape

Enfin, C réagit avec le dihydrogène pour conduire à l'éphédrine :



Q24. Recopier sur la copie la molécule d'éphédrine et repérer par un astérisque le (ou les) carbone(s) asymétriques.

Q25. Recopier sur la copie la molécule ci-dessous et déterminer les configurations absolues (R ou S) du (ou des) carbone(s) asymétrique(s) en précisant les règles utilisées.



Partie D – Contrôle d'un sirop de sucre (10 points)

Afin de lutter contre l'obésité, il est essentiel d'indiquer sur les produits alimentaires la teneur en sucre. Un laboratoire d'analyse souhaite vérifier la teneur en saccharose d'un sirop de sucre aussi appelé « sucre simple » ou « sirop blanc », à l'origine de la fabrication d'un sirop aromatisé.

Un fournisseur de sirop de sucre annonce sur l'étiquette du produit une composition en masse de saccharose de 65 g pour 100 g de sirop, à 5 % près. Le laboratoire d'analyse souhaite vérifier cette teneur par réfractométrie.

Afin de faire son analyse, le technicien effectue dans un premier temps une dilution au dixième de la solution commerciale de sirop de sucre S_0 . La solution préparée est appelée S_i (solution inconnue) dans la suite de l'exercice.

Le technicien prépare ensuite une gamme de solutions étalon de saccharose à partir d'une solution mère de concentration $200 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$.

Il mesure ensuite l'indice de réfraction de chacune des solutions préparées, ainsi que l'indice de réfraction de la solution inconnue S_i .

Les résultats sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

Concentration C ($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	200	150	100	75	50	Solution inconnue S_i
Indice de réfraction n	1,3620	1,3545	1,3475	1,3435	1,3405	1,3427

On suppose que dans les conditions de l'expérience, la relation entre l'indice de réfraction et la concentration s'écrit sous la forme :

$$n = n_0 + a \times C$$

Avec C la concentration en masse en saccharose et n_0 l'indice de réfraction du solvant, ici l'eau.

Q26. Montrer, soit à partir d'une régression linéaire dont toutes les caractéristiques seront précisées sur la copie, soit en utilisant la feuille de papier millimétré, que la relation précédente est bien vérifiée.

La feuille de papier millimétré sera à rendre avec la copie si elle est utilisée.

Q27. En déduire les valeurs des coefficients a et n_0 en précisant les unités.

Q28. Montrer que la concentration en masse de la solution inconnue est de l'ordre de $C_i = 67 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$.

Q29. En déduire la concentration en masse C_0 de la solution commerciale S_0 de sirop de sucre.

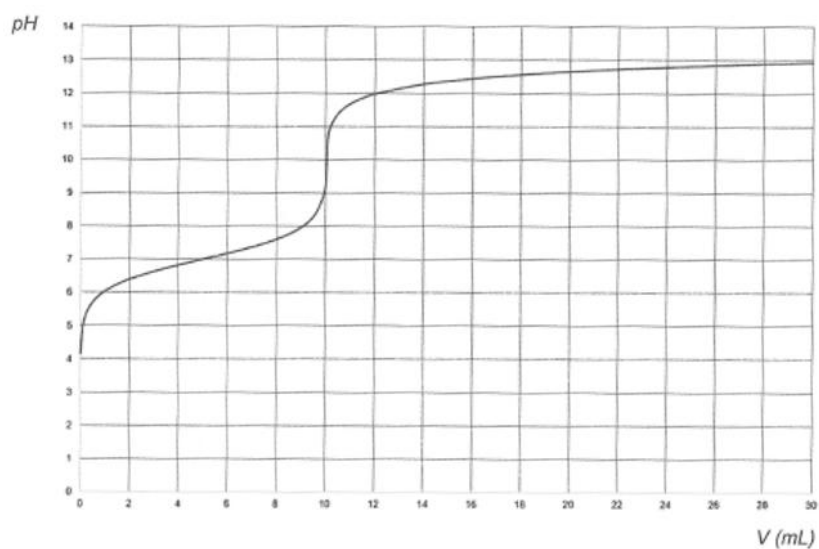
Q30. En admettant que 100 mL de sirop pèse 105 g, déterminer en détaillant le raisonnement, la masse de saccharose contenue dans 100 g de sirop.

Q31. Indiquer, en justifiant, si la valeur obtenue est conforme à l'indication du fabricant.



Document réponse de l'exercice B à rendre avec la copie

Titration pHmétrique d'une solution aqueuse S_0 de sulfure d'hydrogène par une solution d'hydroxyde de sodium (courbe simulée).



Sujet de biochimie et technologies d'analyse 2025

La valorisation et le recyclage des déchets

En France, le plan national de gestion des déchets s'inscrit dans la transition vers un modèle d'économie circulaire. Les principaux buts de ce plan visent à réduire l'utilisation de ressources non renouvelables, à allonger la durée de vie des produits, à limiter le gaspillage et à utiliser les déchets comme nouvelles ressources, par le recyclage ou la valorisation.

Parmi les principaux objectifs, des procédés efficaces pour la valorisation des déchets organiques issus de l'agriculture, de l'alimentation ou de l'assainissement pourraient être mis au point, et les matières plastiques contenues dans les déchets d'emballages pourraient être recyclées à hauteur de 50 %.

Dans cette perspective, le développement de procédés biologiques utilisant des enzymes s'inscrit dans la valorisation et le traitement des déchets.

1. Valorisation des déchets

1.1. Valorisation des déchets végétaux pour la production de bioplastiques

Dans le cadre du projet Bioplast, projet de recherche et de développement visant à élaborer des plastiques à partir de déchets agricoles, les polyosides tels que la cellulose et l'amidon contenus dans les végétaux peuvent servir de substrats à une levure produisant des lipides.

Un laboratoire de recherche français a réalisé des travaux sur *Yarrowia lipolytica*, une levure ayant la capacité de produire et d'accumuler des lipides, qui peuvent ensuite être utilisés pour fabriquer des plastiques.

Deux souches *Yarrowia lipolytica* sont étudiées : YLpO et CYLpO.

La souche CYLpO est obtenue par insertion de gènes codant des cellulases dans le matériel génétique de la souche YLpO, dans le but d'améliorer sa capacité d'hydrolyse enzymatique de la cellulose.

Le **document 1** présente la structure de l'amidon et de la cellulose ainsi que l'action de trois cellulases : l'endoglucanase, la cellobiosidase et la β -glucosidase.

Q1. Comparer les structures de l'amidon et de la cellulose après avoir identifié, pour chaque polyoside, la nature des liaisons entre les monomères.

Q2. Comparer l'action de l'endoglucanase et celle de la cellobiosidase.

La concentration d'activité enzymatique des cellulases produites par CYLpO est déterminée par une méthode colorimétrique, en vue de la comparer aux activités des cellulases déjà commercialisées, comprises entre 50 et 910 U·mL⁻¹.

La méthode repose sur l'action des endoglucanases sur un analogue coloré de la cellulose (« dyed CM-cellulose »), puis une précipitation de la CM-cellulose colorée résiduelle et la quantification des courts polyosides colorés produits. La fiche technique de la méthode est présentée en **document 2**.

Q3. Établir sous forme de logigramme la procédure opératoire de la mesure d'une activité cellulase d'un échantillon.

Q4. Expliquer précisément le rôle du réactif « Precipitant solution » et le rôle du blanc de réaction « reaction blank ».

Q5. En déduire le nom de la méthode de détermination de l'activité enzymatique.

Les cellulases produites par la souche CYLpO sont extraites puis diluées au 1/100e.

L'absorbance à 590 nm obtenue pour la cellulase de CYLpO est de 0,142.

Q6. Déterminer l'activité en milliU/assay (0,5 mL) puis la concentration d'activité catalytique « b » des cellulases de CYLpO en U·mL⁻¹ de préparation enzymatique. Conclure.

Des plastiques peuvent être élaborés à partir d'acides gras synthétisés par la levure.

Les voies métaboliques impliquées dans la synthèse des acides gras chez *Yarrowia lipolytica* sont présentées dans le **document 3**.

Q7. Identifier les voies métaboliques ① et ③. Indiquer sur la copie le nom des réactifs et produits a, b, c et d de l'équation de la décarboxylation oxydative du pyruvate (réaction ②).

La croissance des souches YLpO et CYLpO de *Yarrowia lipolytica* est conduite dans un milieu minimum additionné de cellulose. Le glucose, la cellulose et les acides gras sont dosés au cours du temps. Le **document 4** rend compte des résultats.

Q8. Interpréter l'ensemble des résultats obtenus au cours de la croissance de YLpO.

Q9. Discuter, à l'aide des cartes obtenus pour les deux souches, de l'intérêt d'utiliser préférentiellement la souche CYLpO dans le cadre d'une production de plastique à partir de déchets végétaux.

1.2. Valorisation des boues de stations d'épuration

Les boues issues du traitement des eaux usées domestiques sont des déchets organiques qui peuvent être valorisés par compostage à condition de les mélanger à des déchets verts.

Les composts issus de cette valorisation sont analysés conformément à la norme NF U44-095 afin de garantir leur innocuité et d'informer de leur intérêt agronomique.

La teneur en azote des composts est un paramètre essentiel pour leur utilisation en tant qu'engrais, cette teneur doit être comprise entre 16 et 60 g·kg⁻¹ de matière sèche.

La teneur en azote « w » est déterminée selon la méthode de Kjeldahl, dont la procédure et les résultats sont présentés dans le **document 5**.

Q10. Expliquer l'intérêt des mentions en gras dans le paragraphe 4 du mode opératoire.

Le dosage de l'azote est conduit sur un blanc, un échantillon de compost et sur 2 substances de référence pour contrôler la méthode.

Q11. Expliciter quelles étapes sont validées par le contrôle dihydrogénophosphate d'ammonium d'une part, et le contrôle glycine d'autre part.

Q12. Calculer la teneur en azote « $w_{(azote ; MS \text{ de compost})}$ » en g·kg⁻¹ dans l'échantillon de compost. Conclure sur la qualité du compost.

2. Recyclage du polyéthylène téréphthalate ou PET

Le PET sert chaque année à la fabrication de 500 milliards de bouteilles. Son processus principal de recyclage est thermomécanique, mais il ne permet de recycler qu'une petite fraction des déchets.

De nombreuses recherches étudient une enzyme, la PET hydrolase qui catalyse la dépolymérisation du PET en éléments de base pouvant être réutilisés pour fabriquer de nouveaux objets en PET.

Suite à la publication en avril 2020 dans la revue Nature d'un article décrivant le développement d'une PET hydrolase appelée LCC (Leaf Compost Cutinase), on étudie la possibilité d'utiliser cette enzyme de façon industrielle dans le cadre de la valorisation des déchets.

2.1. Caractéristiques structurales de la PET hydrolase LCC

La PET hydrolase LCC a été purifiée. Sa structure tridimensionnelle déterminée par cristallographie aux rayons X est présentée dans le **document 6**. Cette enzyme possède 258 acides aminés.

Q13. Décrire la structure tridimensionnelle de la PET hydrolase.

Q14. Calculer la masse moléculaire approximative de la PET hydrolase LCC.

Donnée : Masse moléculaire moyenne d'un résidu d'acide aminé : 110 g·mol⁻¹.

La masse moléculaire de la PET hydrolase LCC est déterminée expérimentalement par chromatographie d'exclusion stérique.

Différentes résines pour cette chromatographie sont présentées sur le **document 7**.

Q15. Présenter le principe de la chromatographie d'exclusion stérique.

Identifier une résine qui pourrait être utilisée comme phase stationnaire pour établir la masse moléculaire de la PET hydrolase LCC.

2.2. Étude des paramètres cinétiques de la PET hydrolase LCC

L'utilisation industrielle d'une PET hydrolase nécessite une température de dépolymérisation aussi proche que possible de 70 °C, ce qui correspond à la température de transition de l'état solide à l'état visqueux du PET.

Les caractéristiques de la PET hydrolase LCC pourraient être intéressantes. Ses paramètres cinétiques sont étudiés à des températures élevées pour vérifier l'intérêt de son utilisation industrielle.

Le protocole de détermination de la vitesse initiale est présenté dans le **document 8**.

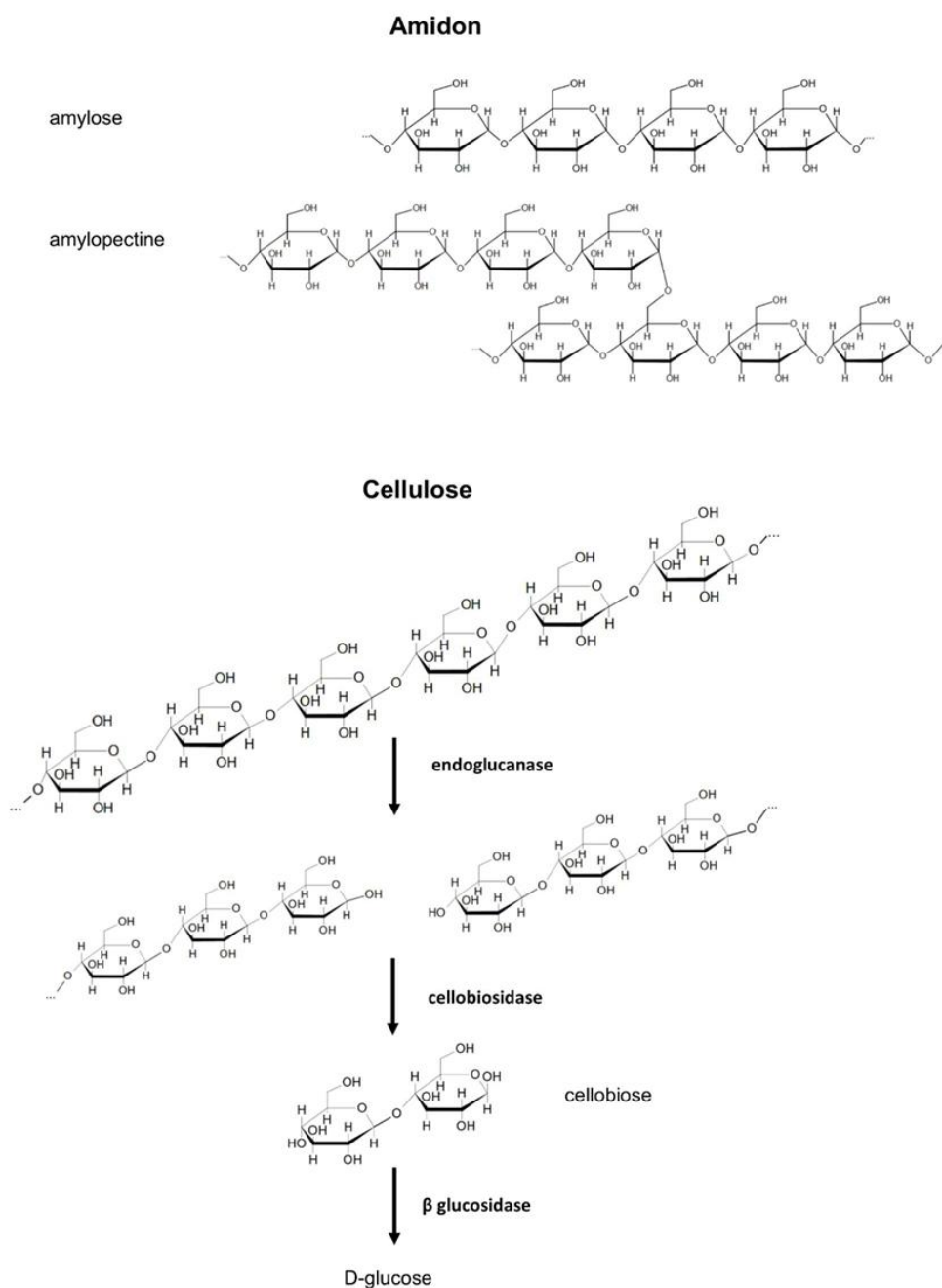
Q16. Représenter l'allure de la courbe attendue et expliquer comment cette courbe est utilisée pour déterminer graphiquement la v_i .

Le **document 9** rend compte des résultats d'une étude de l'effet de la température sur les paramètres cinétiques de la PET hydrolase LCC.

Q17. Déterminer les constantes K_M et v_{imax} de la PET hydrolase LCC aux différentes températures. Analyser les résultats obtenus.

Q18. Discuter de l'utilisation industrielle possible de la PET hydrolase LCC.

Document 1 : structure moléculaire de l'amidon et hydrolyse enzymatique de la cellulose



Document 2 : mesure de l'activité cellulase : fiche technique du Kit Mégazyme par AZO-CM-CELLULOSE

PRINCIPLE:

This assay procedure is specific for the endo-1,4-β-D-glucanase activity (endo-Cellulase) present in cellulase preparations. On incubation of dyed CM-cellulose (azo-cm-cellulose) with cellulase, the substrate is depolymerised by an endo-mechanism to produce low-molecular weight dyed fragments which remain in solution on addition of a precipitant solution to the reaction mixture. High-molecular weight material is removed by centrifugation and the colour of the supernatant is measured. endo-Cellulase in the assay solution is determined by reference to a standard curve.

SUBSTRATE:

The substrate is partially depolymerised and dyed CM-Cellulose 4M. The polysaccharide is dyed with Remazolbrilliant Blue R to an extent of approx. one dye molecule per 20 sugar residues.

ASSAY PROCEDURE:

Add 0.5 mL of enzyme solution (pre-equilibrated at 40°C) to 0.5 mL of pre-equilibrated substrate solution and stir on a vortex mixer. Incubate at 40°C for exactly 10 min and terminate the reaction (with precipitation of high-molecular weight unhydrolysed substrate) by the addition of 2.5 mL of Precipitant Solution with vigorous stirring for 10 sec on a vortex mixer. Allow the reaction tubes to equilibrate to room temperature for 10 min. Stir the tube contents again and centrifuge the tubes at 1,000 g for 10 min. Pour the supernatant solution directly into a spectrophotometer cuvette and measure the absorbance of the reaction solutions at 590 nm against the reaction blank. Determine enzyme activity by reference to a standard curve.

Prepare the reaction blank by adding precipitant solution to substrate solution and mixing, then add the enzyme solution and mix well. Usually, a single blank is required with each set of determinations, and this is used to zero the spectrophotometer.

STANDARD CURVE:

A typical standard curve is shown below. This curve is for pure *Trichoderma sp.* cellulase from Laminex preparation (Genencor International) diluted in 100 mM sodium acetate buffer (pH 4.5). A suitable dilution for Original Extract of Laminex preparation is approx. 200-fold.

CALCULATION OF ACTIVITY:

endo-Cellulase activity is determined by reference to the standard curve to convert absorbance to milliUnits of activity per assay (i.e. per 0.5 mL) on CMC-4M, and then calculated as follows:

Units/mL or gram of Original Preparation: $b = \text{milliU/assay (0.5 mL)} \times 2 \times 50 \times 1/1000 \times Fd$

Where:

2 = conversion from 0.5 mL to 1.0 mL

50 = the volume of buffer used to extract the original preparation
(i.e. 1.0 g/50 mL or 1.0 of enzyme added to 49 mL of buffer).

$\frac{1}{1000}$ = conversion from milliUnits to Units.

Fd = further dilution of the Original Extract

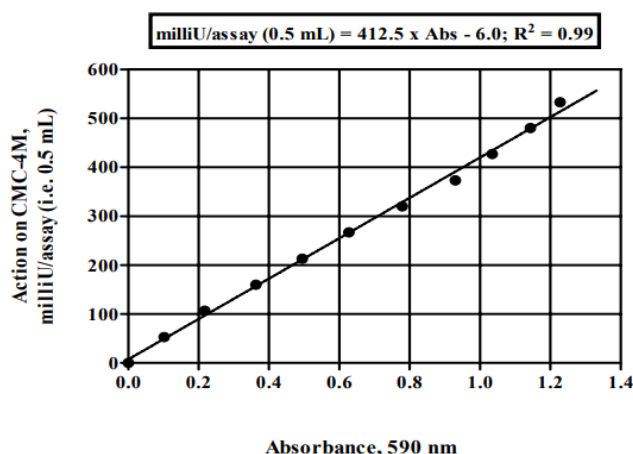
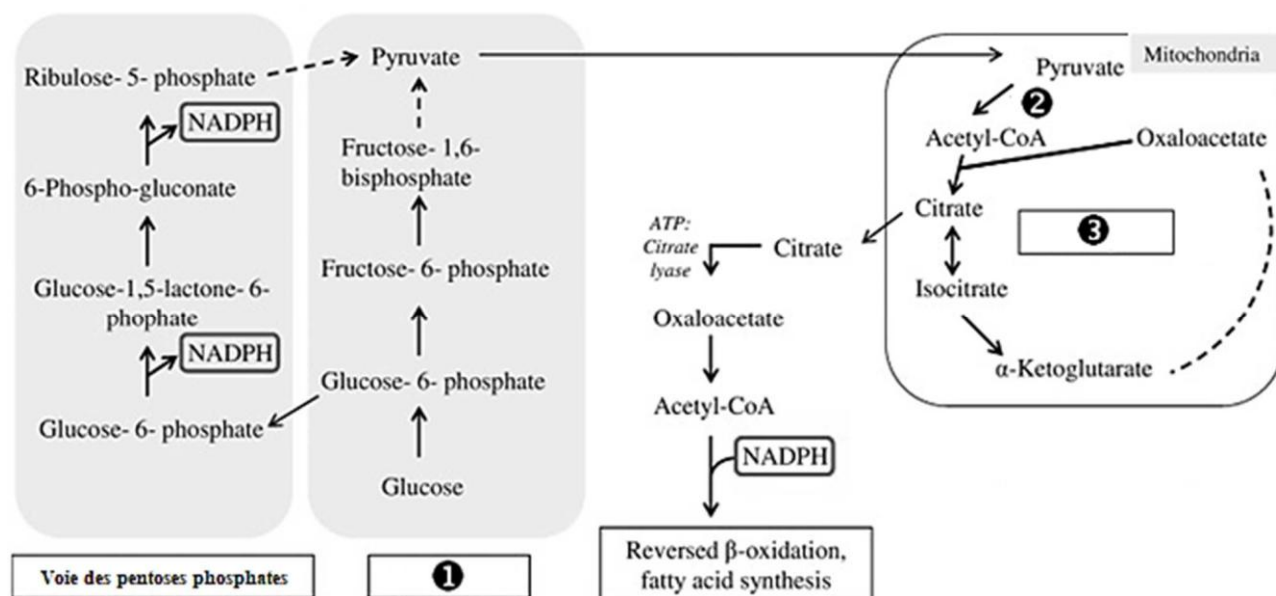
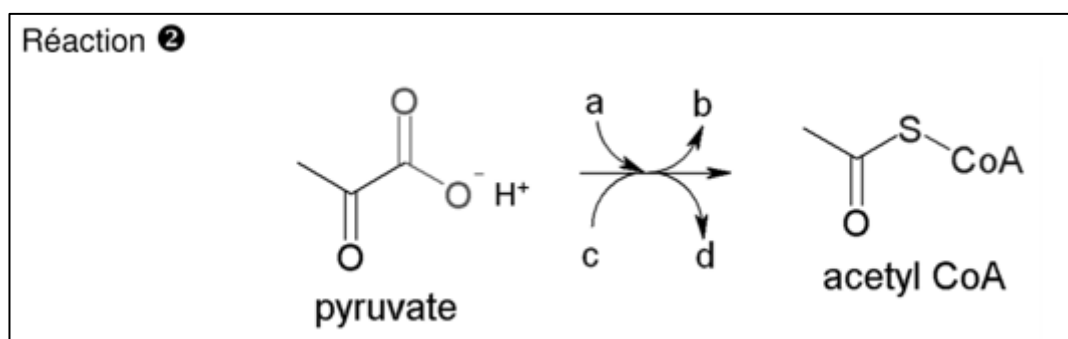
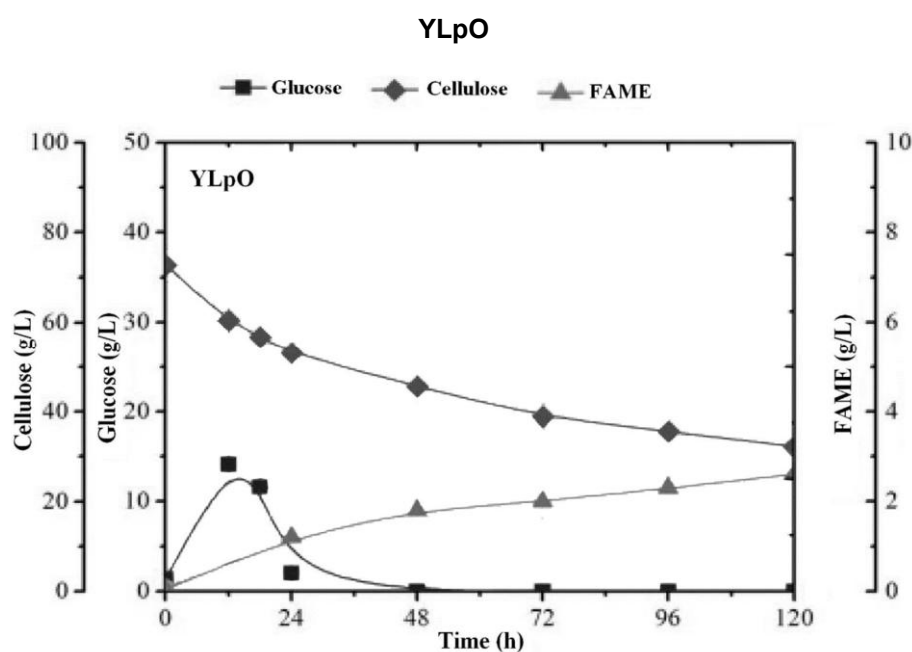


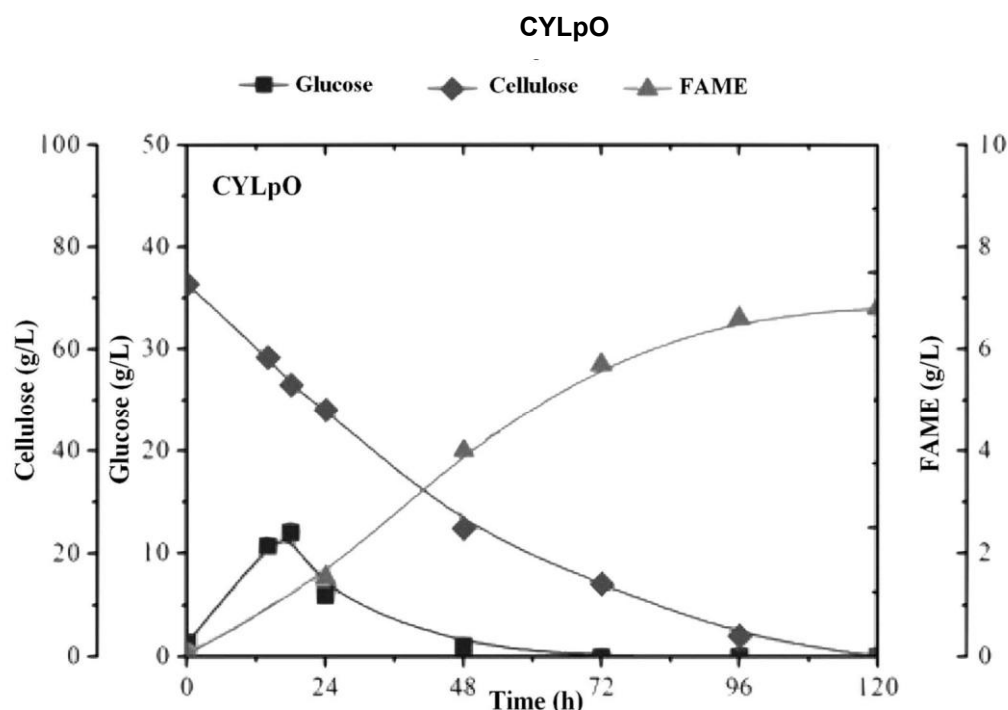
Figure. 1. *Trichoderma sp.* endo-Cellulase standard curve on Azo-CM-Cellulose (Lot 90504).

Document 3 : voies métaboliques impliquées dans la synthèse des lipides

Source : Katrin Ochsenreither, Claudia Glück, Timo Stressler, Lutz Fischer, Christoph Syldatk. « Production Strategies and Applications of Microbial Single Cell Oils », *Front Microbiol*, 2016,5;7:1539

**Document 4 : courbes de suivi de la croissance de *Yarrowia lipolytica* YLpO et CYLpO**

Suite du document 4



YLpO et CYLpO en bioréacteur dans un milieu minimum contenant 72,8 g/L de cellulose. FAME : ester méthylique d'acides gras

Source : Zhong-peng Guo, Julien Robin, Sophie Duquesne, Michael Joseph O'Donohue, Alain Marty & Florence Bordes. «Developing cellulolytic *Yarrowia lipolytica* as a platform for the production of valuable products in consolidated bioprocessing of cellulose», *Biotechnology for Biofuels*. 2018, 11, 141

Document 5 : détermination de la teneur en azote par la méthode de Kjeldahl

1. Principe :

La minéralisation de l'échantillon en milieu acide fort et en présence d'un catalyseur transforme la plupart des composés azotés présents en ions ammonium NH_4^+ .

La distillation du minéralisat en milieu alcalin libère l'ammoniac qui est fixé dans une solution d'acide borique en excès. L'ammoniac fixé est dosé par une solution titrée d'acide chlorhydrique.

2. Équations de réactions :

Minéralisation : $(\text{CHNO}) (\text{s}) + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{l}) \rightarrow \text{CO}_2 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O} (\text{g}) + \text{NH}_4^+ (\text{aq}) + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{l})$

Distillation : $\text{NH}_4^+ + \text{HO}^- \rightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$

Fixation par l'acide borique : $\text{NH}_3 + \text{H}_3\text{BO}_3 \rightarrow \text{NH}_4(\text{H}_2\text{BO}_3)$

Dosage : $\text{NH}_4(\text{H}_2\text{BO}_3) + \text{H}^+ \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{H}_3\text{BO}_3$

3. Réactifs :

Acide sulfurique pur à $\rho_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 1,84 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$

Catalyseur : sulfate de sodium anhydre + sélénium

Acide borique à 4 % (m/V)

Hydroxyde de sodium $\rho_{\text{NaOH}} = 500 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$

Acide chlorhydrique à $c_{(\text{HCl}; \text{sol HCl})} = 0,100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

Solutions contrôles :
 - solution de dihydrogénophosphate d'ammonium : $\text{NH}_4^+ \text{H}_2\text{PO}_4^-$
 - solution de glycine : $\text{H}_2\text{N} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$

Suite du document 5**Extrait de fiche INRS :**

Danger		ACIDE SULFURIQUE... (≥ 15 %) H314 – Provoque de graves brûlures de la peau et de graves lésions des yeux
---------------	---	--

4. Mode opératoire :

- 4.1. Transférer la prise d'essai dans le matras. Ajouter 5 g de catalyseur. Ajouter avec précaution 10 mL d'acide sulfurique. Minéraliser dans le minéralisateur.
- 4.2. Laisser refroidir et ajouter avec précaution 40 mL d'eau tout en agitant.
- 4.3. Adapter le matras à l'appareil à distiller. Ajouter 50 mL d'acide borique dans la fiole de réception et s'assurer que le tube d'écoulement des vapeurs plonge sous la surface de l'acide.
- 4.4. Réaliser la distillation (l'hydrodistillateur délivre 10 mL de solution d'hydroxyde de sodium et de la vapeur).
- 4.5. Laver le tube d'écoulement en récupérant l'eau de rinçage dans la fiole de réception.
- 4.6. Doser l'azote dans la fiole de réception à l'aide d'une solution d'acide chlorhydrique.

5. Résultats :

Contrôles	
Dihydrogénophosphate d'ammonium	Conforme
Glycine	Conforme

	Blanc	Échantillon
Composition	Eau distillée	Compost humide MS = 12,8 %
Volume ou masse	5 mL	3,21 g
Volume de titrage de solution d'HCl (mL)	0,10	8,25

La teneur en azote, exprimée en gramme par kilogramme de matières sèches (MS), est donnée par l'équation :

$$w_{(\text{azote} ; \text{MS de compost})} = \frac{(V_1 - V_2) \times c \times 14,01}{m \times MS} \times 100$$

Où :

c : concentration de l'acide chlorhydrique en mol·L⁻¹ ;

V_1 : volume de titrage en mL ;

V_2 : volume de titrage de l'essai à blanc, en mL ;

m : masse de l'échantillon humide prélevé pour la minéralisation en g ;

MS : teneur en matière sèche de la boue exprimée en % ;

14,01 : masse molaire de l'azote en g·mol⁻¹.

Document 6 : structure cristalline de la PET hydrolaseSource : <https://pdj.org/>**Document 7 : résines de chromatographie d'exclusion stérique**

Size Exclusion Chromatography Resin Selection Guide

Properties

	Hydrated Bead Size (µm)	Hydrated Bed Volume Mass Dry Gel	Typical Flow Rates (cm/hr)*	Molecular Weight Fractionation Range (Da)
<u>Bio-Gel® P-2 Gel, Fine</u>	45–90	3 ml/g	5–10	100–1 800
<u>Bio-Gel P-4 Gel, Medium</u>	90–180	4 ml/g	15–20	800–4 000
<u>Bio-Gel P-4 Gel, Fine</u>	45–90		10–15	
<u>Bio-Gel P-6 Gel, Medium</u>	90–180	6.5 ml/g	15–20	1 000–6 000
<u>Bio-Gel P-6 Gel, Fine</u>	45–90		10–15	
<u>Bio-Gel P-10 Gel, Medium</u>	90–180	7.5 ml/g	15–20	1 500–20 000
<u>Bio-Gel P-10 Gel, Fine</u>	45–90		10–15	
<u>Bio-Gel P-30 Gel, Medium</u>	90–180	9 ml/g	7–13	2 500–40 000
<u>Bio-Gel P-30 Gel, Fine</u>	45–90		6–11	
<u>Bio-Gel P-60 Gel, Medium</u>	90–180	11 ml/g	4–6	3,000–60 000
<u>Bio-Gel P-60 Gel, Fine</u>	45–90		3–5	
<u>Bio-Gel P-100 Gel, Medium</u>	90–180	12 ml/g	4–6 3–5	50 000–100 000

* Flow rates determined in a 1.5 x 70 cm column using a hydrostatic pressure head-to-bed ratio of 1:1.

The chart provides a selection of Bio-Gel P media for size exclusion chromatography, also known as gel filtration chromatography, which separates molecules by size. The gel matrix consists of spherical beads with pores of a specific size distribution. Separation occurs when molecules of different sizes are excluded from the pores. As small molecules diffuse into the pores, their flow through the column is retarded, while large molecules bypass the pores and are eluted in the column's void volume. Consequently, molecules are separated according to size and elute in order of decreasing molecular weight.

Source : catalogue en ligne BIO-RAD – <https://bio-rad.com/fr>

Document 8 : protocole de détermination de la vitesse initiale de la PET hydrolase

La PET hydrolase LCC catalyse l'hydrolyse des liaisons esters. Le substrat utilisé pour l'étude cinétique est le 4-nitrophénylbutyrate, son hydrolyse libère le 4-nitrophénol dont l'absorbance à 405 nm permet la quantification.



La vitesse de réaction est déterminée par méthode cinétique en continu par mesure de l'absorbance à 405 nm.

Réactifs :

Tampon : tampon TRIS-HCl 0,1 mol·L⁻¹, pH 8, additionné de 0,5 % Triton X100

Substrat : 4-nitrophénylbutyrate 4.10⁻³ mol·L⁻¹ dans le tampon

Échantillon : PET hydrolase purifiée

Conditions opératoires :

Longueur d'onde : 405 nm Trajet optique : 1 cm

Température : 40 °C

Lecture contre l'air

Procédure opératoire :

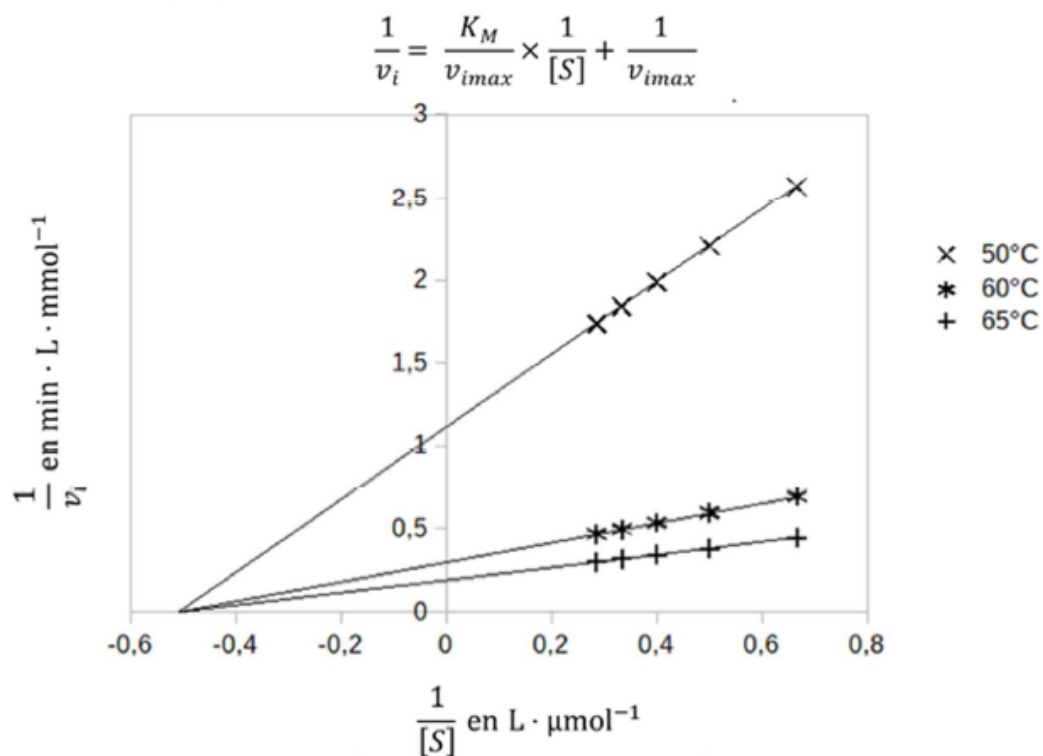
Introduire dans une cuve de lecture thermostatée	
Tampon	0,95 mL
Substrat	2,0 mL
Laisser la température s'équilibrer à 40 °C puis ajouter :	
Solution de PET purifiée	0,05 mL
Mélanger. Après 1 minute, enregistrer l'absorbance à 405 nm toutes les 30 secondes pendant 3 minutes.	

Exploitation des résultats

Détermination graphique de la vitesse initiale.

Document 9 : étude expérimentale de la PET hydrolase LCC**Résultats de l'étude expérimentale :**

Substrat S : 4-nitrophénylbutyrate [S] en $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$		1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
50 °C	v_i en $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$	0,389	0,453	0,503	0,543	0,576	0,603
60 °C	v_i en $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$	1,440	1,678	1,863	2,011	2,132	2,232
65 °C	v_i en $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$	2,249	2,621	2,910	3,141	3,330	3,487

Représentation graphique :**Représentation de Lineweaver et Burk en double inverse**

Les équations des droites de régression linéaires sont :

à 50 °C, $y = 2,189 x + 1,111$

à 60 °C, $y = 0,592 x + 0,300$

à 65 °C, $y = 0,379 x + 0,192$

Sujet de microbiologie et technologies d'analyse 2025

Utilisation de la nisine comme conservateur en alimentaire

La contamination d'aliments par des microorganismes pathogènes présente d'importants enjeux sanitaires et économiques. En 2020, 1010 toxi-infections alimentaires collectives (TIAC) ont été déclarées en France. Les agents pathogènes les plus couramment suspectés, sur la base des informations épidémiologiques et cliniques, étaient les agents toxiques *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens* et *Bacillus cereus*. Ils correspondent à 70 % des TIAC pour lesquelles un agent a été identifié.

La contamination peut être d'origine humaine au cours de la transformation des aliments, ou animale par exemple avec la contamination du lait lorsque l'animal est atteint de mammite. *Staphylococcus aureus* peut cependant être isolé d'aliments très variés.

Parmi les plus à risque, on trouve les aliments fermentés à acidification lente permettant la croissance de *S. aureus* durant la fermentation. C'est le cas de certains fromages ou certaines salaisons fermentées.

Pour ces aliments fermentés, le recours à un conservateur biologique comme la nisine est envisagé en prévention de ces contaminations.

1. Contamination à *S. aureus* dans une fromagerie

Le règlement (CE) n° 2073/2005 modifié, relatif aux critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires, fixe un critère d'hygiène des procédés relatifs aux staphylocoques producteurs de coagulase (SPC) dans les laits et produits laitiers.

Dans les aliments, les SPC sont essentiellement représentés par l'espèce *S. aureus*. Une contamination bactérienne à *S. aureus* a été détectée dans les locaux d'une entreprise de production de fromage au lait cru. Un lot de fromage suspect est alors analysé.

1.1. Analyse bactériologique du lot de fromage suspect

Le dénombrement des SPC s'effectue sur gélose Baird-Parker RPF dont un extrait de la fiche technique est présenté dans le **document 1**.

Q1. Expliquer l'aspect des colonies caractéristiques des SPC sur cette gélose.

Q2. Qualifier ce milieu à partir de sa composition.

Le protocole utilisé et les résultats du dénombrement sont présentés dans le **document 2**.

Q3. Réaliser un organigramme complet de la manipulation de dénombrement réalisée sur une unité d'échantillonnage.

Un extrait modifié de la norme NF EN ISO 7218 utilisée pour le calcul est présenté dans le **document 3**.

Q4. Calculer, pour l'unité d'échantillonnage n°1, la concentration en nombre de SPC dans le fromage en présentant l'équation aux valeurs numériques.

Le **document 4** présente un extrait des critères microbiologiques utilisés par l'entreprise.

Q5. Conclure sur la qualité du lot de fromage au lait cru en argumentant votre réponse.

1.2. Utilisation de la nisine dans le procédé de fabrication du fromage

La nisine, de nature peptidique, est la seule bactériocine autorisée dans les produits alimentaires. Elle pourrait être utilisée comme conservateur naturel par l'entreprise fromagère.

La nisine est produite par certaines souches de *Lactococcus lactis subsp. lactis* et possède une activité antimicrobienne vis-à-vis de plusieurs genres bactériens à Gram positif, dont *Staphylococcus*.

La nisine est une bactériocine de classe I dont le mode d'action est schématisé dans le **document 5**.

Q6. Décrire le mode d'action de la nisine.

En déduire les conséquences au niveau de la cellule bactérienne.

Le **document 6** présente le diagramme de production du fromage au lait cru.

Q7. Identifier deux étapes de la production pouvant être à l'origine de la contamination de du fromage au lait cru. Proposer deux sources potentielles de contamination.

Ensuite, l'utilisation de nisine est envisagée. Pour cela, l'effet de la nisine sur la croissance de *Staphylococcus aureus* dans le fromage au lait cru est évaluée lors d'une étude présentée dans le **document 7**.

Q8. Analyser les résultats expérimentaux obtenus et conclure sur l'effet dose de la nisine.

Q9. Argumenter l'intérêt d'utiliser la nisine dans le cas du fromage testé sachant qu'il peut être commercialisé et consommé à partir de sept jours d'affinage.

2. Production industrielle de la nisine par *Lactococcus lactis* subsp. *Lactis*

La production de nisine nécessite de nombreuses mises au point afin d'optimiser le procédé avant passage à l'échelle industrielle, notamment pour le choix de la souche bactérienne productrice et le milieu de culture utilisé

2.1. Choix de la souche et du milieu à utiliser pour la production de nisine

La production de nisine par quatre souches bactériennes de *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* a été testée dans différents milieux de culture.

Le protocole utilisé et les résultats expérimentaux sont présentés dans le **document 8**.

Q10. Conclure sur le choix de la souche et du milieu à utiliser en argumentant la réponse.

2.2. Étude de la production de nisine en bioréacteur

Une fois les conditions optimales déterminées, la production de nisine peut s'effectuer en bioréacteur en mode batch (mode discontinu).

Lors de la production en bioréacteur de nombreux contrôles sont réalisés, dont un contrôle de stérilité du milieu utilisé et un contrôle de pureté de la souche inoculée.

Q11. Expliquer l'importance de ces deux contrôles dans le cadre de la production de nisine.

Le **document 9** présente le suivi de la production de nisine en bioréacteur.

Q12. Analyser la courbe de croissance en faisant le lien avec l'évolution de la concentration de la source de carbone.

Q13. Argumenter l'absence de phase d'adaptation dans ce suivi de croissance.

Q14. Expliquer le lien entre la variation de pH et l'utilisation de la source de carbone.

Q15. Préciser à quelle catégorie de métabolite appartient la nisine en argumentant la réponse.

Q16. Déterminer le temps de fermentation pour obtenir une production optimale de nisine.

Bilan

Q17. Argumenter sur l'intérêt pour l'entreprise de production alimentaire d'utiliser la nisine comme conservateur, et sur les limites de ce conservateur biologique.

Document 1 : extrait de la fiche technique de la gélose Baird-Parker RPF (Biokar)**Principe**

La gélose Baird-Parker avec plasma de lapin et fibrinogène (RPF = Rabbit Plasma Fibrinogen) permet la détection et la numération directe des staphylocoques pathogènes.

Composition

CONSTITUANTS	QUANTITÉS
Tryptone	9,0 g
Extrait de viande	4,5 g
Extrait autolytique de levure	0,9 g
Pyruvate de sodium	9,0 g
Glycine	10,8 g
Chlorure de lithium	4,5 g
Tellurite de potassium	25 mg
Agar agar bactériologique	13,5 g
Fibrinogène bovin	5 g
Plasma de lapin, EDTA	25 mL
Inhibiteur de trypsine	25 mL
Eau	qsp 1 L
pH du milieu : $7,2 \pm 0,2$	

Lecture

Les staphylocoques à coagulase positive sont caractérisés sur gélose RPF par la formation de colonies noires entourées d'un halo opaque net, stable et bien visible après 48 h d'incubation à 37 °C.

D'après la fiche technique gélose Baird -Parker RPF, www.biokar-diagnostics.fr

Document 2 : protocole et résultats du dénombrement

Le dénombrement des SPC se fait selon la norme NF EN ISO 6888-2 : 2021-08.

Protocole

5 unités d'échantillonnage de 10 g de fromage chacune, d'un même lot, sont étudiées.

Un dénombrement est réalisé sur chaque unité d'échantillonnage selon le protocole suivant :

- 10 g de fromage sont mis en suspension dans 90 mL de diluant en flacon stérile (eau peptonée), ce qui constitue la suspension mère, considérée comme la dilution 10^{-1} de l'unité d'échantillonnage ;
- 2 dilutions en série de raison 10, de la suspension mère, sont réalisées dans des tubes de 9 mL d'eau peptonée ;
- 0,1 mL de la suspension mère et des dilutions 10^{-2} et 10^{-3} sontensemencés en surface sur gélose Baird-Parker RPF, en double essai ;
- l'ensemble des géloses est incubé pendant 48 h à 37 °C ;
- après incubation, les colonies caractéristiques sont comptées sur chaque gélose.

Résultats pour l'unité d'échantillonnage n°1 :

Dilution	Gélose	Suspension mère	10^{-2}	10^{-3}
Nombre de colonies caractéristiques	Gélose n°1	150	15	2
	Gélose n°2	148	16	0

Résultats pour les autres unités d'échantillonnage :

- Pour l'unité d'échantillonnage n°2, $N_2(SPC ; fromage) = 2,0 \cdot 10^4 \text{ UFC} \cdot \text{g}^{-1}$
- Pour l'unité d'échantillonnage n°3, $N_3(SPC ; fromage) = 5,0 \cdot 10^4 \text{ UFC} \cdot \text{g}^{-1}$
- Pour l'unité d'échantillonnage n°4, $N_4(SPC ; fromage) = 8,5 \cdot 10^3 \text{ UFC} \cdot \text{g}^{-1}$
- Pour l'unité d'échantillonnage n°5, $N_5(SPC ; fromage) = 3,0 \cdot 10^3 \text{ UFC} \cdot \text{g}^{-1}$

D'après la norme NF EN ISO 6888-2 : 2021-08, AFNOR, <https://cobaz.afnor.org/>

Document 3 : extrait modifié de la norme NF EN ISO 7218 utilisé pour l'exploitation des résultats du dénombrement

Retenir les valeurs de deux dilutions successives présentant :

- au moins 1 boîte ayant au minimum 10 colonies ;
- et un nombre de colonies caractéristiques inférieur ou égal à 150 par boîte (dans le cas d'un milieu sélectif ou d'orientation ou dans le cas d'un dénombrement de levures et de moisissures) ou un nombre total de colonies inférieur ou égal à 300 (dans le cas d'un milieu ne présentant pas d'agent de différenciation).

Calculer la concentration en microorganismes en utilisant la formule suivante :

$$N = \frac{\sum c}{V \cdot (n1 + 0,1 n2) \cdot d}$$

N : concentration en nombre d'UFC par millilitre

$\sum c$: somme des colonies dénombrées sur toutes les boîtes retenues des 2 dilutions successives

V : volume de l'inoculum déposé sur chaque boîte en mL

$n1$: nombre de boîtes retenues à la dilution la plus faible

$n2$: nombre de boîtes retenues à la dilution suivante

d : dilution correspondant à la dilution la plus faible retenue

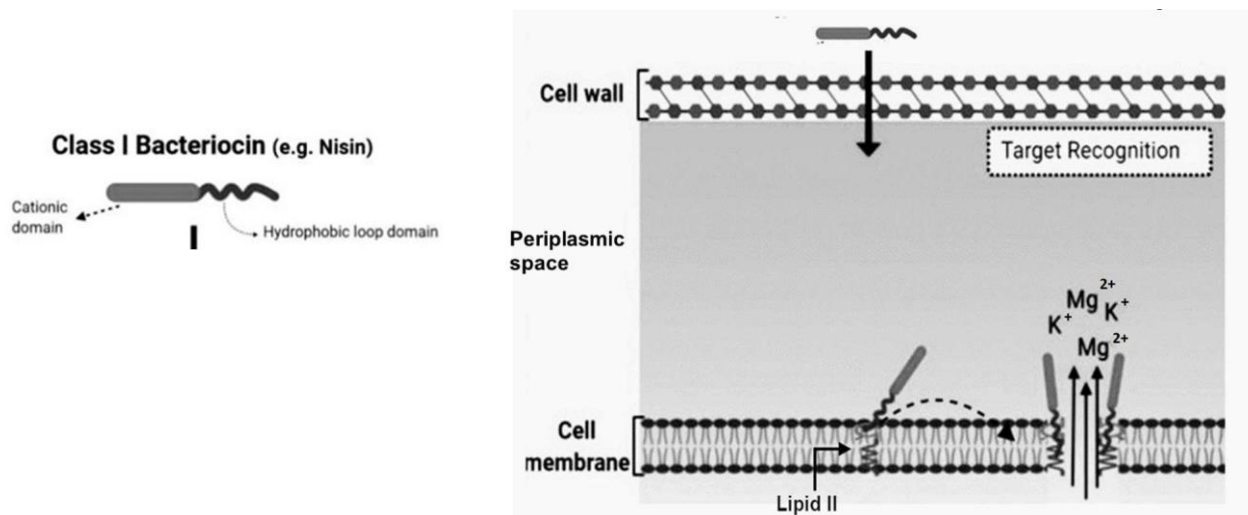
D'après la norme NF EN ISO 7218, AFNOR, <https://cobaz.afnor.org/>

Document 4 : extrait des critères microbiologiques utilisés dans l'entreprise**Produit concerné : fromage au lait cru**

Microorganisme concerné	Plan d'échantillonnage		Limites	
	n	c	m	M
Staphylocoques à coagulase positive	5	2	$10^4 \cdot \text{UFC} \cdot \text{g}^{-1}$	$10^5 \cdot \text{UFC} \cdot \text{g}^{-1}$

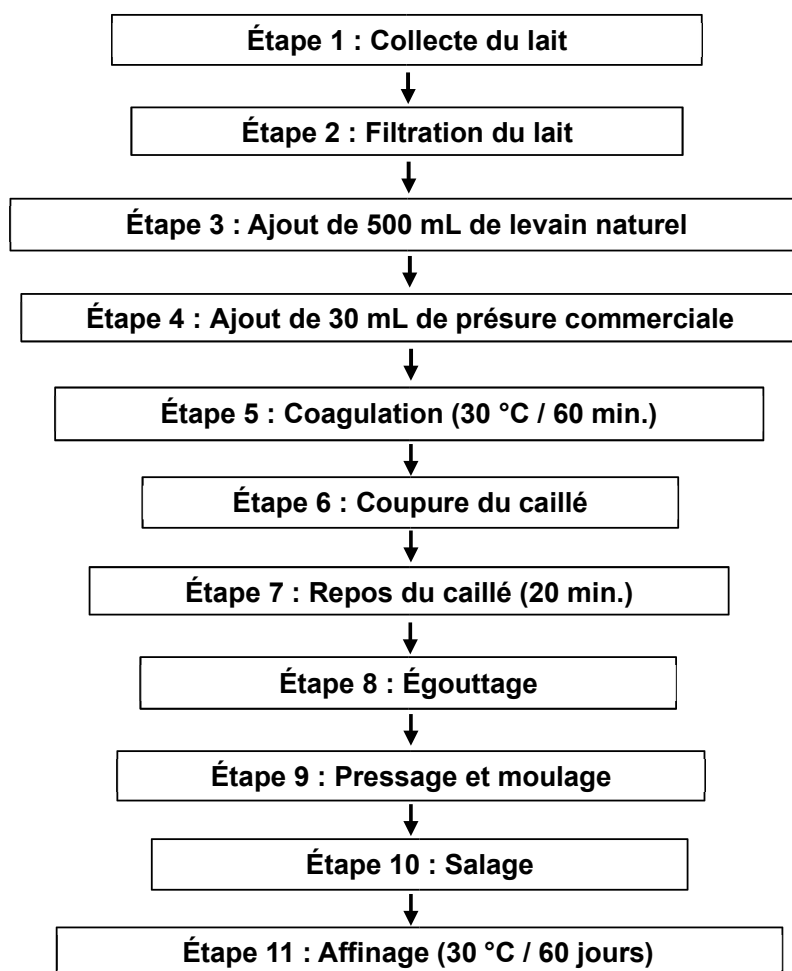
Analyse des résultats :

- Qualité satisfaisante lorsque toutes les valeurs observées sont $\leq m$.
- Qualité acceptable lorsqu'un maximum de c/n valeurs se situe entre m et M, et que le reste des valeurs observées est $\leq m$.
- Qualité insatisfaisante lorsqu'une ou plusieurs valeurs observées sont $> M$ ou lorsque plus de c/n valeurs se situent entre m et M.

Document 5 : mode d'action de la nisine sur une cellule bactérienne à Gram positif

« Lipid II » est un intermédiaire de la synthèse du peptidoglycane.

D'après Rani, A.; Saini, K.C.; Bast, F.; Varjani, S.; Mehariya, S.; Bhatia, S.K.; Sharma, N.; Funk, C. A. Review on Microorganisms-Derived Products as Potential Antimicrobial Agents. 2021

Document 6 : diagramme de production du fromage au lait cru**Document 7 : étude de la croissance de *S. aureus* dans le fromage au lait cru en absence et en présence de différentes concentrations de nisine****Protocole**

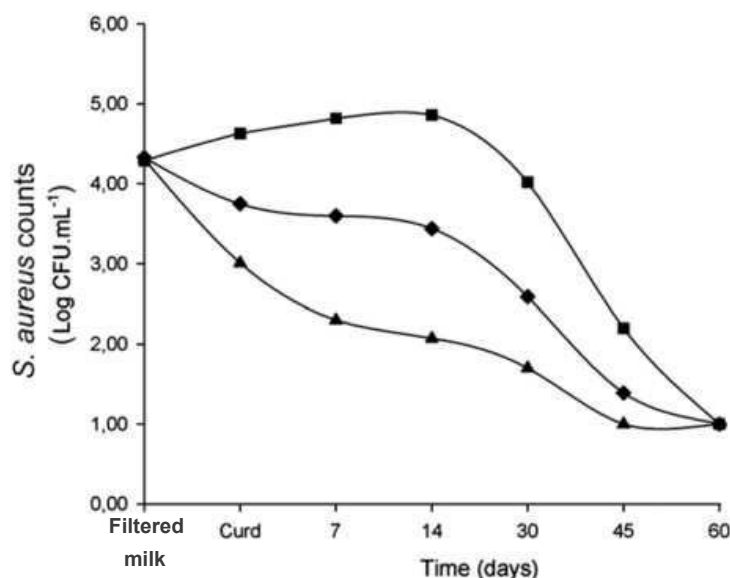
Le protocole suit le diagramme de production du fromage au lait cru du document 6 avec les changements suivants :

- Une culture de 24 h à 37 °C de *S. aureus* ATCC 6538 en bouillon cœur-cervelle a été ajoutée à l'étape 2 afin d'avoir environ 104 UFC de *S. aureus* par millilitre de lait filtré.
- Une préparation commerciale de nisine a été ajoutée à l'étape 2, afin d'avoir une concentration finale en nisine de 100 IU·mL⁻¹ ou de 500 IU·mL⁻¹ de lait filtré.
- La détermination des UFC·mL⁻¹ de *S. aureus* a été effectuée en utilisant un Petrifilm (Test 3MTM PetrifilmTM Staph Express) sur :
 - le lait filtré (étape 2),
 - le caillé obtenu (étape 6),
 - le fromage pendant l'affinage (étape 11) à 7, 14, 30, 45, et 60 jours.

IU : international unit, unité fondée sur l'activité biologique d'une substance.

Suite du document 7

Effet de la concentration en nisine sur le développement de *S. aureus*



D'après Maximiliano Soares Pinto et Al. The effects of nisin on *Staphylococcus aureus* count and the physicochemical properties of Traditional Minas Serro cheese, *International Dairy Journal*, Volume 21, Issue 2, 2011

Document 8 : protocole et résultats de l'optimisation de la production de nisine en fonction du milieu de culture et de la souche bactérienne utilisée

Protocole

Quatre souches bactériennes de *Lactococcus lactis subsp. lactis* ont été utilisées :

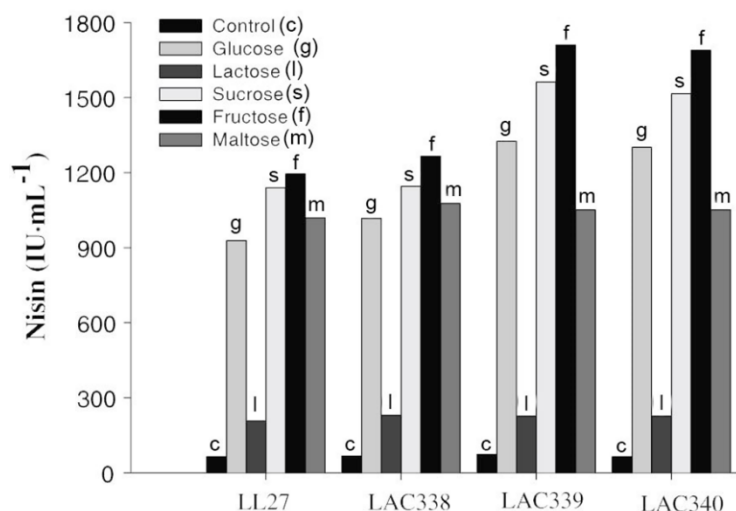
- 1 souche sauvage : LL27,
- 3 souches génétiquement modifiées à différentes étapes de la voie de biosynthèse de la nisine : LAC338, LAC339, LAC340.

Chaque souche a été cultivée en milieu M17 seul (« Control ») ou complété avec 0,5 % d'une source de carbone testée : glucose, lactose, sucrose, fructose ou maltose.

La concentration en nisine (IU·mL⁻¹) a été déterminée après 18 h d'incubation à 30 °C sous agitation à 100 rpm.

Résultats

Dosage de la nisine en fonction de la souche productrice et de la source de carbone



D'après Ö Şimşek & Al. Influence of growth conditions on the nisin production of bioengineered *Lactococcus lactis* strains. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, Ind. Microbiol. Biotechnol. 2009.

Document 9 : protocole et résultats de la production de nisine par *Lactococcus lactis subsp. lactis* en bio-réacteur industriel

Protocole

La souche retenue de *Lactococcus lactis subsp. lactis* a été cultivée en Erlenmeyer dans le milieu M17 associé à $10 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ de la source de carbone optimale pendant 18 h à 30°C : ceci constitue la pré-culture.

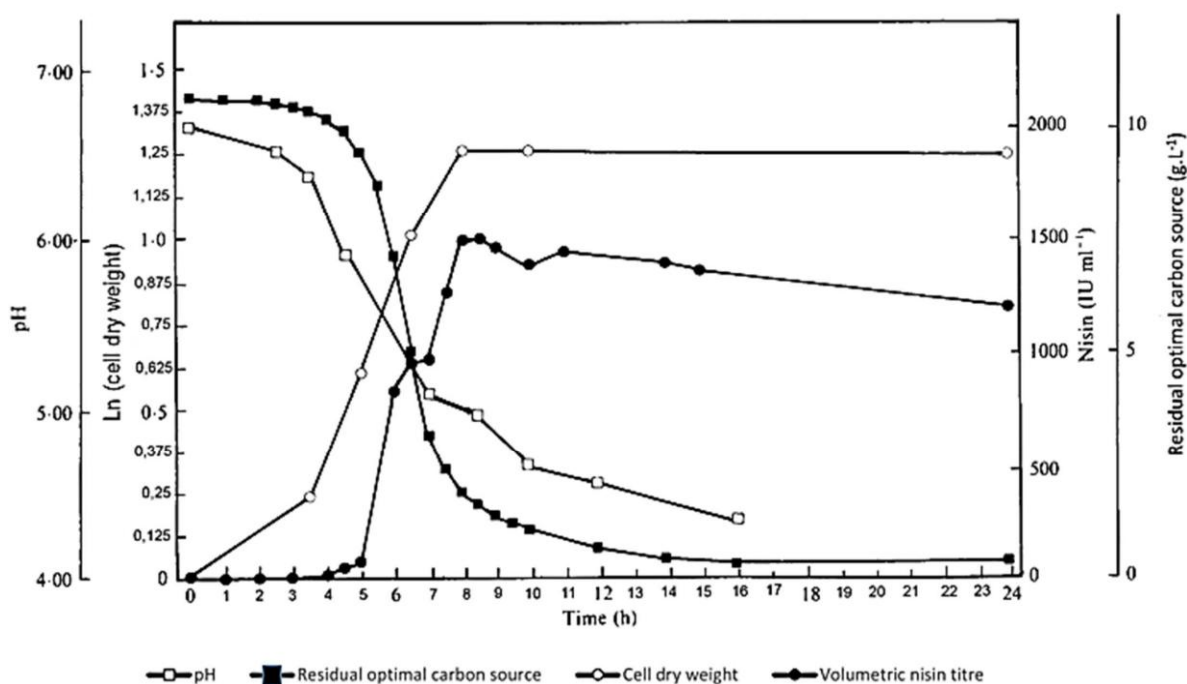
Cette pré-culture a ensuite été utilisée pour inoculer le bioréacteur contenant un milieu de production stérile de composition proche de celui de la pré-culture.

La production est effectuée en mode batch (mode discontinu) avec régulation de la température à 30°C pendant 27 h, sous agitation à 50 rpm, et en absence d'aération. Les paramètres suivis lors de cette culture sont :

- le pH
- la concentration résiduelle de la source de carbone en $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$
- la biomasse bactérienne en $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$
- la concentration en nisine en $\text{IU}\cdot\text{mL}^{-1}$

Résultats

Suivi des paramètres de croissance de *Lactococcus lactis subsp. lactis*



D'après De Vuyst L, Vandamme EJ. Influence of the carbon source on nisin production in *Lactococcus lactis subsp. lactis* batch fermentations. J Gen Microbiol. 1992.

Sujet de biologie cellulaire et moléculaire et technologies d'analyse 2025

Production de miraculine par la laitue transgénique

La miraculine (MCL), glycoprotéine qui possède la propriété de modifier la perception de la saveur amère en perception de saveur sucrée, est extraite des baies d'un arbuste originaire d'Afrique de l'Ouest (*Richadella dulcifica* ou *Synsepalum dulcificum*) appelé « arbre à fruit-miracle ». Des recherches scientifiques ont révélé plusieurs propriétés pharmacologiques de la miraculine, notamment des propriétés antidiabétiques, hypocholestérolémiantes, anti-hyperuricémiques, antioxydantes, anticonvulsivantes et anticancéreuses.

Le potentiel usage de la miraculine intéresse encore aujourd'hui de nombreux industriels du domaine agro-alimentaire. Des aliments contenant des extraits de fruit-miracle voient progressivement le jour aux Etats-Unis ou au Japon. Le marché européen pourrait, quant à lui, accueillir prochainement des aliments similaires.

« L'arbre à fruit-miracle » est cependant difficile à cultiver en dehors de son milieu naturel et des tentatives ont été faites pour produire la miraculine dans la bactérie *Escherichia coli* transgénique. Bien que la miraculine ait été exprimée dans cet organisme, sa forme recombinante est dépourvue de l'activité induisant la saveur sucrée. Des essais d'expression de la glycoprotéine ont alors été réalisés dans la laitue et des résultats assez prometteurs ont été obtenus

1. Structure et propriétés de la miraculine

« L'arbre à fruit-miracle » est une plante angiosperme et dicotylédone. La photographie de l'arbuste et de ses baies ainsi que des éléments de la classification botanique sont présentés dans le **document 1**.

Q1. Justifier la position de cette plante parmi les dicotylédones dans la classification botanique.

La miraculine, présente dans la pulpe de la baie miracle, est un dimère de 45 kDa formé de deux chaînes polypeptidiques reliées par un pont disulfure et possédant deux résidus d'asparagine N-glycosylés (en position 42 et 186).

Q2. Indiquer le ou les organite(s) au niveau duquel ou desquels ont lieu les modifications post-traductionnelles.

Le récepteur sensoriel de la saveur sucrée T1R2/T1R3, présent au niveau de la membrane des cellules gustatives, fait partie des récepteurs couplés aux protéines G (**document 2A**). À pH acide, la fixation de la miraculine sur ce récepteur entraîne son activation permettant la dissociation de la protéine G. Ceci entraîne une cascade de réactions aboutissant à la stimulation des neurones gustatifs.

Q3. Expliquer les événements aboutissant à l'entrée du Na^+ (dépolérisation) dans la cellule suite à la fixation de la miraculine. Identifier les seconds messagers impliqués.

Le modèle de fonctionnement de la miraculine à pH acide et à pH neutre est schématisé sur le **document 2B**.

Q4. Démontrer pourquoi la miraculine peut être qualifiée d'agoniste à pH acide et d'antagoniste à pH neutre des molécules sucrées pour le récepteur sensoriel T1R2/T1R3.

2. Obtention du vecteur utilisé pour la transformation des cellules végétales

La construction du vecteur utilisé pour transformer les cellules végétales nécessite dans un premier temps l'isolement de l'ARNm codant la miraculine. Pour cela, l'ensemble des ARN cellulaires (ARN totaux) ont d'abord été purifiés de la pulpe de baies de *R. dulcifica* à l'aide d'un kit RNeasy® Plant Mini. Le **document 3** présente le protocole simplifié de ce kit.

Q5. Expliquer l'intérêt d'utiliser un tampon de lyse à l'étape A. Préciser l'importance de la présence d'un inhibiteur de RNAses dans le tampon lors de cette extraction.

Q6. Indiquer ce que contient le surnageant à l'étape C et préciser le rôle de la membrane de silice à l'étape D.

L'ADNc de la miraculine a été synthétisé à partir des ARN totaux par une technique de RT-PCR en une étape (**document 4**). La paire d'amorces spécifiques a été conçue pour amplifier spécifiquement la région codante de la miraculine.

Q7. Calculer les volumes V_1 et V_2 de réactifs nécessaires.

Q8. Expliquer en quoi la première étape de dénaturation permet l'activation de la Tth ADN polymérase.

L'ADNc est introduit dans le vecteur pBI121 dérivé du plasmide Ti d'*Agrobacterium tumefaciens*. Le **document 5** montre la structure de ce plasmide avec la construction génétique insérée.

Le protocole de transformation des plants de laitue est décrit dans le **document 6**. La kanamycine est un antibiotique qui a un effet toxique pour les cellules végétales.

Q9. Préciser le rôle d'un gène de résistance dans un vecteur de transformation. Discuter de l'intérêt d'utiliser de la kanamycine aux étapes 2 et 4 du protocole d'obtention des plants transformés.

Le **document 7** présente le contrôle de l'organogénèse par différents rapports hormonaux entre cytokinine (dont le BAP) et auxine (dont le NAA).

Q10. Expliquer les résultats attendus avec chaque proportion de phytohormones soulignées dans le protocole décrit dans le **document 6**.

Q11. Présenter dans un organigramme, l'ensemble des étapes pour l'obtention d'un plant de laitue transformé.

3. Évaluation de l'expression et de l'activité induisant la saveur sucrée de la miraculine transgénique

Les ARN totaux, extraits de plusieurs plants transformés, sont analysés par électrophorèse sur gel d'agarose afin de séparer les différents ARN selon leur taille. Les fragments sont ensuite transférés sur une membrane de nylon et une sonde marquée permet de mettre en évidence les ARNm codant la miraculine (Northern Blot). Parallèlement, la protéine miraculine est mise en évidence à partir des mêmes plants par Western Blot.

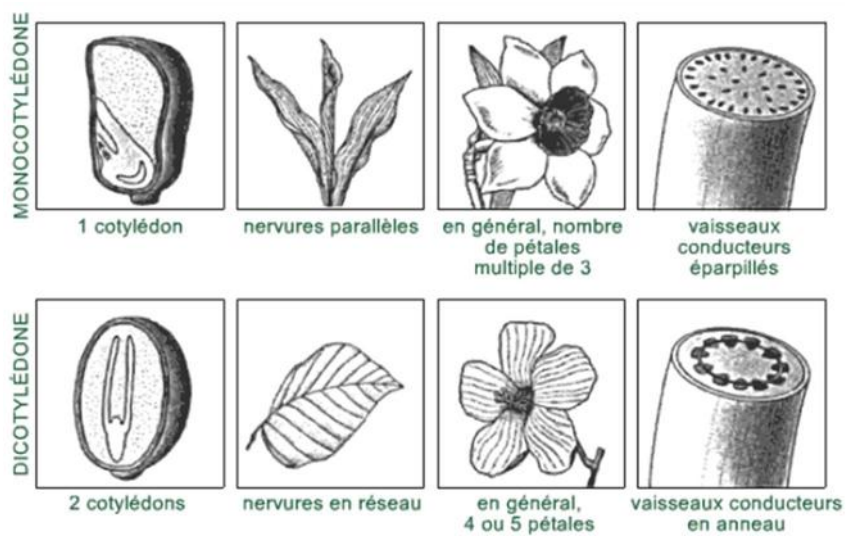
Les résultats du Northern Blot et du Western Blot obtenus sont présentés dans le **document 8**.

Q12. Valider et analyser ces résultats pour identifier les plants recombinés.

Afin de s'assurer de l'activité induisant la saveur sucrée des laitues transgéniques, des tests organoleptiques sont menés (**document 9**).

Q13. Valider et analyser les résultats obtenus pour discuter de l'activité de la miraculine recombinante produite par la laitue sur la perception de la saveur sucrée.

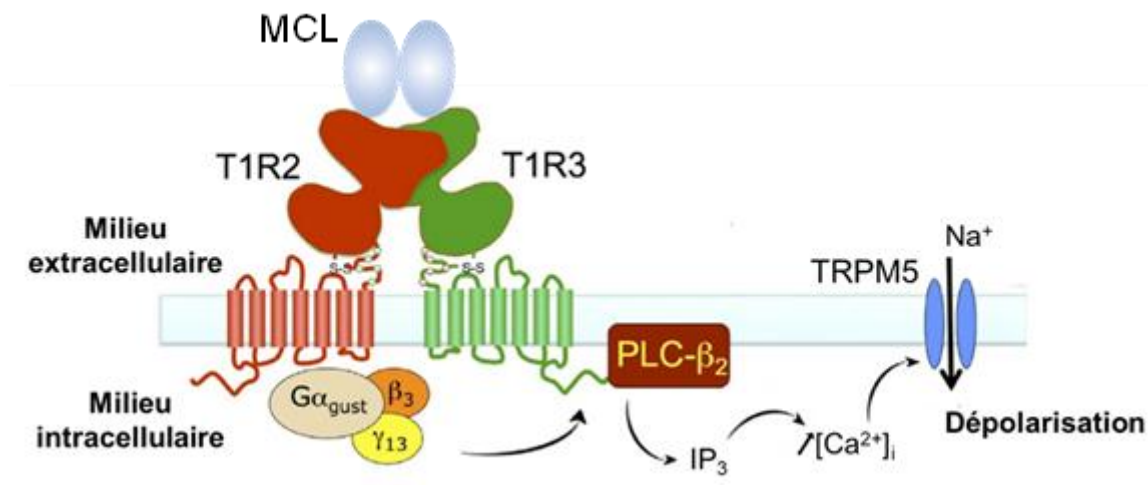
Q14. D'après l'ensemble de vos analyses, expliquer en quoi ces essais d'expression de la miraculine recombinante dans la laitue sont prometteurs.

Document 1 : caractéristiques du plant de la baie miracle**(A) Photographie d'un arbuste et des baies***Miracle Berry, Mangla and Kohli, 2018***(B) Éléments de la classification botanique**

D'après Sadava, D et Hillis, D : Life, the science of biology, 7e édition, 2004., ed W H Freeman &

Document 2 : mode d'action de la miraculine

(A) Effets cellulaires de la fixation de la miraculine au récepteur T1R2/T1R3



MCL = Miraculine

Gα,β,γ = Protéine G (3 sous-unités)

PLC-β₂ = Phospholipase C

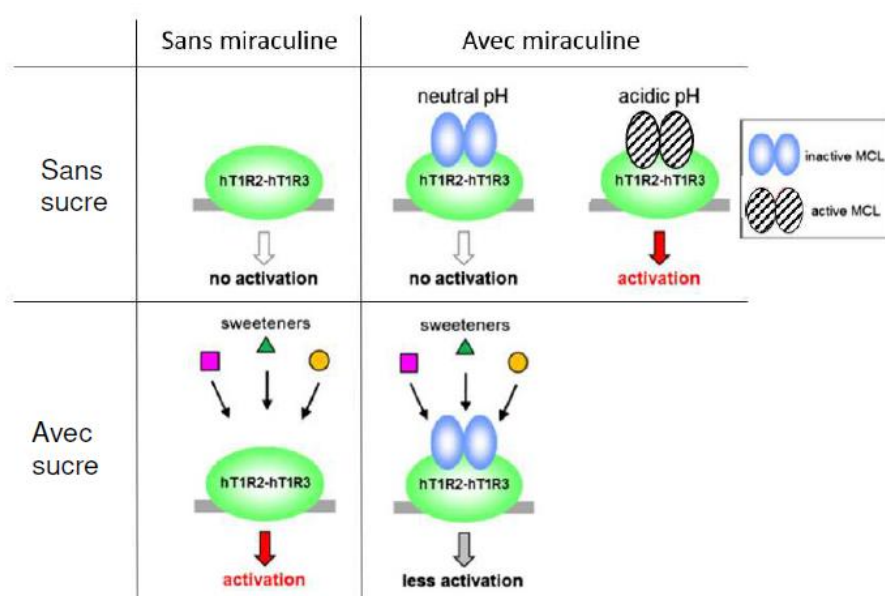
TRPM5 = Canal cationique calcium dépendant

IP₃ = Inositol triphosphate

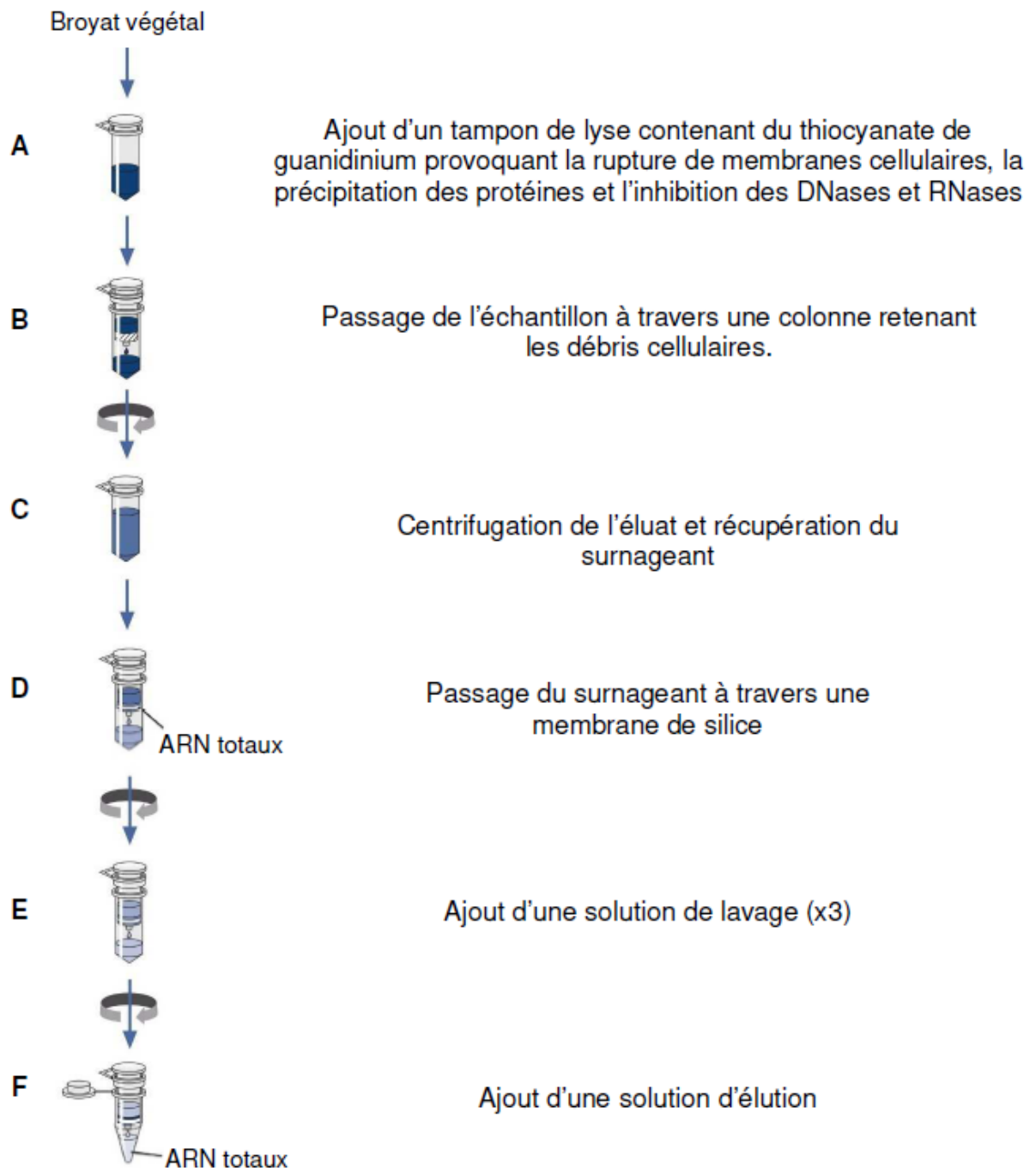
[Ca²⁺]_i = Concentration intracellulaire en calcium

Adapté de Sigoillot et al., Les inhibiteurs du goût sucré : perspectives thérapeutiques, 2015

(B) Modèle de fonctionnement de la miraculine à pH acide et à pH neutre



D'après Ayako Koizumi et al., Human sweet taste receptor mediates acid-induced sweetness of miraculin, 2011

Document 3 : protocole d'extraction des ARN totaux d'un échantillon végétal à l'aide du kit RNeasy® Plant Mini Kit

D'après la documentation Qiagen RNeasy Plant Mini Procedure

Document 4 : RT-PCR en une étape (RT-PCR Quick Master Mix®)**Principe :**

Le RT-PCR Master Mix® utilise une ADN polymérase thermostable extraite de *Thermus thermophilus* (Tth). La Tth polymérase possède une activité transcriptase inverse en plus de son activité ADN polymérase en présence d'ions Mn^{2+} . Ainsi, ce système permet une RT-PCR en une étape incluant la transcription inverse et la PCR. La Tth polymérase est fournie inactivée par des anticorps anti-Tth polymérase.

Protocole :

Réactifs	Concentration des réactifs disponibles	Concentration ou quantité nécessaire dans le mix pour un tube test	Volume (μL)
ARN totaux	$0,2 \mu\text{g} \cdot \mu\text{L}^{-1}$	$1 \mu\text{g}$	V1
Tampon $Mn(OAc)_2$	50 mM	2,5 mM	V2
Amorce sens	15 μM	0,3 μM	1
Amorce antisens	15 μM	0,3 μM	1
RT-PCR Master Mix*	-	-	25
Eau « nucléase free »	-	qsp 50 μL	

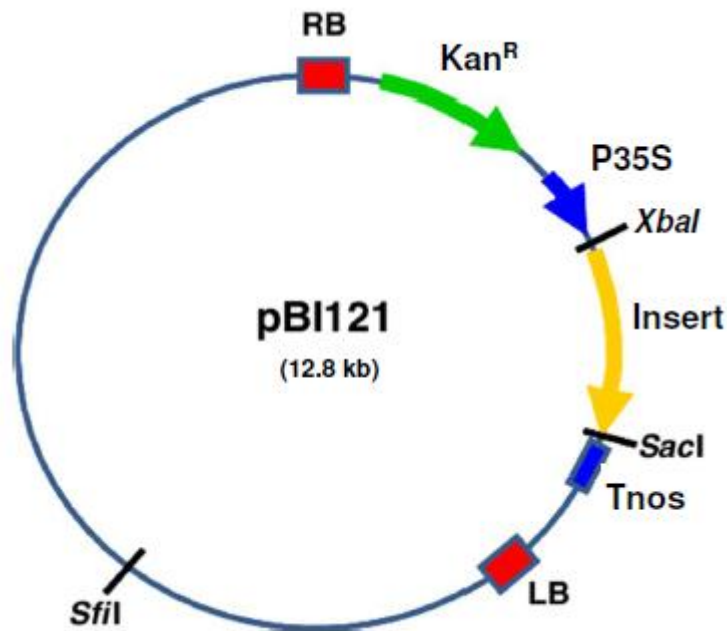
*La solution de RT-PCR Master Mix contient du tampon réactionnel, des dNTP, la Tth polymérase et des Ac anti-Tth polymérase (dénaturés à partir de 90 °C).

Donnée : $M = \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

Programme du thermocycleur :

Dénaturation	90 °C, 30 s	} 35 cycles
Transcription inverse	60 °C, 30 min	
Pré-dénaturation	94 °C, 1 min	
Dénaturation	94 °C, 30 s	
Hybridation	60 °C, 30 s	
Polymérisation	72 °C, 1 min	

D'après la fiche technique RT-PCR Quick Master Mix®)

Document 5 : vecteur de transformation végétale pBI121

RB : bordure droite de l'ADN-T
LB : bordure gauche de l'ADN-T
Tnos : terminateur du gène de la nopaline synthétase
Kan^R : gène de résistance à la kanamycine
P35S : promoteur 35S du virus de la mosaïque du chou-fleur

D'après Wang et al. "Generation of Arabidopsis Mutants by Heterologous Expression of a Full-Length cDNA Library from Tomato Fruits." (2006)

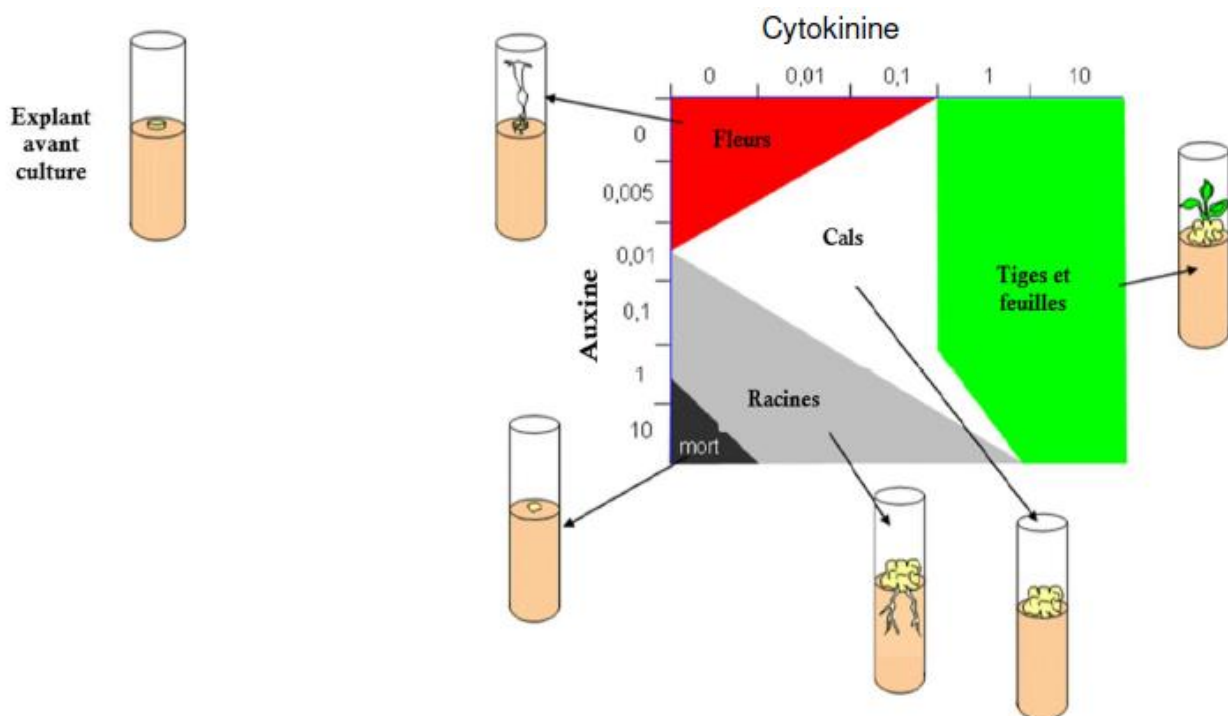
Document 6 : protocole de transformation des plants de laitue en utilisant le plasmide Ti d'*Agrobacterium tumefaciens*

The lettuce plants were transformed by infection with *Agrobacterium tumefaciens* GV2260 harboring the vector pBI121:

1. Lettuce seeds were surface sterilized and germinated on Murashige and Skoog (MS) medium with 2% (w/v) sucrose.
2. *Agrobacterium tumefaciens* strains were grown in 2 mL of LB medium containing 100 mg/L kanamycin at 28°C for 24h.
3. Excised cotyledons from 5-day-old seedlings were inoculated by immersion for 5 min in the diluted bacterial suspension and transferred to a solid co-cultivation medium supplemented with 1 mg/L 6-benzylaminopurine (BAP) and 0,1 mg/L 1-naphthaleneacetic acid (NAA).
4. After 3 days of co-cultivation, the explants were transferred to solid MS medium containing 100 mg/L kanamycin, 0,1 mg/L BAP and 0,1 mg/L NAA.
5. About 4 weeks after explant inoculation, the levels of kanamycin, BAP and NAA were modified to 50, 0,01 and 1 mg/L, respectively. Approximately 2- to 3-cm-long shoots were excised and transferred to solid MS medium containing 50 mg/L kanamycin. After incubation in the conditioned medium, transformants were selected. The transgenic plants were kept at 25°C.

D'après Hyeon-Jin Sun et al., "Functional expression of the taste-modifying protein, miraculin, in transgenic lettuce." (2006)

Document 7 : contrôle de l'organogénèse par différents rapports hormonaux (concentrations en mg/L)



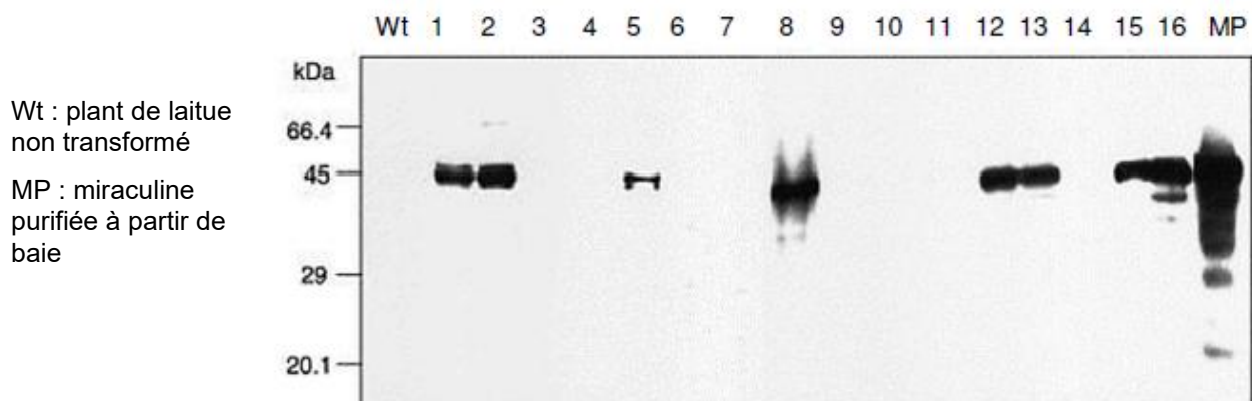
Source: <https://www2.unil.ch>

Document 8 : expression de la miraculine dans les plants transformés

Northern Blot : mise en évidence des ARNm codant la miraculine dans 16 plants transgéniques de laitue.



Western Blot : détection de la miraculine dans 16 plants transgéniques de laitue.



D'après Hyeon-Jin Sun et al., "Functional expression of the taste-modifying protein, miraculin, in transgenic lettuce." (2006)

Document 9 : test de l'activité de modification de la saveur sucrée de la miraculine recombinée

Protocole :

L'activité de modification de la saveur sucrée de la miraculine a été testée sur six sujets. Avant l'évaluation, ils goûtent à plusieurs reprises une série de solutions standard de saccharose. Ensuite, ils mâchent 1 ou 2 g de feuilles de laitue pendant 3 min ou gardent 5 mL de solution de miraculine purifiée dans la bouche pendant 3 min et recrachent. La bouche est rincée à l'eau avant de goûter l'acide citrique. Les sujets sont alors invités à choisir laquelle des dix solutions de saccharose se rapproche le plus de la saveur sucrée de l'acide citrique induite par la miraculine.

Résultats :

Type d'échantillon testé	Masse de miraculine (µg)	Intensité de la saveur sucrée (SEV*)
Baie miracle (fruit entier)	120,0	0,31 ± 0,01
Feuille de laitue non transgénique	0	0,00 ± 0,01
Feuille de laitue transgénique (1 g)	43,5	0,19 ± 0,01
Feuille de laitue transgénique (2 g)	87,0	0,30 ± 0,01
Miraculine purifiée à partir de baie	90,0	0,32 ± 0,01
Miraculine recombinante purifiée à partir de laitue	90,0	0,31 ± 0,01

*SEV = valeur d'équivalence saccharose correspond à la saveur sucrée induite par l'acide citrique à 0,02 M en comparant sa saveur sucrée à celle d'une série de dilutions standard de saccharose (0,1-1,0 M). Les données représentent la moyenne de 6 sujets.

D'après Hyeon-Jin Sun et al., "Functional expression of the taste-modifying protein, miraculin, in transgenic lettuce." (2006)

Sujet de sciences et technologies bioindustrielles 2025

BIÈRE SANS GLUTEN

Le marché de la bière est en expansion à l'échelle mondiale, ainsi qu'à l'échelle nationale avec une importante diversification des produits. Les brasseurs doivent faire face à plusieurs défis : satisfaire leurs clients tant au niveau de la qualité que de la diversité de l'offre tout en limitant leur empreinte écologique.

La bière sans gluten est une réponse à la demande de certains consommateurs qui souhaitent éviter le gluten pour leur bien-être ou parce qu'atteints de la maladie cœliaque.

Le respect des normes environnementales est également un enjeu majeur pour l'industrie de la bière. Afin de réduire la consommation d'eau, les brasseurs effectuent le recyclage d'une partie de l'eau utilisée, entre autres pour le lavage des bouteilles. La seule condition est que ce procédé n'altère pas la qualité du produit final.

1. Étiquetage et composition

Les règles en termes d'étiquetage sont strictes et interdisent toute tromperie du consommateur sur la qualité du produit acheté. Un certain nombre de mentions sont obligatoires, mais une certaine liberté est laissée au brasseur pour choisir la taille des caractères utilisés et sélectionner les logos qualité.

Le **document 1** présente une face du carton d'emballage d'un pack de 6 bouteilles de la bière JADE. Parmi les mentions présentées, certaines sont obligatoires et d'autres facultatives.

Q1. Identifier trois mentions obligatoires.

Q2. Citer et présenter deux mentions obligatoires non visibles sur cet extrait d'emballage indispensables pour la traçabilité du produit.

Q3. Choisir un logo figurant sur l'étiquette. Donner sa signification et son intérêt.

Le **document 2** donne les ingrédients de cette bière et le **document 3** les principales méthodes utilisées par les brasseurs pour obtenir et contrôler une bière sans gluten.

Q4. Rappeler la nature biochimique et l'origine du gluten. Identifier le procédé de dégluténisation utilisé par cette brasserie pour obtenir la bière sans gluten.

Q5. Repérer dans le **document 3** les éléments de principe de la technique de vérification de l'absence de gluten dans ce type de bière. Préciser la limite d'acceptation pour que l'appellation soit validée.

2. Choix du fournisseur des bouteilles en verre

Ce brasseur a fait le choix de demander à deux verriers de le fournir en bouteilles en verre.

Chaque lot peut être vérifié à la réception selon la règle du NQA (norme NFX 06-022 et ISO 2859-1). Ceci va lui permettre de sélectionner, parmi ses deux fournisseurs, celui qui satisfait au mieux sa demande. Le contrat commercial passé entre fournisseur et client a fixé le NQA à 0,65 % pour un niveau de contrôle II.

Des extraits des normes sont donnés dans le **document 4** et les résultats des contrôles effectués dans le **document 5**.

Q6. Vérifier que les effectifs de l'échantillon correspondent aux effectifs de lots de chaque livraison.

Q7. Rappeler la signification du NQA. Donner les paramètres du plan de contrôle simples à appliquer pour le NQA choisi. Vérifier que chaque décision prise est correcte au regard des bouteilles retrouvées non conformes dans les lots examinés chez les deux fournisseurs A et B.

Argumenter le choix du verrier A comme fournisseur privilégié.

Compte tenu des difficultés d'approvisionnement, la brasserie souhaite tout de même garder le verrier B comme fournisseur potentiel. Après l'avoir informé de sa non-satisfaction, elle décide d'élever son niveau de contrôle en passant à un niveau de contrôle renforcé. En revanche, afin d'optimiser les coûts de contrôle à réception, elle diminue celui du fournisseur A en passant à un contrôle réduit.

Q8. Reproduire et compléter le tableau du **document 6** permettant de connaître les nouveaux plans d'échantillonnage vis-à-vis des deux fournisseurs.

3. Nettoyage des bouteilles avant remplissage

Une fois les lots acceptés, les bouteilles sont nettoyées et rincées à l'aide d'eau adoucie et chlorée.

L'ensemble des procédés de production des eaux utilisées au sein de la brasserie est résumé dans le **document 7**. Il faut au moins 6 litres d'eau pour fabriquer 1 litre de bière. L'entreprise envisage d'adapter les procédés pour limiter leur consommation d'eau, en lien avec les normes environnementales. Ainsi, un système de recyclage de l'eau de rinçage des bouteilles est en cours d'optimisation.

Q9. Argumenter, à l'aide du diagramme, la décision d'agir sur le rinçage des bouteilles pour réduire la consommation d'eau.

Le **document 8** illustre la boucle de recyclage mise en place. Le recyclage de l'eau ne peut se faire qu'en l'absence de contaminant bactérien dans l'eau au niveau de la cuve.

Q10. Citer et présenter les deux systèmes mis en place afin de réduire la charge en micro-organismes dans l'eau du circuit.

Les résultats des analyses journalières des eaux prélevées au niveau de la boucle de rinçage sont présentés dans le **document 9**.

Q11. Expliquer à partir de ces résultats d'analyses que le recyclage de l'eau en continu est impossible. Proposer une action corrective à mettre en place au-delà d'un certain temps de recyclage.

Un autre contrôle à effectuer avant le remplissage des bouteilles est la vérification de l'absence de chlore résiduel après rinçage par conductimétrie.

Q12. Expliquer le lien entre cette méthode d'analyse et l'objectif du contrôle. Proposer un modèle de carte de contrôle pour les mesures permettant de tracer l'évolution de la conductivité mesurée en fonction des jours.

Données : Valeur cible = $0 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ Écart type = $16 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$

Q13. Tracer sur ce graphique des points qui correspondraient à une dérive croissante aboutissant à un arrêt du procédé de remplissage si une mauvaise élimination du chlore avait lieu.

Document 1 : extrait du carton d'emballage d'un pack de la bière JADE

Face avant du carton



FR-024-002 correspond à la certification sans gluten.
World beer awards est un prix obtenu lors d'un concours international.

Il s'agit d'un extrait d'emballage. Certaines mentions obligatoires non visibles ici sont présentes sur les autres faces du carton.

Document 2 : liste d'ingrédients de la bière sans gluten

Eau, malt d'orge* et houblon*.

* : issu de l'agriculture biologique.

Document 3 : extrait d'un article présentant les procédés de fabrication et d'analyse de la bière sans gluten

Le procédé de dégluténisation

Lors de nos recherches, nous avons constaté que la plus grande critique concernant les bières brassées avec des ingrédients naturellement sans gluten (sans orge, blé, avoine ou seigle) est que la bière qui en résulte possède un goût particulier, différent de la bière traditionnelle. C'est pourquoi nous avons décidé d'opter pour une alternative de bière dégluténisée qui n'altère pas le goût de la bière et qui nous permet d'offrir des bières pleines de saveurs.

Notre procédé de dégluténisation utilise des enzymes de type protéase qui ont été spécialement développées afin de fragmenter le gluten en plusieurs de ses constituants, soit des chaînes d'acides aminés plus ou moins longues. Une fois que le gluten a été brisé en morceaux, la plupart des personnes intolérantes ou allergiques au gluten pourront consommer le produit sans ressentir d'inconfort.

Les différentes mesures et analyses

Il est assez complexe de mesurer et de quantifier la teneur en gluten dans la bière, car elle est produite en utilisant un processus de fermentation. La méthode utilisée est un ELISA compétitif ("Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay"). Dans ce type de tests, les scientifiques utilisent un anticorps qui a la capacité de se lier spécifiquement à la molécule de gluten (dans ce cas-ci à la portion de prolamine). La portion de prolamine est habituellement représentative de 50 % de la molécule de gluten complète. En multipliant par deux la valeur de prolamine, nous arrivons à quantifier la molécule de gluten dans l'échantillon [1].

Dans le cas d'une boisson fermentée comme la bière, la molécule de gluten est affectée par divers procédés comme la germination de la graine avant le maltage ou la fermentation. C'est donc encore plus difficile pour les laboratoires de bien quantifier le niveau de gluten résiduel car le test ELISA est moins spécifique pour le gluten qui, par exemple, a été hydrolysé (coupé) pendant la fabrication du produit. Notre processus de dégluténisation vient couper une seconde fois la molécule de gluten en de plus petites parties.

Nous travaillons donc avec un laboratoire indépendant qui nous certifie que le niveau de gluten retrouvé dans nos bières dégluténisées est sous la norme canadienne de 20 ppm [2] (norme qui permet de dire qu'un produit est « sans gluten »). Suite à une décision de Santé Canada, bien que le niveau de gluten retrouvé dans nos bières dégluténisées est sous la norme canadienne de 20 ppm, nous ne pouvons utiliser l'appellation « sans gluten » au Canada, car le processus de dégluténisation se fait à partir de produits qui contiennent du gluten.

C'est toutefois un procédé qui est accepté par la législation de certaines régions, comme l'Europe où on y retrouve des bières « sans gluten », utilisant les mêmes procédés de fabrication que notre gamme dégluténisée.

[1] <https://www.beyondceliac.org/research-news/View-Research-News/1394/postid-12548/>

[2] partie par million

Source : <https://brasseursdumonde.com/deglutenisees/>

Document 4 : Extraits des normes ISO 2859-1 et NFX 06-022

Tableau 1 : effectif d'échantillonnage

Effectif des lots			II
2	à	8	A
9	à	15	B
16	à	25	C
26	à	50	D
51	à	90	E
91	à	150	F
151	à	280	G
281	à	500	H
501	à	1 200	J
1 201	à	3 200	K
3 201	à	10 000	L
10 001	à	35 000	M
35 001	à	150 000	N
150 001	à	500 000	P
500 001	et	au-dessus	Q

Suite du document page suivante

Tableau 2 : plan d'échantillonnage NQA simple, renforcé ou réduit (normes NFX 06-22 – MIL STD 105 E)

		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		
Contrôle		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						Uniquement contrôle renforcé		Uniquement contrôle renforcé		Uniquement contrôle renforcé		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	La flèche donne la correspondance entre le contrôle normal et le contrôle renforcé correspondant. Exemple : un contrôle normal lettre code J. NQA 0,65 deviendra la contrôle renforcé K. NQA 0,4						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 12,9 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	0,654 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 10 16,1	9,95 10 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 6,5 10,1	6,22 6,5 12,4	7,45 10 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 4,0 5,65	2,94 6,5 6,39	3,95 10 7,86	4,73 10 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 1,0 3,08	1,54 6,5 3,56	1,85 10 4,03	2,49 6,5 4,95	2,98 10 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 1,0 1,62	0,771 6,5 1,93	0,961 10 2,22	1,16 10 2,52	1,56 10 3,09	1,86 10 3,52	315	P
Q	1250	0,0041 0,010 0,184	0,028 0,040 0,310	0,065 0,10 0,426	0,109 0,10 0,534	0,209 0,15 0,742	0,318 0,25 0,942	0,376 1,0 1,04	0,494 6,5 1,23	0,615 10 1,42	0,740 10 1,61	0,995 10 1,98	1,19 10 2,25	500	Q
R	2000	0,0026 0,0018 0,115	0,025 0,040 0,195	0,068 0,065 0,266	0,131 0,10 0,334	0,199 0,10 0,464	0,235 0,15 0,589	0,235 0,25 0,650	0,309 6,5 0,770	0,385 10 0,889	0,462 10 1,01	0,622 10 1,24	0,745 10 1,41	800	R

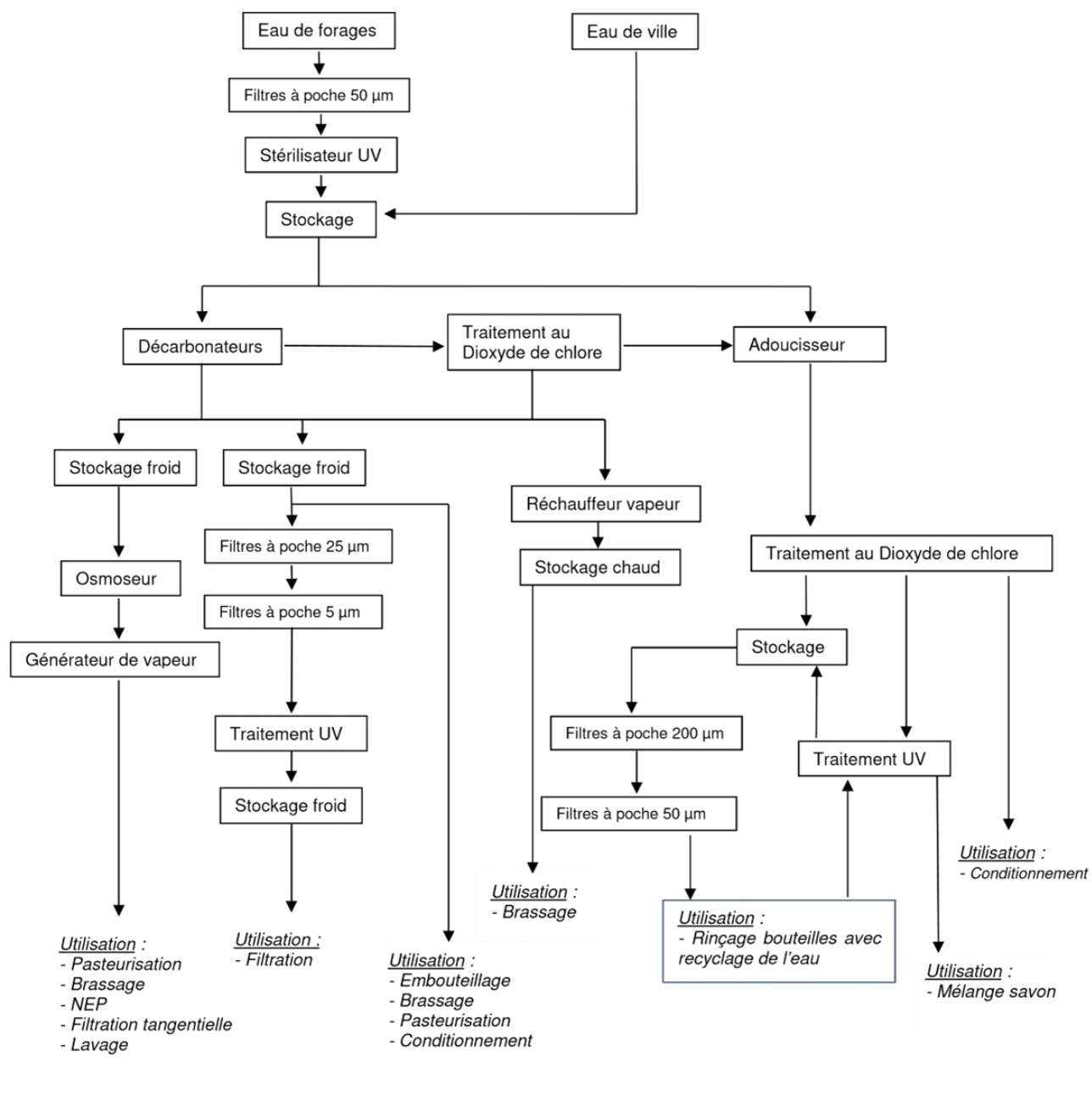
D'après les normes NF ISO 2859, AFNOR ; <https://cobaz.afnor.org/>

Document 5 : tableau des contrôles à réception effectués pour les lots de bouteilles en verre des fournisseurs A et B

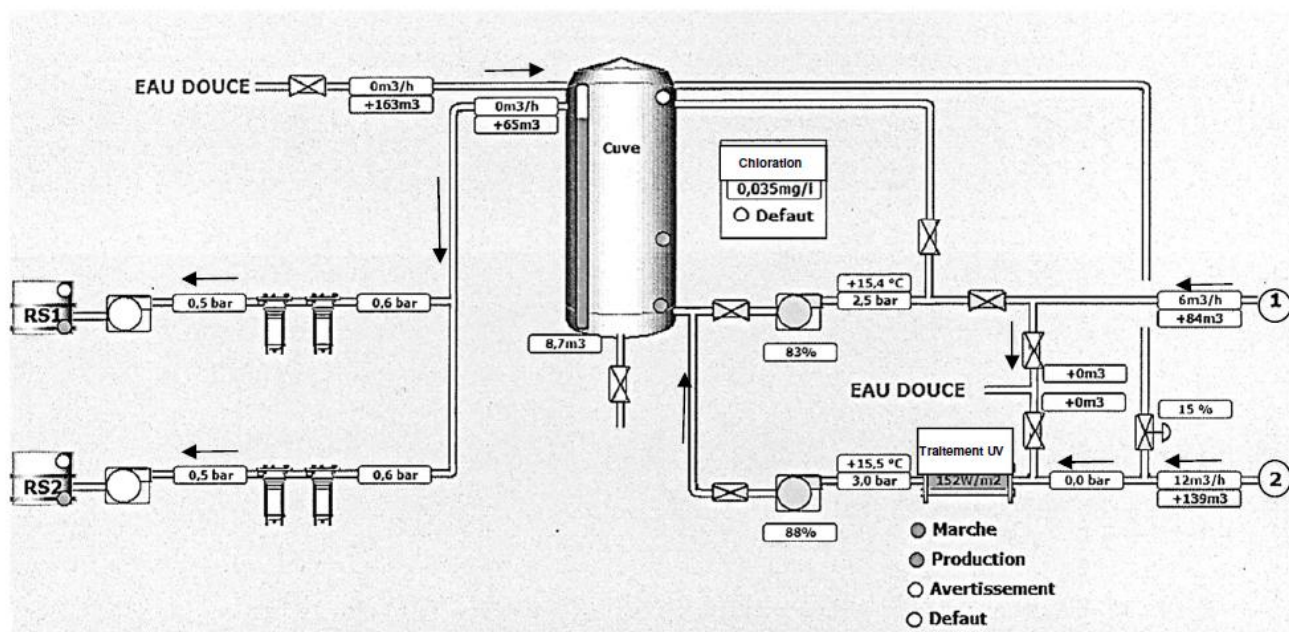
	Numéro de livraison	Effectif lot	Effectif de l'échantillon	Nombre de non conforme	Décision
Fournisseur A	A - 01	2 900	125	0	Accepter
	A - 02	2 600	125	1	Accepter
	A - 03	2 900	125	1	Accepter
	A - 04	2 500	125	2	Accepter
	A - 05	3 100	125	0	Accepter
Fournisseur B	B - 01	2 800	125	3	Refuser
	B - 02	2 700	125	0	Accepter
	B - 03	3 300	125	2	Accepter
	B - 04	3 100	125	0	Accepter
	B - 05	3 000	125	2	Accepter

Document 6 : tableau récapitulatif du plan normal, renforcé et réduit à adopter

	Contrôle réduit	Contrôle normal	Contrôle renforcé
Fournisseur concerné		X	
NQA			
n			
A			
R			

Document 7 : diagramme de production d'eaux en brasserie

Source : document interne à l'entreprise

Document 8 : circuit de recyclage de l'eau des rinceuses

① et ② retour de l'eau ayant servi au niveau des rinceuses RS1 et RS2

Source : document interne à l'entreprise

Document 9 : résultats d'analyses journalières des eaux au niveau de la boucle de rinçage

Jour des prélèvements	Jour 1	Jour 2	Jour 3	Jour 4	Jour 5
Dosage chlore en mg·L ⁻¹	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03
Concentration en microorganismes (*)	UFC·mL ⁻¹				
Sortie UV	0	0	1	3	1
En sortie de cuve	1	9	33	79	95
Eau rinceuse 1 (RS1)	3	12	52	99	161
Eau rinceuse 2 (RS2)	4	9	50	102	150

(*) : concentration en microorganismes évaluée par dénombrement des colonies après culture à 30 °C sur gélose PCA.

SESSION 2024 - Éléments de corrigé

Éléments de corrigé de mathématiques

2024

EXERCICE 1

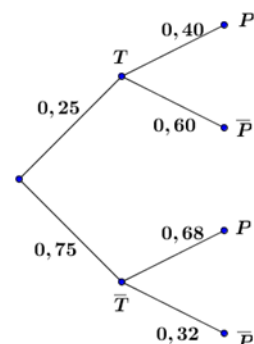
1.

a. Arbre complété ci-contre

b. $\forall A$ est l'événement $T \cap P$

$$P(T \cap \bar{P}) = P_T(\bar{P}) \times P(T) = 0,6 \times 0,25 = 0,15$$

La probabilité que la coccinelle ait une taille inférieure à P et n'ait pas un pronotum de type P est égale à 0,15.



c. $P(B) = P(\bar{P}) = P(T \cap \bar{P}) + P(\bar{T} \cap \bar{P}) = P_T(\bar{P}) \times P(T) + P_{\bar{T}}(\bar{P}) \times P(\bar{T}) = 0,6 \times 0,25 + 0,32 \times 0,75 = 0,39$

La probabilité que la coccinelle prélevée dans la forêt n'ait pas un pronotum de type P est égale à 0,39.

d. On calcule $P_{\bar{P}}(T) \Rightarrow P_{\bar{P}}(T) = \frac{P(T \cap \bar{P})}{P(\bar{P})} = \frac{0,15}{0,39} \approx 0,384$

La probabilité que la coccinelle prélevée soit de taille inférieure ou égale à 5 mm sachant qu'elle n'a pas un pronotum de type P est égale à 0,384 environ.

2.

a. X suit une loi binomiale car on a répétition de 10 épreuves de Bernoulli (à 2 issues contraires : la coccinelle est à deux points, ou non) et les épreuves sont indépendantes (le prélèvement est assimilé à un tirage avec remise).

X compte le nombre de coccinelles à 2 points parmi les 10.

Les paramètres sont $n = 10$ et $p = 0,15$.

b. "au moins une coccinelle à deux points" signifie $X \geq 1$ (événement contraire : $X = 0$).

$$P(X \geq 1) = 1 - P(X = 0) = 0,803$$

La probabilité qu'il y ait au moins une coccinelle à 2 points est égale à 0,803 à 0,001 près.

3. L suit la loi uniforme sur l'intervalle $[3 ; 6]$.

a. "La taille est entre 4 mm et 5 mm" signifie $4 \leq L \leq 5$: $P(4 \leq L \leq 5) = \frac{5-4}{6-3} = \frac{1}{3}$

La probabilité que la taille soit comprise entre 4 et 5 mm est égale à $\frac{1}{3}$

b. taille moyenne des coccinelles = espérance : $E(L) = \frac{3+6}{2} = 4,5$

La taille moyenne est 4,5 mm.

4. U suit la loi normale d'espérance égale à 35 et d'écart-type égal à 6.

a. Nombre moyen d'œufs par ponte d'une coccinelle à deux points = espérance de U : $E(U) = 35$
Le nombre moyen d'œufs par ponte est égal à 35.

b. U suit $\mathcal{N}(35 ; 6) \Rightarrow P(31 \leq U \leq 39) = 0,495$

La probabilité qu'une coccinelle pondre entre 31 et 39 œufs est égale à 0,495 à 0,001 près.

c. $p(35 - h \leq U \leq 35 + h) \approx 0,95$ près

La calculatrice fournit : $x_{\min} = 35 - h = 23,24$ et $x_{\max} = 35 + h = 46,76$

D'où $h = 46,76 - 35 = 11,76$

Interprétation : On a une probabilité égale à 0,95 environ qu'une coccinelle prise au hasard pondre entre 23 et 47 œufs.

5. On note H_0 l'hypothèse : "l'affirmation du vendeur est vraie", c'est-à-dire la durée de vie moyenne des larves est $m = 20$.

Le test étant bilatéral, l'hypothèse alternatif est $H_1 : m \neq 20$.

Sous H_0 (en supposant que l'hypothèse $m = 20$ est vraie) : l'intervalle de validité d'hypothèse au seuil de 5%, calculé pour des échantillons de taille $n = 80$ est :

$$I_{V; 5\%} = \left[m - 1,96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} ; m + 1,96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right] = \left[20 - 1,96 \times \frac{3}{\sqrt{80}} ; 20 + 1,96 \times \frac{3}{\sqrt{80}} \right] = [19,34 ; 20,66]$$

Énoncé de la règle de décision : si la moyenne de durée de vie d'un échantillon-test de 80 larves appartient à $I_{V; 5\%} = [19,34 ; 20,66]$, on accepte H_0 .

Sinon, on refuse H_0 et on accepte H_1 , au risque de 5% de se tromper.

Utilisation du test : la moyenne m' de l'échantillon de Michel est égale à 18 : $m' \notin [19,34 ; 20,66]$.

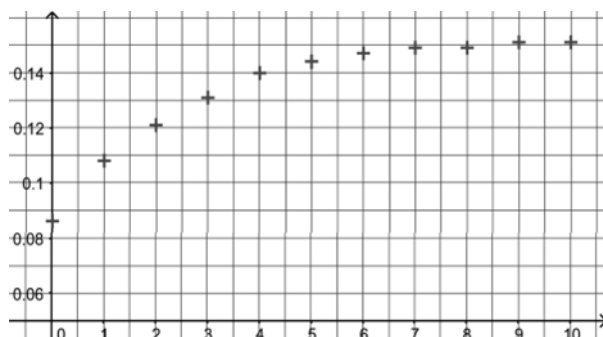
⇒ On refuse H_0 et on accepte H_1 .

Conclusion : on peut remettre en cause l'annonce du vendeur, au risque de 5% de se tromper.

EXERCICE 2

A.

1. Le nuage de points $(t_i ; y_i)$ est représenté sur le graphique ci-dessous :



Un ajustement linéaire ne paraît pas approprié car les points du nuage ne sont pas du tout alignés.

2. On pose $z_i = \ln(0,152 - y_i)$

- a. On a $z_i = \ln(0,152 - 0,108) = -3,124$ à 0,001 près ; $z_2 = \ln(0,152 - 0,121) = -3,474$ à 0,001 près.
D'où le tableau :

t_i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
z_i	-2,718	-3,124	-3,474	-3,863	-4,423	-4,828	-5,298	-5,809	-5,809	-6,908	-6,908

- b. On trouve $z = -0,435t - 2,658$ à 0,001 près.
c. On a par définition $z = \ln(0,152 - y)$ et on a établi que $z = -0,44t - 2,7$ par la méthode des moindres carrés (en fixant $a = -0,44$ et $b = -2,7$).
On a donc $\ln(0,152 - y) = -0,44t - 2,7 \Leftrightarrow 0,152 - y = e^{-0,44t-2,7} \Leftrightarrow y = 0,152 - e^{-0,44t-2,7}$
 $\Leftrightarrow y = 0,152 - e^{-0,44t} \times e^{-2,7} \approx 0,152 - 0,067e^{-0,44t}$.

B.

- 1.

- a. $C(t) = 0,152 - 0,067e^{-0,44t}$ d'où $C(2) = 0,152 - 0,067e^{-0,88} \approx 0,124$.
La teneur en matière grasse 2 minutes après le démarrage de la période de transition est égale à 0,124 environ.
b. $C(t) = 0,152 - 0,067e^{-0,44t}$ donc $C'(t) = -0,067 \times (-0,44e^{-0,44t}) = 0,02948e^{-0,44t}$.
 $C'(t) > 0$ car $e^{-0,44t} > 0$ (exponentielle). La teneur en matière grasse augmente donc durant la période considérée ce qui est cohérent puisqu'on injecte de la matière grasse

2. On considère l'algorithme ci-dessous :

M prend la valeur 0
 D prend la valeur 0,085
 Tant que $D \leq 0,149$
 M prend la valeur $M+1$
 D prend la valeur $C(M)$
 Fin Tant que
 Renvoyer M

La valeur renvoyée est 8 (le plus petit entier M pour lequel $C(M) > 0,149$)

3.

a. On résout $C(t) = 0,149 \Leftrightarrow 0,152 - 0,067e^{-0,44t} = 0,149 \Leftrightarrow -0,067e^{-0,44t} = -0,003$.

$$\Leftrightarrow e^{-0,44t} = \frac{-0,003}{-0,067} = \frac{3}{67} \Leftrightarrow -0,44t = \ln\left(\frac{3}{67}\right) \Leftrightarrow t = \frac{1}{-0,44} \times \ln\left(\frac{3}{67}\right) \simeq 7,06.$$

La solution $T \simeq 7,06$ à 0,01 près

2e démarche possible : à l'aide de la calculatrice, par encadrements successifs, après programmation de la fonction C .

b. $T = 7,06$ minutes = 7 minutes + $0,6 \times 60$ secondes $\simeq$ 7 minutes et 4 secondes

La variété M2 est commercialisable 7 minutes et 4 secondes environ après le début de la phase de transition.

C.

f définie sur l'intervalle $[0 ; 10]$ par $f(t) = 0,152 - 0,062e^{-0,5t}$.

1. F est une primitive de f si et seulement si $F'(t) = f(t)$ pour t appartenant à l'intervalle $[0 ; 10]$.

avec $F(t) = 0,152t + 0,124e^{-0,5t}$ donc $F'(t) = 0,152 - 0,124 \times (-0,5e^{-0,5t}) = 0,152 - 0,062e^{-0,5t} = f(t)$

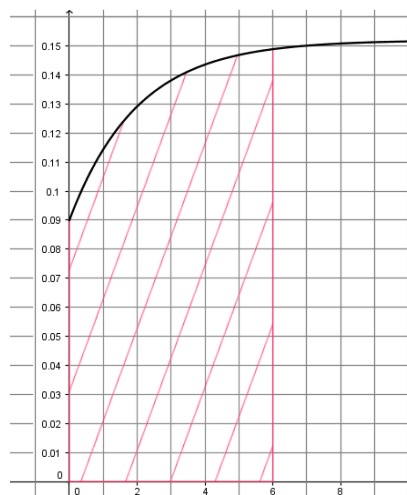
Donc, F est bien une primitive de f .

2.

a. $\int_0^6 f(t) dt = \left[F(t) \right]_0^6 = F(6) - F(0) = (0,152 \times 6 + 0,124e^{-3}) - (0,124e^0) = 0,912 + 0,124e^{-3} - 0,124$

D'où $\int_0^6 f(t) dt = 0,788 + 0,124e^{-3} \simeq 0,7942$

- b. La valeur de l'intégrale est égale à l'aire hachurée ci-contre (en unités d'aire)



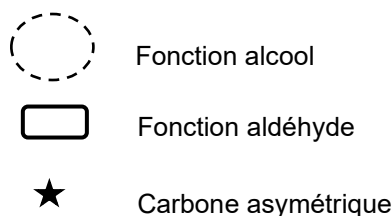
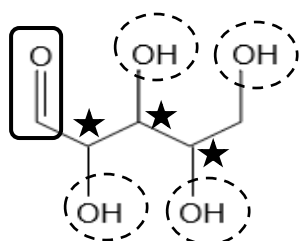
3. $m = \frac{1}{6} \int_0^6 f(t) dt \simeq \frac{1}{6} \times 0,7942 \simeq 0,132$ à 0,001 près

4. Ce résultat correspond à la valeur moyenne de la fonction f sur l'intervalle $[0 ; 6]$, c'est-à-dire à la concentration moyenne en matière grasse durant les 6 premières minutes.

Éléments de corrigé de sciences physiques et chimiques 2024

Partie A – Utilisation de sous-produits de la production d'huile d'olive (11,5 points)

Q1. et Q2.



Q2. Un carbone asymétrique est un carbone lié à quatre groupes d'atomes différents.

Q3. La configuration du carbone 4 du D-(+)-xylose est R selon les règles de priorité de Cahn – Ingold-Prelog

Q4. Le D-(+)-xylose est dextrogyre signifié par (+).

Q5. Xylose ($C_5H_{10}O_5$) $\rightarrow$ Furfural ($C_5H_4O_2$) + 3 H_2O

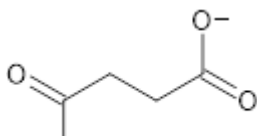
Q6. Il s'agit d'une élimination.

Q7. Le furfural, oxydant en captant 2 électrons, subit une réduction lors de sa transformation en alcool furfurylique.

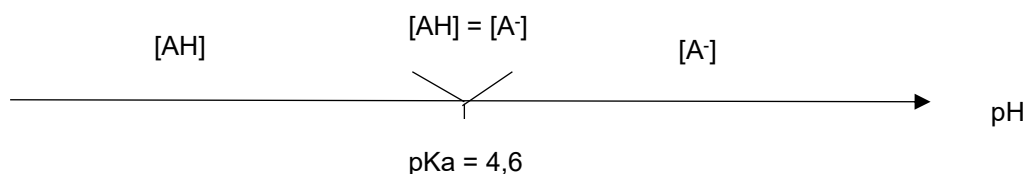
Q8. La fonction alcool furfurylique est une fonction alcool primaire.

Q9. Un acide au sens de Brönsted est une espèce chimique susceptible de céder au moins un proton.

Q10.



Q11. Le pK_a du couple acide lévulinique AH / lévulate (A^-) étant de 4,6 le diagramme des prédominances des espèces est donc :



Q12. $pH = 6$ est supérieure au pK_a donc l'espèce majoritaire est le lévulate (base conjuguée).

Q13. Le nom en nomenclature systématique de l'acide 4-hydroxyvalérique est l'acide 4-hydroxypentanoïque.

Q14. Le groupe caractéristique est un ester – La famille organique est aussi un ester.



Q15. La cyclisation de l'acide 4-hydroxyvalérique est en γ -valérolactone s'effectue en milieu acide. Il est donc nécessaire d'avoir la présence d'ions H^+ .

Partie B – Analyse des composés phénoliques (10,5 points)

Q16. Le mélange d'oxydes de tungstène et de molybdène obtenu est de couleur cyan, la longueur d'onde de travail sera celle correspondant à la radiation de couleur rouge de 750 nm complémentaire au bleu cyan. La longueur d'onde 765 nm est proche de 750 nm.

Q17. La loi de Beer Lambert est $A = \varepsilon_X^\lambda \cdot l \cdot c_{(X; \text{sol travail})}$

A absorbance sans unité ; ε_X^λ coefficient d'absorbance linéique molaire en $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$, l distance du trajet optique dans la solution absorbante ; $c_{(X; \text{sol travail})}$ concentration en quantité de matière en analyte dans la solution de travail en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Partie C – Mesure de radioactivité d'un échantillon d'huile olive par spectrométrie gamma (8,5 points)

Q18. L'équation de droite de régression du graphe $A = f(C)$ est $A = 0,539 \times 10^3 C - 0,003$ avec $r^2 = 0,9991$ est une équation de type $y = ax + b$. L'intercept à l'axe des ordonnées b tend vers zéro et est négligeable. r^2 tend vers 1. La relation est donc une fonction linéaire $y = a x$ qui est de même type que celle de la loi de Beer-Lambert. Il y a proportionnalité entre A mesurée et la concentration en quantité de matière C .

Q19. $A = 0,100$ donc $c_{(\text{acide gallique} ; \text{huile E1})} = C = \frac{A}{0,539 \times 10^3} = \frac{1,00}{0,539 \times 10^3} = 1,86 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

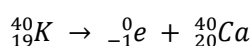
Q20. La concentration en masse en acide gallique dans l'huile testée est :

$$\rho_{(\text{acide gallique} ; \text{huile E1})} = c_{(\text{acide gallique} ; \text{huile E1})} \times M_{\text{acide gallique}} = 1,86 \cdot 10^{-3} \times 170,1 = 0,316 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

soit $316 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, cette concentration en masse est comprise entre 200 et $600 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. Cette huile d'olive italienne vérifie donc les normes imposées pour obtenir le label Dénomination d'Origine Protégée (DOP).

Q21. Deux isotopes sont des atomes possédant le même nombre de protons mais un nombre de neutrons différents et donc de masses atomiques différentes.

Q22. L'équation de désintégration du potassium 40 sachant qu'il subit une désintégration de type β^- est :



Il y a conservation du nombre de charges ($19 \rightarrow 20 - 1$) ainsi que du nombre de nucléons ($40 = 40 + 0$).

Q23. Sachant que $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$ alors $E = 1460,83 \times 10^3 \times 1,60 \times 10^{-19} / 1 = 2,34 \times 10^{-13} \text{ J}$.

Q24. $\lambda = \frac{h \times c}{E} = \frac{(6,64 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8)}{2,34 \times 10^{-13}} = 8,50 \times 10^{-13} \text{ m}$.

Q25. $\lambda = 8,50 \times 10^{-13} \text{ m} = 0,850 \text{ pm}$. $0,850 \text{ pm} < 10 \text{ pm}$ le type de rayonnement émis sont des rayons gamma.

Q26. L'activité pour 450 mL est $A = 1,89 \text{ Bq}$. Rapportée à 1 L, $A = \frac{1,89}{450 \times 10^{-3}} = 4,2 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$. L'activité du potassium 40 de $4,2 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$ est inférieure à l'activité de $1\,800 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$ imposée par la norme de l'OMS. L'huile d'olive E1 est conforme.

Partie D – Indice d'iode d'une huile

Q27. E.N. (I) = 2,66 < E.N. (Cl) = 3,16. $\Delta \text{E.N.} = 3,16 - 2,66 = 0,5$ donc I porte une charge partielle positive et Cl porte une charge partielle négative. Donc Le monochlorure d'iode est polaire. L'iode porte une charge partielle positive, il a un caractère électrophile.

Q28. C'est une addition électrophile car addition sans substitution d'autres atomes ou groupes et est électrophile du fait que la double liaison $\text{C}=\text{C}$ est un site riche en électrons.

Q29. ICl est en excès afin que toutes les insaturations réagissent avec ICl .

Q30. Les demi-équations d'oxydo-réductions sont : $\text{I}_2 + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{I}^-$ et $2 \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightleftharpoons 2 \text{e}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$. D'où l'équation de réaction $\text{I}_2 + 2 \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow 2 \text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$.

Q31. À l'équivalence de la réaction (3), le diiode et le thiosulfate ont été introduits en proportions stœchiométriques : $\frac{n_{I_2}}{n_{S_2O_3^{2-}}} = \frac{1}{2}$ donc $n_{I_2} = \frac{1}{2} \times n_{S_2O_3^{2-}}$.

Le modèle de mesure de $n_{I_2} = \frac{1}{2} \times c_{(S_2O_3^{2-}; sol)} \times V_E$ équation aux unités : $[mol] = \emptyset \times \left[\frac{mol}{L} \right] \times [L]$ ou

$$n_{I_2} = \frac{1}{2} \times c_{(S_2O_3^{2-}; sol)} \times V_E \cdot 10^{-3} \quad ([mol] = \emptyset \times \left[\frac{mol}{L} \right] \times [mL] \times fc \text{ conversion})$$

Q32. $I_{iode} = 12,69 \times \frac{C_{thio} \times (V_{témoin} - V_E)}{m} = I_{iode} = 12,69 \times \frac{0,100 \times (21,85 - 7,20)}{0,2105} = 88,3 \text{ soit } 88.$

Q33. L'indice d'iode d'une huile d'olive vierge doit être compris entre 75 et 94. L'indice de diode obtenu de 88 est compris dans l'intervalle [75 ; 94]. Donc l'indice d'iode de l'huile testé correspond bien à celui d'une huile d'olive vierge.

Éléments de corrigé de biochimie et de technologies d'analyse 2024

La vinification : contrôles qualité et amélioration

1. Du saccharose à l'éthanol

Q1. La molécule X correspond au fructose issu de l'hydrolyse du saccharose (composé de glucose et de fructose lié par une liaison osidique en β 1-2)

La formule linéaire du fructose : $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{CHOH}-\text{CHOH}-\text{CO}-\text{CH}_2\text{OH}$ (qui n'existe à moins de 1 % dans la nature la forme prédominante étant la forme cyclique permettant d'expliquer en autre les propriétés des oses...).

Le composé Y est le CO_2 .

Q2. Équation bilan : $\text{saccharose} + 4(\text{ADP} + \text{P}_i) \rightarrow 4 \text{CO}_2 + 4 \text{éthanol} + 4 \text{ATP} + 3 \text{H}_2\text{O}$

Pour la production en anaérobiose, il faut régénérer le NAD^+ . L'alcool deshydrogénase permet la réoxydation du NADH pour produire le NAD^+ utilisable à l'étape 6 de la glycolyse catalysée par la G-3-P dH.

Q3. Le biais = $9,953 - 10,0 = -0,047$ °Brix, valeur inférieure à l'EMT ($\pm 0,1$ °B) donc méthode juste.

Q4. Le temps minimum pour lire l'absorbance A_2 est de 4 minutes. Le dosage de l'éthanol s'effectue par une méthode de dosage enzymatique en point finale. Donc la réaction doit être totale, la vitesse de réaction doit être nulle.

Q5. Le domaine de mesure est de $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ($0,1/0,01$) à $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. Le vin a une concentration en masse en éthanol de 60 à $120 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ donc hors du domaine de mesure. Si on prend la valeur haute du domaine de mesure le facteur de dilution $120 / 0,2 = 600$ soit une dilution au $1/1000$.

Q6. C'est une méthode de dosage par comparaison avec un étalon. En conséquence, les conditions opératoires sont rigoureusement respectées et identiques entre le dosage de l'essai et celui de l'étalon (matériels, réactifs, technicien...), le facteur de proportionnalité K de la loi de Beer-Lambert est identique. On a donc :

$$A_{\text{standard}} = K \times c_{(\text{éthanol} ; \text{sol standard})}$$

$$A_{\text{essai}} = K \times c_{(\text{éthanol} ; \text{sol essai})}$$

$$\rho_{(\text{ethanol} ; \text{essai})} = \frac{\Delta A_{\text{essai}}}{\Delta A_{\text{standard}}} \times \rho_{(\text{ethanol} ; \text{standard})}$$

$$\rho_{(\text{ethanol} ; \text{sample})} = \rho_{(\text{ethanol} ; \text{essai})} \times Fd \text{ quand l'échantillon est dilué.}$$

$$\text{Remarque : } K = \frac{V_{\text{sol totale}} \times M_{\text{éthanol}}}{2 \times \epsilon_{\text{NADH}}^{340} \times l \times V_{\text{pe sol essai}}}$$

$$\text{Q7. } \rho_{(\text{éthanol} ; \text{vin})} = 0,05 \times \frac{[(0,838-0,023)-(0,005-0,002)]}{[(0,420-0,006)-(0,005-0,002)]} \times 1000 = 98,8 \pm 2,0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

2. L'acidité du vin

Q8. Dégazage sous vide

$$\text{Q9. } n_{(\text{AH} , V_{\text{pe vin}})} = n_{(\text{NaOH} , V_{\text{équivalent sol NaOH}})}$$

$$\text{donc } n_{(\text{NaOH} , V_{\text{équivalent sol NaOH}})} = c_{(\text{NaOH} ; \text{sol NaOH})} \times V_{\text{équivalent sol NaOH}} = 0,1 \times 6,5 \cdot 10^{-3} = 6,5 \cdot 10^{-4} \text{ M} = 0,65 \text{ mM.}$$

$$c_{(\text{AH} ; \text{vin dégazé})} = \frac{6,5 \cdot 10^{-4}}{10 \cdot 10^{-3}} = 0,065 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\text{Q10. } AT = 0,75 \times V_{\text{NaOH à pH7}} = 0,75 \times 6,5 = 4,88 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \text{ soit } [4,88 \pm 0,20] \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\text{Q11. Établissement de la gamme : } V_{\text{PE sol travail}} = \frac{c_{(\text{AM} ; \text{sol étalon})} \times V_{\text{sol étalon finale}}}{c_{(\text{AM} ; \text{sol travail})}}$$

$c_{(\text{AM} , \text{sol étalon})}$ en mM	0	2	4	6	8	10
V_{PE} sol travail en mL	0	0,400	0,800	1,200	1,600	2,000
V_{solvant} en mL	2,000	1,600	1,200	0,800	0,400	0,000

Q12. Intérêt : s'affranchir des caractéristiques de la procédure et du volume d'aspiration par le capillaire.

Critères usuels d'un étalon interne : être absent de l'échantillon, pur, des propriétés similaires aux solutés de l'échantillon, des pics voisins mais séparés.

Q13. Éléments d'analyse : gamme : réponse linéaire, bonne proportionnalité entre le rapport de surface et la concentration en quantité en acide malique.

Analyse électrophorétique : bonne séparation et identification des pics de l'étalon interne et de l'acide malique.

$$\text{Q14. } c_{(AM;vin)} = \frac{R_S + 1,6184}{0,9888} \text{ et } R_S = \frac{9735}{5407} = 1,800 \rightarrow c_{(AM;vin)} = \frac{1,800 + 1,6184}{0,9888} = 3,46 \text{ mM} \pm 0,30 \text{ mM.}$$

Soit $U = 2 \times \frac{3,46}{100} = 0,30 \text{ mM}$, le résultat de mesure est : $c_{(AM;vin)} = [3,46 \pm 0,30] \text{ mM}$.

Q15. $\rho_{(AM;vin)} = 3,46 \cdot 10^{-3} \times 134,1 = 0,46 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, la valeur mesurée est supérieure à $0,2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ par conséquent la fermentation malique n'est pas achevée.

3. L'utilisation de préparations enzymatiques en vinification

Q16. Équation de réaction d'hydrolyse : $\beta\text{-D-glc-O-R} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \beta\text{-D-glucose} + \text{ROH}$.

Q17. Spécificité de liaison : anomérie β de la liaison.

Q18. Paramètres opératoires précis et constants : pH de la solution tampon, température, temps de réaction pour être en phase initiale.

Q19. Protocole de préparation du contrôle de réaction spontanée :

10 μL $p\text{NP}\beta\text{Glc}$ ($20 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) + 180 μL de solution tampon incubé à 37°C pendant 10 min. Puis addition de 50 μL de réactif d'arrêt (Na_2CO_3).

Si hydrolyse spontanée du substrat dans les conditions opératoires, une coloration jaune absorbant à 405 nm apparaît qu'il faudra retrancher à l'essai.

Q20.

Analyses correspondant au contrôle des normes imposées	Analyses permettant l'amélioration des propriétés organoleptiques du vin
Taux de sucres °B : obtention d'un vin correspondant aux exigences des appellations.	Utilisation d'enzymes pour augmenter la teneur en arômes du vin
Acidité du vin : suit la réglementation UE 2021/2117 maximum d'acidité $4 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$	Suivi de la fermentation malolactique par électrophorèse capillaire
Dosage de l'éthanol : teneur standardisée entre 60 et $120 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$	

Éléments de corrigé de microbiologie et de technologies d'analyse 2024

Prévention de la contamination dans la filière de production des préparations en poudre pour nourrissons

1. *Cronobacter*, un des principaux dangers microbiologiques associés aux préparations en poudre pour nourrissons

Q1. Les principales étapes de l'infection de *Cronobacter* sont :

- adhésion / fixation à la cellule intestinale ;
- internalisation / entrée dans la cellule par endocytose ;
- rupture des jonctions d'adhérence entre les cellules ;
- entrée par la membrane basale.

Le mécanisme infectieux de *Cronobacter* est invasif.

Q2. La présence potentielle de *Cronobacter sakazakii* dans les préparations de lait en poudre s'explique car :

- Sa température de croissance optimum est de 37 à 43 °C avec un développement compris entre 6 et 45 °C. La conservation de la poudre se fait à température ambiante, donc la bactérie peut survivre.
- La bactérie survit jusqu'à 2 ans dans les produits secs (A_w de 0,14 à 0,27) donc elle peut persister dans la poudre de lait (A_w de 0,2).

Q3. Les substances accumulées dans le cytoplasme (ions potassium, tréhalose, proline, glycine) permettent de maintenir une pression osmotique élevée dans la cellule bactérienne et de limiter les pertes d'eau ce qui explique sa résistance à des A_w faibles.

Q4. Les structures bactériennes intervenant dans la formation des biofilms par les bactéries sont :

- Les pili de nature protéique
- Glycocalyx ou substances polymérisées extracellulaires (EPS) ou slime de nature polysaccharidique.

Q5. Les courbes (doc 5) montrent l'étude de la thermotolérance de *Cronobacter sakazakii* dans une préparation pour nourrissons reconstituée et maintenue à différentes températures pendant 20 minutes.

À 48 °C et 52 °C, il n'y a pas de diminution du Log de la concentration en bactérie en 20 min (Log 9).

À 56 °C, il faut 15 min pour faire chuter le Log de la concentration en bactérie de 9 à 0.

À 66 °C, il faut 6 min pour faire chuter le Log de la concentration en bactérie de 9 à 0.

L'OMS recommande de reconstituer la préparation en poudre avec une eau à 70°C donc à priori l'élimination de la souche se fait en moins de 6 min à cette température.

Q6. Le temps de génération signifie que la souche bactérienne double sa population en 40 min à 23 °C.

Q7. Plus la température est basse, plus le temps de génération est long (300 min à 10 °C au lieu de 40 min à 23 °C), donc la croissance de *Cronobacter sakazakii* est inhibée à faible température. Il faut conserver le lait reconstitué au réfrigérateur (10 °C) pour éviter le développement de la bactérie.

2. Principales mesures de maîtrise des dangers microbiologiques identifiés

Q8. Après la pasteurisation, d'autres sources de contamination de la poudre sont possibles tels que :

- l'incorporation d'ingrédients secs,
- l'ajout de vitamines et de minéraux,
- le matériel utilisé pour le séchage ou le stockage vrac,
- le matériel utilisé pour le conditionnement (sacs, boîtes...),
- le personnel qui procède à ses opérations peut être une source de contamination également.

Toutes ces opérations se font en zone sèche après la pasteurisation, donc celle-ci ne suffit pas à garantir la qualité sanitaire du produit fini.

Q9. Le nettoyage est une opération qui permet d'éliminer les souillures visibles.

La désinfection est une opération qui permet d'éliminer momentanément tous les microorganismes présents sur une surface.

Q10. Pour lutter contre la formation d'un biofilm, on peut utiliser :

- des matériaux traités pour réduire l'adhérence des bactéries ;
- le brossage mécanique associé au nettoyage et la désinfection,
- des substances anti-biofilms qui empêchent la prolifération des bactéries dans le biofilm en inhibant la synthèse de l'exopolysaccharide...

Q11. L'ANSES recommande de vérifier l'efficacité du séchage des installations et l'absence d'eau des zones à haute hygiène car l'eau est un facteur favorisant la prolifération microbienne.

3. Procédures de validation et vérification

Q12.

	Boite contact	Écouvillon	Chiffonnette
Avantages	Facilité d'utilisation Rapidité de mise en œuvre Incubation directe	Utilisable sur des petites surfaces, même peu accessibles.	Permet d'échantillonner rapidement de plus grandes surfaces (> 100 cm ²) et des surfaces non planes.
Inconvénients	Petite surface testée Surface plane obligatoirement	Nécessité de délimiter la surface Plusieurs étapes nécessaires ensuite pour dénombrer les microorganismes	Plusieurs étapes nécessaires ensuite pour dénombrer les microorganismes

La méthode la plus adaptée serait la chiffonnette car elle permet un prélèvement rapide et facile pour une grande surface tel qu'un tapis convoyeur.

Q13. Un critère de sécurité des denrées alimentaires est un critère définissant l'acceptabilité d'un produit ou d'un lot de denrée alimentaires, applicable aux produits mis sur le marché. Il concerne les bactéries pathogènes et leurs toxines. Si ce critère n'est pas respecté, le produit doit être retiré du marché.

Un critère d'hygiène est un critère indiquant l'acceptabilité du fonctionnement du procédé de production, défini sur des flores indicatrices. Un tel critère n'est pas applicable aux produits mis sur le marché, il fixe une valeur indicative de contamination dont le dépassement exige des mesures correctives destinées à maintenir l'hygiène du procédé.

Q14. La mise en œuvre du plan d'échantillonnage consiste à prélever 30 échantillons. La recherche de *Cronobacter* est réalisée sur 10 g de produits par échantillon. Pour que le lot soit accepté, les résultats doivent être « non détecté dans 10g » pour les 30 échantillons.

Q15. La première étape consiste en un pré-enrichissement en eau peptonée tamponnée afin de revivifier l'ensemble des micro-organismes présents dans la poudre.

La deuxième étape est un enrichissement sélectif en bouillon CSB et à 41,5 °C afin d'augmenter la proportion de *Cronobacter* par rapport aux autres bactéries.

Q16. Les étapes de l'identification bactérienne par spectrométrie de masse MALDI-TOF sont :

- **Préparation de l'échantillon** : une colonie suspecte est mélangée à une matrice spécifique.
- **Ionisation des molécules** par un rayon laser.
- **Accélération et mesure du temps de vol** : un « nuage » de protéines ionisées est libéré et accéléré par une charge électrique. Le temps de vol des protéines est enregistré.
- **Détection** : un capteur détecte les protéines pour créer un spectre spécifique des protéines de l'échantillon et donc du microorganisme.
- **Identification** : par comparaison à une banque de données, le spectre permet l'identification.

L'identification par MALDI-TOF est beaucoup plus rapide que les méthodes d'identifications traditionnelles qui nécessitent des durées d'incubation plus longues.

Q17. Bilan

Matériels	- Mauvais nettoyage et désinfection du matériel lors de la production - Nettoyage du biberon insuffisant.
Main d'œuvre	- Hygiène du personnel lors de la production - Hygiène du préparateur du biberon
Méthode	- Problème lié à la pasteurisation - Reconstitution de la préparation avec de l'eau trop froide (<70 °C) - Produit non consommé dans les 2 h
Matière première	- Matières premières ajoutées à la poudre (vitamines...) contaminées - Eau utilisée pour le biberon contaminée.
Milieu	- Mauvaise qualité de l'air ambiant des salles de production - Mauvaises conditions de conservation de la poudre et/ou du produit reconstitué

Éléments de corrigé de BCM et de technologies d'analyse 2024

Dépistage du dopage à l'EPO aux jeux Olympiques et Paralympiques

1. Étude de l'effet cellulaire de l'EPO et des caractéristiques des agonistes du récepteur à l'EPO

Q1. Les événements aboutissant à la régulation de la transcription à la suite de la fixation de l'EPO sont :

- L'assemblage au niveau du récepteur,
- L'activation des kinases par phosphorylation
- Le transfert d'un message au niveau du noyau,
- L'activation de la transcription.

Q2. L'EPO stimule à la fois la prolifération et la différenciation des cellules progénitrices érythropoïétiques. Donc production de globules rouge et permet de diminuer la mort cellulaire des cellules concernées. On a une convergence des effets.

Q3. Époétine alfa : structure et effet similaire – Darbépoétine : structure, affinité et stabilité différentes

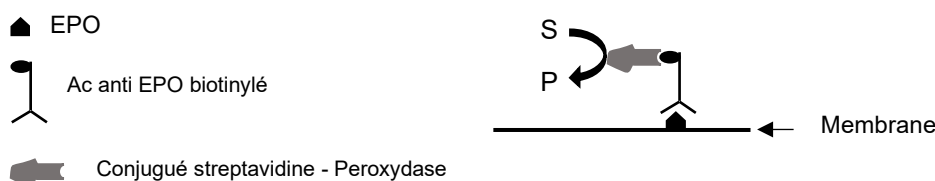
Q4. Raisons : mutation et 2 N glycosylations supplémentaires

un intérêt logique : éviter un effet trop fort à l'administration, des doses plus fortes sont possibles permettant des injections espacées.

2. Méthodes de dosage appliquées au dépistage du dopage aux ERA

Q5. – Migration et séparation des protéines – Transfert sur membrane – Blocage des sites non spécifiques – Marquage – Révélation

Q6. Schéma de l'édifice moléculaire obtenu à la dernière étape du protocole :



Q7. Pour les échantillons d'urine, l'intensité du signal diminue significativement quand la température augmente alors que pour ceux des DBS l'intensité du signal est beaucoup plus stable quelque soit la température de leur conservation. Choix des DBS car la détection des EPO n'est pas affectée par le mode de conservation des échantillons.

Q8. a) → spécificité b) efficacité

hEPO et les ERA ont pu être détectées dans toutes les conditions, même avec le plus faible volume d'échantillon testé (25 µL) bien que faiblement. ERA1 semble être mieux détecté...

Q9. Stabilité de la détection pour les échantillons conservés de - 20 °C à 37 °C (intéressant lors de contre-analyses). Bonne intensité du signal et bonne sensibilité pour tous les ERA même aux faibles volumes → permet des analyses supplémentaires.

3. Dopage génétique à l'EPO

Q10. Acides aminés (AA) source de C et N, apport des AA pour la synthèse protéique notamment des AA essentiels ;

Vitamines et facteurs de croissance pour faciliter la croissance ;

Indicateur coloré de pH : permet de repérer les contaminations microbiennes (changement de pH).

Sérum de veau fœtal : apport d'hormones, de facteur de croissance et inhibition de la trypsine.

Q11. - Élimination du milieu

- Ajout de la trypsine pour décoller les cellules
- Ajout de milieu complet pour neutraliser la trypsine
- Dénombrement
- Ré-ensemencement

Q12. $c_{(cellules ; suspension)} \times V_{pe\ suspension} = n_{cellules}$

$$c_{(cellules ; suspension)} \times V_{pe\ suspension} = \text{densité surfacique} \times \text{surface}$$

$$V_{pe\ suspension} = \frac{\text{densité surfacique} \times \text{surface}}{c_{(cellules ; suspension)}} = \frac{4,4 \cdot 10^4 \times 75}{2,2 \cdot 10^6} = 1,5 \text{ cm}^3 = 1,5 \text{ mL}$$

Q13. ADN simple brin : reconnaissance spécifique du gène

Biotine : marqueur qui permettra la capture des fragments via la streptavidine présentes sur les billes magnétiques.

Q14. $c_i \times V_i = c_f \times V_f \rightarrow V_i = \frac{c_f \times V_f}{c_i}$

Soit $V_1 = \frac{1 \times 100}{5} = 20 \text{ } \mu\text{L}$ et $V_2 = \frac{0,2 \times 100}{10} = 2 \text{ } \mu\text{L}$

Q15. Apparition de nouvelles méthodes de dopage par voie génétique (mutations d'un ou plusieurs gènes ; manipulations génétiques modifiant les caractéristiques somatiques en vue d'augmenter les performances) qui sont interdites par le code du sport article L232-12-2 créée par la loi n° 2023-380 du 19 mai 2023 car cela nuit à la santé des sportifs et à l'équité des performances.

⇒ de nouvelles méthodes de détections comme la détection du dopage génétique par PCR à partir de gouttes de sang qui est une méthode non invasive, nécessitant de peu d'échantillons, donnant des résultats fiables à partir d'échantillons conservés à basse température pour des potentiels contre-analyses.

Éléments de corrigé de sciences et technologies bioindustrielles 2024

Diminution des réclamations des consommateurs dans une biscuiterie

1. Étude des réclamations des consommateurs

Q1. Le diagramme de Pareto donne des informations claires, rapidement interprétables. Il permet d'identifier les types de réclamations sur lesquelles il faut agir en priorité.

Q2. L'histogramme permet de mettre en évidence le nombre de réclamation par type de réclamation sur les 6 derniers mois. La courbe symbolise les pourcentages cumulés des différentes réclamations de la plus fréquente à la moins fréquente. 80% des réclamations sont dues à un produit moisi, un défaut organoleptique ou une date de péremption illisible.

2. Management de la sécurité alimentaire

Q3. Matière : ingrédient contaminé. Milieu : mauvaise aération des locaux. Méthode : procédé de démoulage non respecté. Matériel : mauvais nettoyage des balances. Main d'œuvre : hygiène des mains du personnel.

Q4. (1) aération insuffisante des locaux (2) augmentation du débit d'extraction de l'air.

Q5. Q1 oui Q2 oui Q3 non Q4 oui Q5 non Q6 non. Une surveillance continue de l'humidité du produit n'est pas possible (toutes les 2 h seulement) donc cette étape est un PRPop et non un CCP.

3. Matières premières et qualité organoleptique

Q6. Plus le taux d'extraction est élevé, plus l'extraction comporte des enveloppes du grain riche en minéraux et plus le % en cendre est élevé.

Q7. Le type de farine correspond au % en cendre de la farine appliqué d'un facteur 100 (exemple T55 pour un % cendre proche de 0,55%).

Q8. Étape 1 : élimination des corps étrangers ; étape 2 : élimination du son ; étape 3 : séparation des farines et semoules, notion de granulométrie finesse adéquate.

Q9. Propositions : vitesse, usure, réglage, introduction de corps étrangers bloquant le cylindre.

Q10. Le traitement thermique vise à éliminer les germes pathogènes et une grande partie de la flore d'altération.

Q11. $V_p = t \times 10^{(T-T_{ref})/z} = 2,5 \times 10^{(64,4-70)/7} = 2,5 \times 10^{-0,8} = 0,396 \text{ min soit } 23,8 \text{ s}$

Q12. Le traitement appliqué est de 2,5 min à 64,4 °C. Il correspond donc à un traitement de 23,8 secondes à T_{ref} de 70 °C. Le traitement de référence doit être de 20 s à 70 °C. On a 23,8 s > 20 s de référence. Donc ce traitement est efficace.

Q13. Une trop haute température dégraderait les propriétés organoleptiques de l'œuf avec coagulation des protéines.

Q14. 1 chauffage 2 préchauffage 3 pré refroidissement 4 refroidissement.

Fluide A : subit un refroidissement Fluide B : subit un réchauffement.

Q15. Chambreur : application stricte du barème (temps / température), lieu où le produit subit le traitement thermique prédéfini à température constante.

Q16.

Causes défaut qualité	Action corrective
Date de péremption illisible	Paramétrage de l'appareil d'impression
Présence de moisissures	Décontamination des surfaces, amélioration du protocole, meilleure hygiène des mains du personnel
Défaut organoleptique des œufs	Temps de pasteurisation trop long à réduire

SESSION 2025 - Éléments de corrigé

Éléments de corrigé de mathématiques 2025

EXERCICE 1

PARTIE A

- En observant le graphique, on note que les points $(t_i ; C_i)$ du nuage ne sont pas du tout alignés.
Un ajustement linéaire de ce nuage de points n'est donc pas approprié.
- On pose $y_i = \ln(10,54 - C_i) \Rightarrow u = \ln(10,54 - 7,063) = 1,246$ et $v = \ln(10,54 - 9,215) = 0,281$.

Temps t_i (en min)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
y_i $= \ln(10,54 - C_i)$	2,355	2,081	1,809	1,540	1,246	1,019	0,771	0,388	0,281	-0,206	-0,313

- En utilisant la méthode des moindres carrés, on obtient : $y = -0,136t + 2,354$
- On prend maintenant pour équation de la droite d'ajustement : $y = -0,14t + 2,35$
Sachant que $y = \ln(10,54 - C)$, on peut écrire que $\ln(10,54 - C) = -0,14t + 2,35$
D'où : $10,54 - C = e^{-0,14t+2,35} \Rightarrow$ on obtient : $C = 10,54 - e^{-0,14t+2,35}$
Or : $e^{-0,14t+2,35} = e^{-0,14t} \times e^{2,35} \simeq 10,49e^{-0,14t}$
On déduit donc que : $C(t) = 10,54 - 10,49e^{-0,14t}$

PARTIE B

- $(E_0) : y' + ry = 0$ a pour ensemble de solutions les fonctions $t \mapsto Ke^{-rt}$ (avec $K \in \mathbb{R}$).
 - g définie sur $[0 ; +\infty[$ est une solution particulière de (E) si et seulement si $g'(t) + rg(t) = 10,54r$.
Or, on a pour tout réel t de $[0 ; +\infty[$ $g(t) = 10,54$ d'où $g'(t) = 0$.
Donc $g'(t) + r \times g(t) = 0 + r \times 10,54 = 10,54r \Rightarrow g$ est bien solution particulière de (E).
 - On en déduit l'ensemble des solutions de (E) : $y = Ke^{-rt} + 10,54$ (avec $K \in \mathbb{R}$).
 - f est solution de (E) $\Rightarrow$ il existe un réel K_1 tel que $f(t) = K_1e^{-rt} + 10,54$.
Pour $t = 0$, on a donc : $f(0) = K_1e^{-r \times 0} + 10,54 = K_1 \times e^0 + 10,54 = K_1 + 10,54$.
Or $f(0) = 0$ d'où $K_1 + 10,54 = 0 \Rightarrow K_1 = -10,54$.
La fonction f solution de (E) telle que $f(0) = 0$ s'écrit donc :

$$f(t) = -10,54e^{-rt} + 10,54 = 10,54(1 - e^{-rt})$$

2. $AH_S = r \times C_S \times V$

a. Avec $AH_S = 1000 \text{ g/min}$; $C_S = 0,01054 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ et $V = 700\,000 \text{ L}$, on obtient donc :

$$r \times 0,01054 \times 700\,000 = 1000 \Leftrightarrow r \times 7378 = 1000 \Leftrightarrow r = \frac{1000}{7378} \simeq 0,14 \text{ min}^{-1} \text{ (à } 0,01 \text{ près)}$$

b. Avec $r = 0,14$ la fonction f solution de (E) vérifiant l'équation (E) et telle que $f(0) = 0$ s'écrit :

$$f(t) = 10,54(1 - e^{-0,14t}) = 10,54 - 10,54e^{-0,14t}$$

Cette modélisation est cohérente avec l'expression de la fonction C obtenue dans la partie A.

PARTIE C

1.

a. On a : $\lim_{t \rightarrow +\infty} (-0,09t) = -\infty$ d'où $\lim_{t \rightarrow +\infty} e^{-0,09t} = 0 \Rightarrow \lim_{t \rightarrow +\infty} g(t) = \lim_{t \rightarrow +\infty} 4,77(1 - e^{-0,09t}) = 4,77 \times (1 - 0) = 4,77$

Interprétation concrète : longtemps après la remise en marche de l'aérateur, la concentration en dioxygène s'approche de $4,77 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

b. On résout $g(t) = 4,293 \Leftrightarrow 4,77(1 - e^{-0,09t}) = 4,293 \Leftrightarrow 1 - e^{-0,09t} = \frac{4,2934}{4,77} = 0,9 \Leftrightarrow e^{-0,09t} = 1 - 0,9 = 0,1$.

si et seulement si : $-0,09t = \ln(0,1) \Leftrightarrow t = \frac{\ln(0,1)}{-0,09} \simeq 25,584$.

À une minute près, la concentration atteint 90 % de la valeur de saturation apparente après 26 minutes.

Remarque : cette équation peut être résolue à l'aide d'un solveur.

2. .

a. On dérive G définie par $G(t) = 4,77t + 53e^{-0,09t}$

$$\Rightarrow G'(t) = 4,77 + 53 \times (-0,09e^{-0,09t}) = 4,77 - 4,77e^{-0,09t}$$

Comme $G'(t) = g(t)$, on en déduit que G est une primitive de la fonction g sur $[0 ; +\infty[$

b. $C_m = \frac{1}{25} \int_0^{25} g(t) dt = \frac{1}{25} \times \left[G(t) \right]_0^{25} = \frac{1}{25} (G(25) - G(0))$.

Avec : $G(25) = 4,77 \times 25 + 53e^{-0,09 \times 25} = 119,25 + 53e^{-2,25}$ et $G(0) = 4,77 \times 0 + 53e^0 = 53$.

D'où $C_m = \frac{1}{25} (119,25 + 53e^{-2,25} - 53) = \frac{1}{25} (66,25 + 53e^{-2,25}) = 2,65 + 2,12e^{-2,25} \simeq 2,9$.

À $0,1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ près, la concentration moyenne pendant les 25 premières minutes d'aération est égale à $2,9 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

EXERCICE 2

PARTIE A

1. D suit la loi normale $N(7,1 ; 0,24)$

La moyenne (et médiane) est donc $\mu = 7,1$: la courbe I ne peut convenir car l'axe de symétrie de la courbe a pour équation $x = 0$.

On sait que pour une variable X qui suit une loi normale de moyenne μ et d'écart-type σ , l'aire sous la courbe délimitée par l'intervalle $[\mu - 2\sigma ; \mu + 2\sigma]$ est égale à 0,95 environ.

Avec $\mu = 7,1$ et $\sigma = 0,24$, l'aire sous la courbe délimitée par l'intervalle $[7,1 - 0,48 ; 7,1 + 0,48] = [6,62 ; 7,58]$ est égale à 0,95 environ $\Rightarrow$ C'est le cas pour la courbe III, qui est la seule qui peut convenir.

2.

a. D suit la loi normale $N(7,1 ; 0,24) \Rightarrow P(6,48 \leq D \leq 7,72) \simeq 0,990$.

b. H suit la loi normale $N(102 ; 0,7) \Rightarrow P(100,6 \leq H \leq 104,1) \simeq 0,976$

3. La finition est correctement calibrée si les deux conditions sur D et H sont vérifiées.

On calcule donc $P((6,48 \leq D \leq 7,72) \cap (100,6 \leq H \leq 104,1))$.

Or les variables sont indépendantes donc

$$P((6,48 \leq D \leq 7,72) \cap (100,6 \leq H \leq 104,1)) = P(6,48 \leq D \leq 7,72) \times P(100,6 \leq H \leq 104,1).$$

$$\Rightarrow P((6,48 \leq D \leq 7,72) \cap (100,6 \leq H \leq 104,1)) = 0,990 \times 0,976 \simeq 0,966.$$

La probabilité qu'une ampoule prise au hasard en début de ligne soit correctement calibrée est égale à 0,966 environ.

PARTIE B

1. X suit une loi binomiale de paramètres $n = 50$ et $p = 0,97 \Rightarrow X$ suit $B(50 ; 0,97)$.

2. $E(X) = n \cdot p = 50 \times 0,97 = 48,5$.

Sur 50 ampoules prises au hasard et avec remise en début de ligne, entre 48 et 49 sont correctement calibrées, en moyenne.

3. "Au moins 4 ampoules sont mal calibrées" signifie "au plus 46 sont bien calibrées" c'est-à-dire " $X \leq 46$ "
 $\Rightarrow P(X \leq 46) = 0,063$ à 10^{-3} près.

PARTIE C

1. Sous l'hypothèse nulle H_0 , V suit la loi normale $N(10 ; 0,03)$

En résolvant : $P(10 - h \leq X \leq 10 + h) = 0,95$, on obtient : $10 - h = 9,94$ et $10 + h = 10,06$ à 0,01 près

On en déduit $h = 0,06$

2. Énoncé de la règle de décision : si le volume moyen d'un échantillon de 100 ampoules prélevé au hasard et avec remise dans la production appartient à l'intervalle $[9,94 ; 10,06]$, on accepte l'hypothèse H_0 . Sinon, on refuse H_0 et on accepte H_1 ($\mu \neq 10$) au risque de 5 % de se tromper.
3. Pour l'échantillon de 100 ampoules du technicien, le volume moyen $ve = 9,67 \Rightarrow ve \notin [9,94 ; 10,06] \Rightarrow$ on refuse H_0 et on accepte H_1 au risque de 5 % de se tromper.
4. Au seuil de signification de 1 %, on cherche h' tel que $P(10 - h' \leq X \leq 10 + h') = 0,99$.
 On obtient $10 - h' = 9,92$ et $10 + h' = 10,08$.
 La région d'acceptation du test aurait été $[9,92 ; 10,08]$, c'est-à-dire l'intervalle D.

Éléments de corrigé de sciences physiques et chimiques 2025

A. À propos du phosphore 32

Q1. Composition du noyau : 15 protons et 17 neutrons

Q2. On utilise les lois de conservation de la masse et de la charge (lois de Soddy).

Q3. ${}^{32}_{15}\text{P} \rightarrow {}^{32}_{16}\text{S} + {}^0_{-1}e$. Le noyau fils est un noyau de l'atome de soufre.

Q4. $\Delta m = m({}^{32}_{16}\text{S}) + m({}^0_{-1}e) - m({}^{32}_{15}\text{P})$
 $\Delta m = -1,288 \cdot 10^{-3} \text{ u} = -1,288 \cdot 10^{-3} \times 1,66 \cdot 10^{-27} = -2,14 \times 10^{-30} \text{ kg}$

Q5. $E_{\text{libérée}} = |\Delta m| \times c^2$

Q6. $E_{\text{libérée}} = 2,14 \cdot 10^{-30} \times (3,00 \cdot 10^8)^2 = 1,93 \cdot 10^{-13} \text{ J}$

Q7. Le noyau obtenu est dans un état excité et émet un rayonnement pour gagner en stabilité et rejoindre son état fondamental.

Q8. $E = \frac{h \times c}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{h \times c}{E_\gamma} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \times 3,00 \cdot 10^8}{1,71 \cdot 10^6 \times 1,60 \cdot 10^{-19}} = 7,27 \cdot 10^{-13} \text{ m ou } 0,727 \text{ pm}$

B. Le sulfure d'hydrogène

Q9. Configuration du soufre : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$

Q10. $\text{H}-\text{S}-\text{H}$

Q11. AX_2E_2 donc molécule coudée

Q12. Le BBT est jaune donc $\text{pH} < 6$

Q13. Diagramme de prédominance :

$\text{pH} < 6$ donc l'espèce majoritaire est H_2S .

Q14. $\text{H}_2\text{S}_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})} \rightarrow \text{HS}^-_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$

Q15. Par la méthode des tangentes, on obtient $V_E = 10 \text{ mL}$ et $\text{pH}_E = 9,7$.

Q16. Lecture du pK_A à la demi-équivalence : $V_{E/2} = 5 \text{ mL}$ et $\text{pK}_A = 7$

Q17. À l'équivalence, les réactifs sont ajoutés en proportions stoechiométriques.

$n_0 = n_1$ et $C_0 \times V_0 = C_1 \times V_E$ donc $C_0 = \frac{C_1 \times V_E}{V_0} = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

C. Synthèse de l'éphédrine

Q18. AlCl_3 joue le rôle de catalyseur.

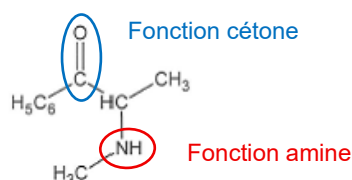
Q19. $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{C}_3\text{H}_5\text{OCl} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5 - \text{C}_3\text{H}_5\text{O} + \text{HCl}$

Q20. Substitution électrophile

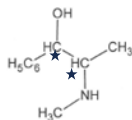
Q21. Un carbone asymétrique possède 4 substituants différents.

Q22.

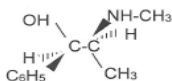
Q23.



Q24.



Q25.

Premier carbone asymétrique est de configuration R car HO > CN... > C₆H₅ > Hdeuxième carbone asymétrique est de configuration S car NH.. > CO > CH₃ > H
Application des règles de Cahn Ingold Prelog

D. Contrôle d'un sirop de sucre

Q26. La régression linéaire réalisée à la calculatrice donne un coefficient de détermination r^2 de 0,9992, proche de 1 correspondant à une relation linéaire.

Q27. On obtient : $a = 1,44 \cdot 10^{-4} \text{ L} \cdot \text{g}^{-1}$ et $n_0 = 1,3330$

$$\text{Q28. } C_i = \frac{n_i - n_0}{a} = \frac{1,3427 - 1,3330}{1,44 \cdot 10^{-4}} = 67 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

Q29. La solution S_i étudiée est une dilution au dixième de la solution commerciale, donc $C_0 = 670 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$.

Q30. On a obtenu $670 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ce qui correspond à 67 g de saccharose dans 100 mL de sirop. Les 100 mL de sirop pèsent 105 g. Il y a donc 67 g de saccharose pour 105 g de sirop. Il y a $\frac{67 \times 100}{105} = 64 \text{ g}$ de saccharose pour 100 g de sirop.

Q31. Pour être conforme, on doit avoir 65 g de saccharose pour 100 g de sirop à 5 % près. La masse de saccharose doit être comprise dans l'intervalle $61,8 < m < 68,3 \text{ g}$.

La valeur obtenue est donc conforme à l'indication du fabricant.

Éléments de corrigé de biochimie et de technologies d'analyse 2025

La valorisation et le recyclage des déchets

1. Valorisation des déchets

Q1. Cellulose : polymère linéaire de glucose – anomérie de liaison $\beta(1-4)$. Amidon composé d'amylose, polymère de glucose – anomérie de liaison $\alpha(1-4)$ et d'amylopectine, polymère ramifié de glucose – ramification en $\alpha(1-6)$.

Q2. L'endoglucanase hydrolyse les liaisons $\beta(1-4)$ à l'intérieur de la chaîne libérant des oligosides – La cellobiase hydrolyse la liaison $\beta(1-4)$ à partir d'extrémité non réductrice libérant du cellobiose.

Q3. L'organigramme doit comprendre les éléments suivants :

- Préincubation du substrat et de l'endoglucanase à tester à 40 °C ;
- Réaction catalytique pendant 10 minutes ;
- Arrêt de la réaction par la solution précipitante ;
- Centrifugation ;
- Mesure de l'absorbance du surnageant.

Q4. Le rôle du réactif est de faire précipiter l'enzyme et le polymère glucidique non digéré. Le blanc de réaction sert à faire le zéro du spectrophotomètre.

Q5. Méthode en deux points.

Q6. $z = 412,5 \times 0,142 - 6,0 = 52,575 \text{ mU}$

$b = 52,575 \times 2 \times 50/1000 \times 100 = 525,75 \text{ mU/mL} = 526 \text{ U/mL}$ valeur mesurée comparables aux endoglucanases commerciales 50 → 910 U/mL

Q7. Voie 1 : glycolyse - Voie 3 : cycle de Krebs

Q8. Corrélation entre la consommation de la cellulose et formation de glucose momentanée et transformation en acide gras.

Q9. CYLPO produit davantage de lipides (7 g/L au lieu des 3 g/L produit par yLpO) qui seront utilisés pour fabriquer des bioplastiques à partir du substrat cellulose (meilleure consommation).

Q10. - Ajouter avec précaution : H₂SO₄ CC corrosif.

- Récupérer l'entièreté des vapeurs NH₃ et que l'ammoniac soit piégé dans l'acide borique.

Q11. L'étape de distillation est contrôlée par le contrôle dihydrogénophosphate d'ammonium (=contrôle de recouvrement). L'étape de minéralisation est contrôlée par le contrôle glycine (= contrôle d'efficacité).

Q12. Calcul de la teneur en azote : $(8,25-0,10) \times 0,100 \times 14,01 \times 100/(3,21 \times 12,8) = 27,8 \text{ g/kg}$
27,8 g/kg est compris dans l'intervalle de 16 à 60 g/kg ; les boues sont utilisables en tant en compostage.

2. Recyclage du polyéthylène téréphtalate ou PET

Q13. La PET hydrolase a une structure tertiaire avec des hélices α et des feuillets β .

Q14. La masse moléculaire minimale est : $258 \times 110 = 28\,380 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ (soit 28,4 kDa).

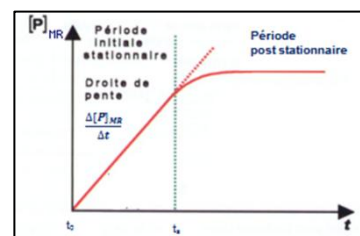
Q15. Principe : basé sur la séparation des molécules au sein d'un gel réticulé dont la taille des pores est calibrée - les molécules de grande taille sont exclues du gel et sont filtrées en premier. Les petites molécules diffusent totalement dans le gel et sont éluées en dernier - les molécules de taille intermédiaire diffusent $\pm$ au sein du gel et sont éluées dans les sens inverse de leur masse moléculaire. La séparation des molécules est donc en fonction de la masse moléculaire (MM).

Identification de la résine : le domaine de séparation doit inclure la MM de la PET hydrolase soit 28,4 kDa.

Les résines utilisables sont : soit les gel Bio-gel P30 médium ou fine (domaine de séparation de 2,5 kDa à 40 kDa) soit les résines P60 médium ou fine (domaine de séparation de 3,0 kDa à 60 kDa).

Q16. Allure de la courbe $[4\text{-NP}]_{\text{MR}} = f(t)$ ci-contre.

La vitesse initiale est déterminée à partir de la pente de la portion linéaire de la courbe



Q17. Détermination des constantes cinétiques de PET hydrolase LCC :

Température en °C	50	60	65
v_{imax} en $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$	0,90	3,33	5,21
K_M en $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$	2	2	2

Plus la température augmente plus la v_{imax} augmente. C'est une enzyme thermostable aux fortes températures avec un K_M inchangé.

Q18. Corrélation positive entre la vitesse de dégradation du PET par la PET hydrolase LCC et la température. Le PET doit être à l'état visqueux afin qu'il puisse être hydrolysé par une hydrolase. Cet état est obtenu à la température de 70 °C. Il faut donc utiliser une hydrolase thermorésistante à cette température. La PET hydrolase LCC semble remplir ses conditions (pas d'information à 70 °C) et peut être utilisée à des fins industrielles pour valoriser les déchets PET.

Éléments de corrigé de microbiologie et de technologies d'analyse 2025

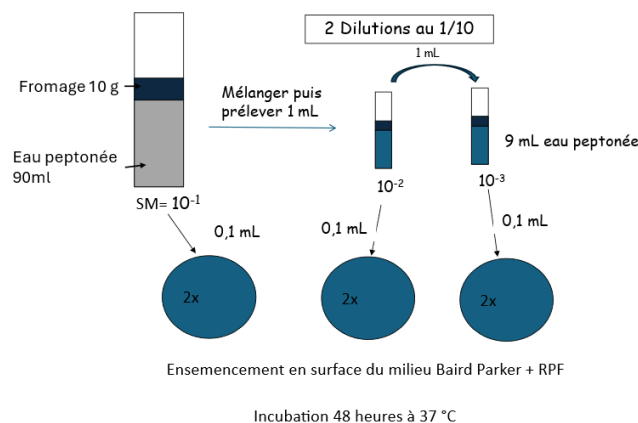
Utilisation de la nisine comme conservateur en alimentaire

1. Contamination à *S. aureus* dans une fromagerie

Q1. Les colonies caractéristiques des SPC (staphylocoques producteurs de coagulase) sont des colonies noires car les SPC réduisent le tellurite en tellure, avec un halo opaque net car la coagulase staphylococcique permet de polymériser le fibrinogène (plasma de lapin + fibrinogène bovin) en fibrine insoluble.

Q2. Le milieu Baird Parker + RPF est un milieu nutritif empirique, enrichi (base nutritive enrichie), sélectif des staphylocoques (présence d'inhibiteurs comme le chlorure de lithium et le tellurite et différentiel, puisqu'il permet la mise en évidence de la coagulase).

Q3.



Q4. Choix des dilutions pour le calcul = les colonies présentent sur le milieu Baird Parker + RPF sont des colonies caractéristiques donc on prendra les résultats obtenus inférieurs ou égaux à 150 colonies par boîte soit ici les dilutions 10^{-1} et 10^{-2} .

L'équation aux valeurs numérique est : $N_1 = \frac{(150+148+15+16)}{0,1 \cdot (2+0,1 \cdot 2) \cdot 10^{-1}} = 1,5 \cdot 10^4$ UFC de SPC/g de fromage

Q5. D'après le document 4, il ne faut pas plus de 2 unités comprises entre m (10^4 UFC.g⁻¹) et M (10^5 UFC.g⁻¹). Les résultats (document 2), montrent que 3 unités sur 5 (N1, N2, N3) ont un $N_{(SPC; fromage)}$ supérieur à m (10^4 UFC.g⁻¹), donc la qualité du lot de fromage n'est pas de qualité satisfaisante.

Q6. Les bactériocines comme la nisine traversent la paroi cellulaire et ont 2 modes d'action :

- La nisine passe à travers la paroi (peptidoglycane), se lie au lipide II présent dans la membrane plasmique grâce à des liaisons électrostatiques (nisine = cation, lipide II = anion), . Cela a pour effet de créer des pores (canal) dans la membrane, et par conséquent, des fuites d'ions K⁺, Mg²⁺ et la mort cellulaire.
- Le lipide II est un intermédiaire pour la synthèse du peptidoglycane, son inhibition par la nisine bloque la synthèse de la paroi cellulaire et fragilise la cellule.

Q7. Quelques exemples d'étapes de la production pouvant être à l'origine de la contamination du fromage et les sources potentielles de contamination.

Étape 1 collecte du lait : source = bactéries présentes sur les pis de la vache, contamination par le matériel de traite, contamination par l'homme

Étape 3 ajout de levain naturel : Source = levain contaminé par des SPC.

Étape 6 : coupure du caillé : Source = matériel /contamination d'origine humaine

Étape 11 : Affinage : Source = contamination par l'air/ humaine...

Q8. Les résultats (doc 7) montrent les numérations de *S. aureus* déterminées dans les fromages affinés en l'absence et en présence de différents niveaux de nisine. Une faible augmentation du nombre de *S. aureus* au

cours des 14 premiers jours a été observée dans le caillé témoin (1 log) ; en revanche, le nombre de *S. aureus* a été réduit dans les caillés provenant du lait traité à la nisine, notamment avec 500 UI·mL⁻¹ de nisine (diminution de plus de 2 Log) durant ces 14 jours. Après 14 jours, le nombre de *S. aureus* diminue quel que soit le traitement, et au bout de 60 jours d'affinage, le même nombre est obtenu avec ou sans nisine.

Q9. La nisine à 500 UI·mL⁻¹, permet de diminuer significativement et immédiatement la présence de *S. aureus* entre 7 et 14 jours d'affinage, donc cela permet d'assurer une meilleure qualité du fromage s'il est consommé à partir de 7 jours d'affinage.

2. Production industrielle de la nisine par *Lactococcus lactis subsp. lactis*

Q10. Le document 8 montre la concentration en nisine obtenue pour différentes souches de *Lactococcus lactis* (1 souche sauvage et 3 souches mutées) cultivées pendant 18 h dans un milieu M17 complété ou non avec différents glucides.

Le contrôle (M17 seul), montre de faible concentration en nisine obtenu quel que soit la souche utilisée.

Le milieu M17+ lactose ne permet pas non plus d'obtenir de forte concentration en nisine.

Les glucides (glucose, fructose, sucrose, maltose) permettent d'obtenir des concentrations en nisine supérieures ou égale à 900 UI·mL⁻¹, cependant c'est avec le fructose qu'on obtient les concentrations les plus fortes (1600 UI·mL⁻¹) avec les souches mutées LAC339 et LAC340.

Les souches pouvant être utilisées sont les souches mutées LAC339 et LAC340, avec le milieu M17 complété avec le fructose comme source de carbone.

Q11. Contrôle de stérilité du milieu = permet de valider l'absence de contaminant, valide le milieu.

Contrôle de pureté = permet de sélectionner un clone pur de la souche de *Lactococcus* testée pour éviter les interactions entre souches pour la production de nisine.

Q12. La courbe de croissance (Ln du poids sec en fonction du temps) montre 3 phases : une phase d'accélération en 0 et 3 h pendant laquelle la source de carbone est peu utilisée ; une phase de croissance exponentielle entre 3 h et 8 h pendant laquelle la concentration en source de carbone diminue fortement (de 10 g·L⁻¹ à 2 g·L⁻¹). Pour finir, après 8 h, c'est la phase stationnaire pendant laquelle il ne reste quasiment plus de source de carbone.

Q13. Il n'y a pas de phase d'adaptation (latence) car une préculture dans le même milieu M17+ glucide a été réalisée 18 h avant pour inoculer le fermenteur, donc les bactéries n'ont pas besoin de s'adapter au milieu.

Q14. Les variations de pH montrent une acidification (de 6,5 à 4,5) lors de la phase de croissance exponentielle quand la source de carbone (glucide) est utilisée. Les bactéries fermentent le glucide ce qui entraîne la formation d'acides organiques d'où la baisse de pH.

Q15. La nisine est produite durant la phase exponentielle, donc c'est un métabolite primaire.

Q16. Le temps de fermentation pour obtenir une concentration optimale de nisine (1500 UI·mL⁻¹) est de 7 à 8 h, au-delà, la concentration a tendance à diminuer.

BILAN

Q17.

Arguments en faveur de l'utilisation de la nisine comme conservateur :

Activité antimicrobienne efficace sur les bactéries Gram+ comme *S. aureus*.

Seule bactériocine autorisée, dans les aliments.

Bactériocine facile à produire à partir de souches de *Lactobacillus lactis* modifiées génétiquement, pouvant croître dans un milieu M17 complété avec une source de carbone tel quel le fructose.

Bon conservateur biologique pour la protection des fromages au lait cru pour une durée d'affinage courte

Évite conservateur chimique (= moins d'effets néfastes)

Limites pour son utilisation

Pas d'action sur les Gram-, que sur les Gram +

Peu agir sur les *Lactococcus* (Gram +) des levains

Ne permet la conservation que des produits fermentés.

Sa production peut être assez coûteuse (Milieu M17, source de carbone précise.)

Éléments de corrigé de biologie cellulaire et moléculaire et de technologies d'analyse 2025

Production de miraculine par la laitue transgénique

1. Structure et propriétés de la miraculine

Q1. D'après le document A les feuilles présentent des nervures en réseau. D'après les éléments de la classification botanique, l'arbre à fruit miracle fait donc partie des dicotylédones.

Q2. Les modifications post-traductionnelles ont lieu en premier dans l' REG puis dans l'appareil de Golgi.

Q3. Les différents événements sont successivement : activation de la protéin G → activation de la PLC → libération IP → augmentation du calcium → ouverture du canal TRPM5. Les seconds messagers impliqués sont IP3 et Ca²⁺.

Q4. En absence de miraculine (MCL), le récepteur sensoriel T1R2/T1R3 est activé par les sucres. À pH acide, la MCL à pH acide, active le récepteur donc est agoniste ; à pH neutre, le récepteur est non activé et moins efficace si fixation d'autres molécules sucrées donc antagoniste.

2. Obtention du vecteur utilisé pour la transformation des cellules végétales

Q5. Le tampon de lyse à l'étape A permet de libérer le contenu cellulaire pour l'extraction des ARN, l'inhibiteur des RNases évite l'hydrolyse des ARN.

Q6. Le surnageant de l'étape C contient des ARN et d'autres molécules solubles. La membrane de silice permet la purification des ARN qui sont retenus par celle-ci contrairement aux autres molécules.

Q7. $V1 = \frac{1}{0,2} = 5 \mu\text{L}$ et $V2 = \frac{50 \times 2,5}{50} = 2,5 \mu\text{L}$

Q8. La Tth polymérase thermostable fournie est inactivée par des anticorps anti-Tth polymérase. Lors de l'étape de dénaturation, la température de 90°C dénature les anticorps anti-Tth polymérase qui ne peuvent plus jouer leur rôle d'inactivation de l'activité polymérase. On a activation de la Tth polymérase.

Q9. Le gène kan^R va permettre de sélectionner les cellules effectivement transformées par le vecteur en présence de kanamycine.

Intérêt de l'utilisation de la kanamycine :

- à l'étape 2 : elle permet la sélection des bactéries transformées ;
- à l'étape 4 : elle permet la sélection des plants transformés.

Q10. En excès de BAP par rapport à NAA : développement tiges et feuilles, en proportion équilibrée de ces 2 phytohormones : développement des cals , excès de NAA par rapport au BAP : développement racinaire favorisé.

Q11. L'organigramme doit comporter les étapes suivantes :

- extraction ARN totaux
- purification des ARN totaux
- production ADNc miraculine
- insertion dans pBI121
- transformation d'*A. tumefaciens*
- transformation des laitues
- organogénèse

3. Évaluation de l'expression et de l'activité induisant la saveur sucrée de la miraculine transgénique

Q12. Validation Wt : absence d'ARNm pour le northern blot et absence de miraculine détectée dans les plant de laitue non transformé. Validation MP : présence de miraculine forte bande à 45 kDa

Le résultat du Northern blot montre la présence de transcrit de miraculine sur certains plants (plants :1,2, 8, 12,13, 15 et 16). Et le western blot montre la présence de miraculine exprimée au niveau des mêmes plants transformés ce qui est en corrélation avec le résultat du northern blot.

Q13.

La baie miracle donne des intensités de saveur sucrée équivalente d'environ ($0,31 \pm 0,01$) SEV pour une masse de 120 µg de miraculine, il en est de même pour la miraculine purifiée (masse de miraculine de 90 µg). Cette intensité servira de valeur cible.

En absence de miraculine (feuille de laitue non transgénique) il n'y a pas d'activité induisant une valeur sucrée (témoin – conforme).

La saveur sucrée induite par 2 g de laitue transgénique (correspondant à 90 µg de miraculine) est identique à celle induite par un fruit miracle et est moins du double avec 1 g de laitue transgénique (deux fois moins de miraculine) .

Donc la miraculine exprimée dans la laitue possède une activité induisant une saveur sucrée équivalente aux fruit miracle avec une masse proche de 90 µg de miraculine.

Q14. L'expression du gène codant pour la miraculine dans les laitues transgéniques a entraîné l'accumulation de quantités significatives de miraculine dans les feuilles de laitues. La miraculine exprimée dans les feuilles d transgéniques possède une activité induisant le gout sucré.

Cette production de protéines pourrait être une alternative naturelle aux édulcorants de synthèse...

Éléments de corrigé de sciences et technologies bioindustrielles 2025

BIÈRE SANS GLUTEN

1. Étiquetage et composition

Q1. Dénomination commerciale, degré d'alcool et contenance

Q2. Mentions obligatoires non visibles : N° de lot, date de durabilité minimale, coordonnées fabricant, identification de l'opérateur

Q3. Logo AB : absence de substance de synthèse, contient au moins 95 % d'ingrédients agricoles certifiés bio

Q4. Le gluten désigne un groupe de protéines que l'on retrouve dans le blé, l'orge, le seigle etc. La dégluténisation s'effectue par voie enzymatique via des endoprotéases qui hydrolysent le gluten.

Q5. Élément de principe : ELISA compétitif avec des anticorps anti prolamine du gluten.
Limite d'acceptation pour l'appellation sans gluten : 20 ppm

2. Choix du fournisseur des bouteilles en verre

Q6. Effectif du lot entre 1201 et 3200 – lettre K (effectif de l'échantillon : 125)

Fournisseur A : conforme ; fournisseur B , lot B-03 d'échantillonnage non conforme à la taille du lot (3 300)

Q7. NQA : niveau de qualité acceptable.

Seuil d'acceptabilité (nombre de non conforme admis) = 2- seuil de refus (nombre minimum échantillon défectueux entraînant le rejet du lot) $R = 3$

Fournisseur A : le nombre de non-conformité de ses lots est entre 0 et 2 → lots acceptés

Fournisseur B : lot B01 : nombre de bouteilles non conformes : 3 → lot refusé

Conclusion : choix du fournisseur A car meilleurs résultats

Q8.

	Contrôle réduit	Contrôle normal	Contrôle renforcé
Fournisseur concerné	A	X	B
NQA	0,65 %	0,65 %	0,4 %
n	50	125	125
A	1	2	1
R	3	3	2

3. Nettoyage des bouteilles avant remplissage

Q9. L'eau est utilisée pour les rinçages des bouteilles, des cuves, pour le brassage, la filtration et le nettoyage en place (NEP). L'eau reste dans le produit (brassage) ou est souillée (nettoyage, filtration).. De toutes les étapes, seule l'eau de rinçage peut donc être recyclée.

Q10. - Chloration : procédé chimique, désinfectant par oxydation – UV : procédé physique, effet bactéricide modifications létales de l'ADN

Q11. Quasi absence de micro-organisme en sortie UV ; augmentation de la charge microbienne en sortie de cuve et des rinceuses. Par conséquent le recyclage en contenu n'est pas possible. La désinfection par le chlore est insuffisante.

Actions correctives possibles : augmenter le taux de chlore, nettoyer la cuve plus souvent, diluer avec de l'eau propre...

Q12. Conductivité : rinçage des bouteilles insuffisant quand augmentation de la conductivité dénotant la présence d'ions Cl^-

Carte de contrôle avec titre, en abscisse : en jour ; en ordonnée valeur mesurée de conductimétrie, cible à $0 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$; limite de surveillance à 2 écarts types ($32 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), limite de contrôle à 3 écarts types ($48 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)

Q13. Visibilité de la dérive croissante sur la carte de contrôle, au-delà de la limite de contrôle ($48 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)

