

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2026

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE

Biochimie, Biologie et Biotechnologies

Mercredi 9 septembre 2026

Durée de l'épreuve : **3 heures**

*L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire « type collègue », est autorisé.*

Dès que ce document vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce document comporte 13 pages numérotées de 1/13 à 13/13.

COMPÉTENCES ÉVALUÉES					
C1	C2	C3	C4	C5	C6
Analyser un document	Effectuer des calculs	Interpréter des données	Argumenter un choix	Élaborer une synthèse	Communiquer à l'écrit
3 points	2 points	4 points	5 points	5 points	1 point

BIOPRODUCTION D'ACIDE CARMINIQUE EN VUE DE PRODUIRE UNE ENCRE DE TATOUAGE

L'acide carminique, pigment aussi appelé rouge cochenille, peut être extrait du corps et des œufs de *Dactylopius coccus*, une espèce d'insecte provenant d'Amérique du Sud. Il est largement utilisé en agroalimentaire mais également en cosmétique, comme par exemple pour l'encre rouge utilisée pour le tatouage.

L'extraction de l'acide carminique nécessite de nombreuses étapes de purification, ce qui fait de ce pigment un produit coûteux. En outre, même après purification, des résidus de protéines d'insecte peuvent être à l'origine de réactions allergiques chez les utilisateurs de produits contenant cette molécule.

En vue de la production de ce pigment par voie microbienne, des scientifiques ont reconstitué la voie de biosynthèse de l'acide carminique dans la bactérie *Escherichia coli*. Cette souche génétiquement modifiée est appelée souche ECAC (*E. coli* productrice d'acide carminique).

Partie I - Questionnement scientifique et technologique (durée indicative 2 h 30)

Un laboratoire spécialisé dans les produits de tatouage souhaite élaborer une encre rouge hypoallergénique et éthique à partir d'acide carminique obtenu par biosynthèse microbienne. Pour cela, plusieurs étapes sont réalisées par le laboratoire :

- Construction par génie génétique d'une souche bactérienne d'*E. coli* productrice et excrétrice d'acide carminique notée *E. coli* ECAC-PE à partir de la souche d'*E. coli* ECAC.
- Purification de l'acide carminique obtenu par voie microbienne.
- Vérification de la qualité de l'encre élaborée à partir de l'acide carminique purifié.

Le **document 1** présente la voie de biosynthèse de l'acide carminique chez *E. coli* ECAC. Pour construire la souche *E. coli* ECAC, les scientifiques ont transféré dans *E. coli* les gènes de différents organismes.

Q1. C1 Identifier la voie ① et expliquer pourquoi il n'est pas nécessaire d'ajouter les gènes codant les enzymes de cette voie.

1. CONSTRUCTION DE LA SOUCHE *E. COLI* EXCRÉTANT L'ACIDE CARMINIQUE (*E. coli* ECAC-PE)

Le procédé industriel de récupération du pigment reste complexe car le pigment s'accumule dans le cytoplasme bactérien ce qui limite la production. Pour y remédier, la souche bactérienne *E. coli* ECAC est alors transformée par le plasmide pLB-82 recombinant qui comporte le gène codant un transporteur membranaire, appelé pompe à efflux, noté PE. On obtient ainsi la souche bactérienne *E. coli* ECAC-PE.

Le **document 2** présente le plasmide pLB-82 avant insertion du gène *PE* codant la pompe à efflux.

Q2. C4 Argumenter l'utilisation du plasmide pLB-82 comme vecteur d'expression du gène codant la protéine PE pour transformer *E. coli* ECAC.

Q3. [C1] Schématiser le plasmide recombinant obtenu après digestion du plasmide et du gène d'intérêt par les enzymes de restriction BamHI et EcoRI, puis ligation des produits de digestion.

Pour vérifier que la transformation n'impacte pas les paramètres de croissance de la souche *E.coli* ECAC-PE par rapport à la souche *E.coli* ECAC, les deux souches bactériennes sont mises en culture.

Le **document 3** présente le suivi de croissance de la souche *E.coli* ECAC-PE, effectué par mesure d'atténuation.

Q4. [C1] Délimiter la phase exponentielle de croissance en indiquant les temps de début et de fin de cette phase.

Q5. [C2] Montrer par le calcul que la valeur du temps de génération G pour la souche *E. coli* ECAC-PE est proche de 25 minutes.

Q6. [C4] En déduire l'effet de l'insertion du plasmide recombinant dans la souche d'*E. coli* ECAC sur ce paramètre de croissance.

Pour vérifier que l'acide carminique est bien excrété par les bactéries *E. coli* ECAC-PE, on réalise un dosage colorimétrique de cette molécule dans le milieu de culture en fin de croissance.

Le **document 4** présente les éléments permettant l'évaluation de l'excrétion de l'acide carminique dans le milieu de culture.

Q7. [C1] Déterminer la longueur d'onde à choisir pour le dosage de l'acide carminique en expliquant la démarche.

Q8. [C3]. Analyser les résultats expérimentaux obtenus et conclure sur l'intérêt de la transformation de *E. coli* ECAC par le plasmide pLB-82-PE.

Afin de limiter au maximum la présence de protéines d'origine microbienne, le laboratoire met ensuite en place un protocole de purification de ce pigment.

2. PURIFICATION DE L'ACIDE CARMINIQUE SYNTHÉTISÉ PAR VOIE MICROBIENNE

Le laboratoire purifie l'acide carminique produit dans le milieu de culture de la souche *E. coli* ECAC-PE à l'aide d'un protocole de déprotéinisation. Le protocole et les résultats expérimentaux obtenus sont présentés dans le **document 5**.

La structure moléculaire de l'acide carminique est indiquée dans le **document 1**.

Q9. [C4] Expliquer comment le protocole utilisé permet de purifier l'acide carminique en distinguant le rôle de la centrifugation, d'une part, dans l'étape 1 et, d'autre part, dans les étapes 2,3 et 4.

- Q10.** ☐C2 Déterminer par le calcul la concentration en masse de protéines dans la fraction F1.
- Q11.** ☐C2 Calculer le facteur de déprotéinisation P obtenu expérimentalement.
- Q12.** ☐C3 Conclure sur l'efficacité du protocole utilisé à l'aide des critères de validation de déprotéinisation.

L'acide carminique biosynthétisé et purifié est intégré dans une encre injectable. Le laboratoire réalise une étude de la qualité de l'encre.

3. VÉRIFICATION QUALITATIVE DE L'ENCRE DE TATOUAGE CONTENANT DE L'ACIDE CARMINIQUE BIOSYNTHÉTISÉ

L'objectif du laboratoire est de produire une encre injectable de longue conservation et hypoallergénique.

3.1 Vérification de l'efficacité d'un conservateur

Pour empêcher toute contamination bactérienne, l'ajout d'un conservateur dans le flacon de stockage de l'encre est nécessaire. Le laboratoire teste deux conservateurs A et B en réalisant un *challenge test*.

La procédure opératoire ainsi que les résultats du test sont présentés dans le **document 6**.

- Q13.** ☐C1 Expliquer l'intérêt de contaminer l'encre avec une souche bactérienne de concentration en nombre connue.
- Q14.** ☐C3 Analyser les résultats pour identifier le conservateur à choisir.

3.2. Vérification du caractère allergène de l'encre de tatouage

Le laboratoire souhaite vérifier le caractère allergène de l'encre par réalisation d'un test de sensibilisation cutanée, présenté dans le **document 7**.

- Q15.** ☐C4 Indiquer et expliquer les manifestations physiologiques pouvant être observées chez l'animal présentant une réaction allergique à l'encre injectée.
- Q16.** ☐C2 Calculer le pourcentage de cobayes présentant une réaction allergique à l'encre de tatouage.
- Q17.** ☐C3 Analyser les résultats obtenus et conclure sur le caractère allergène de l'encre de tatouage.

4. BILAN

- Q18.** ☐C5 Présenter de façon synthétique les étapes et leurs rôles pour la bioproduction de l'acide carminique et son utilisation dans l'encre de tatouage.

Partie II – Question de synthèse (durée indicative 30 min)

Les biotechnologies désignent l'ensemble des sciences et des technologies appliquées à des organismes vivants dans l'objectif de produire des connaissances, des biens et des services utiles à l'humanité.

Les biotechnologies sont présentes dans des domaines tels que la santé, l'industrie ou l'agroalimentaire. Elles interviennent également dans des secteurs plus atypiques où elles ouvrent de nouvelles perspectives d'innovation.

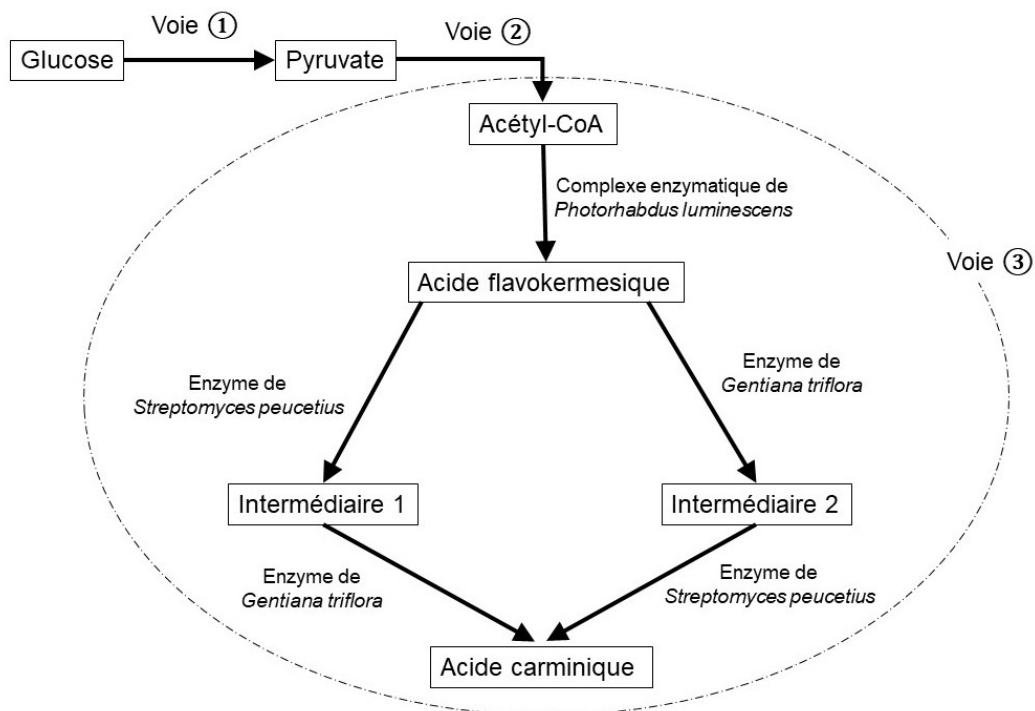
Le **document 8** présente différents exemples d'applications innovantes.

Q19. C5 Exposer en quoi les applications présentées dans le **document 8** et dans la **partie I** du sujet illustrent la définition des biotechnologies.

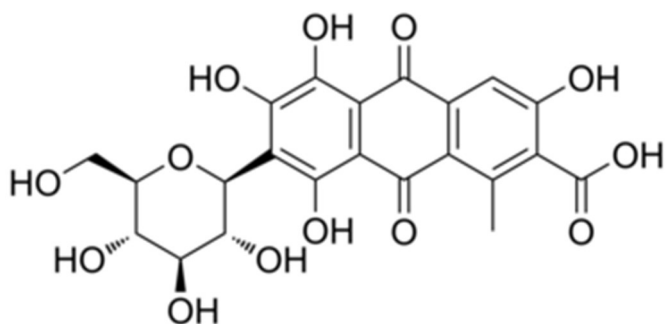
DOCUMENT 1 : Représentation simplifiée de la voie de biosynthèse de l'acide carminique dans la bactérie ECAC

Adapté de : Dongsoo et al., *Production of Carminic Acid by Metabolically Engineered Escherichia coli*.
Journal of the American Chemical Society. 2021

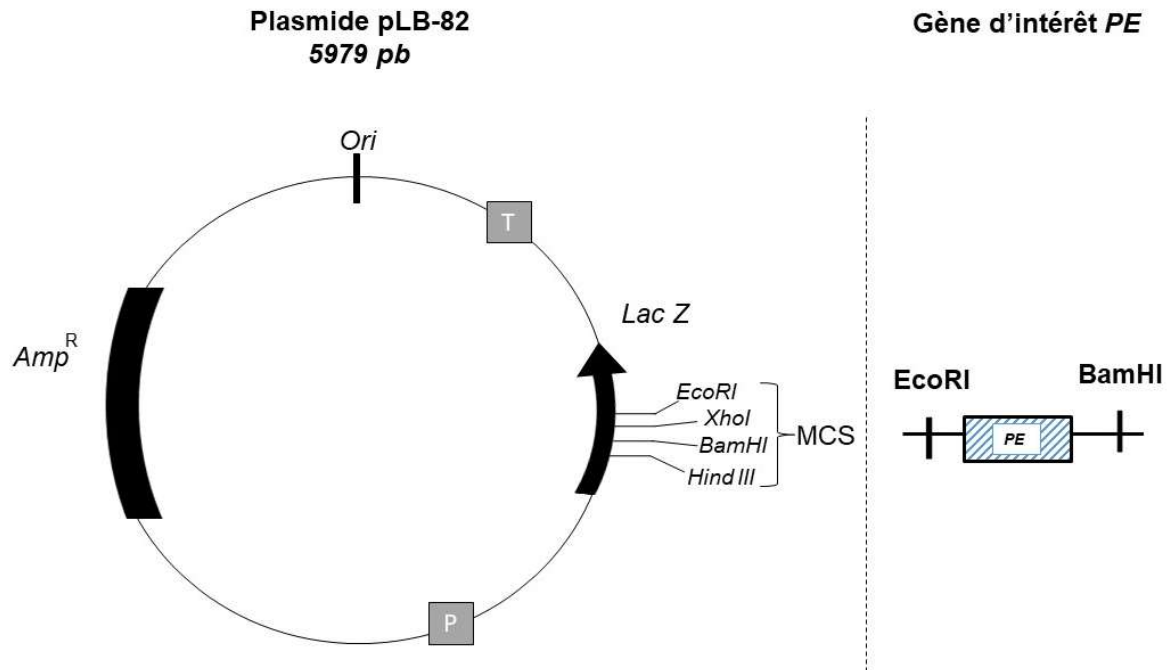
Voie de biosynthèse de l'acide carminique



Structure moléculaire de l'acide carminique



DOCUMENT 2 : Représentation schématique du plasmide pLB-82 et du gène d'intérêt *PE*



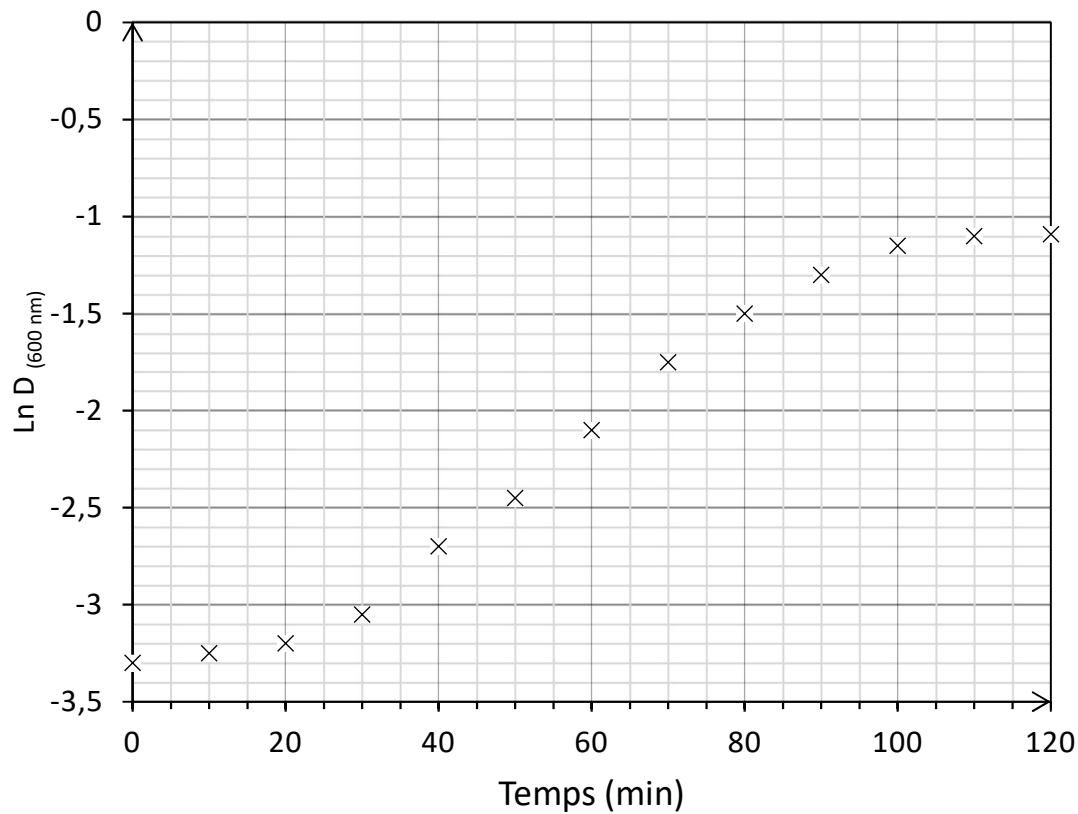
Légendes :

- **Ori** : origine de réplication
- **T** : terminateur de transcription
- **Lac Z** : gène rapporteur
- **MCS** : site de clonage multiple
- **P** : promoteur de *Lac Z*
- **Amp^R** : gène de résistance à l'ampicilline
- **PE** : gène d'intérêt

Le gène *PE* ne comporte aucun des sites de restriction du MCS.

DOCUMENT 3 : Suivi de la croissance d'*E. coli* ECAC-PE dans le milieu de culture

Courbe de croissance d'*E. coli* ECAC-PE



Avec $D_{(600 \text{ nm})}$: atténuation mesurée à 600 nm.

Calculs des paramètres de croissance

Vitesse de croissance μ_{expo}	$\mu_{\text{expo}} = \frac{\ln D_2 - \ln D_1}{t_2 - t_1}$
Temps de génération G	$G = \frac{\ln(2)}{\mu_{\text{expo}}}$ avec $\ln(2) = 0,69$

Donnée :

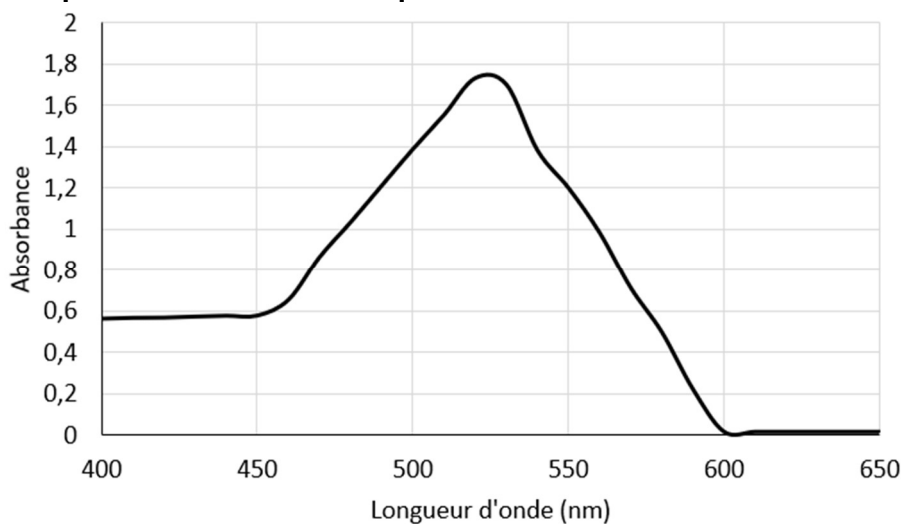
Temps de génération G de *E. coli* ECAC : 23 min

DOCUMENT 4 : Évaluation de l'excrétion de l'acide carminique dans le milieu de culture par dosage colorimétrique

Protocole du dosage de l'acide carminique à partir des cultures d'*E. coli* ECAC et d'*E. coli* ECAC-PE

- étape 1 : prélever un échantillon de 3 mL du milieu de culture au bout de 2 h de croissance ;
- étape 2 : centrifuger l'échantillon 10 minutes à 3000 g ;
- étape 3 : transférer le surnageant dans une macrocuve ;
- étape 4 : mesurer l'absorbance du surnageant à la longueur d'onde optimale. Le milieu de culture stérile est utilisé comme blanc.

Spectre d'absorption de l'acide carminique

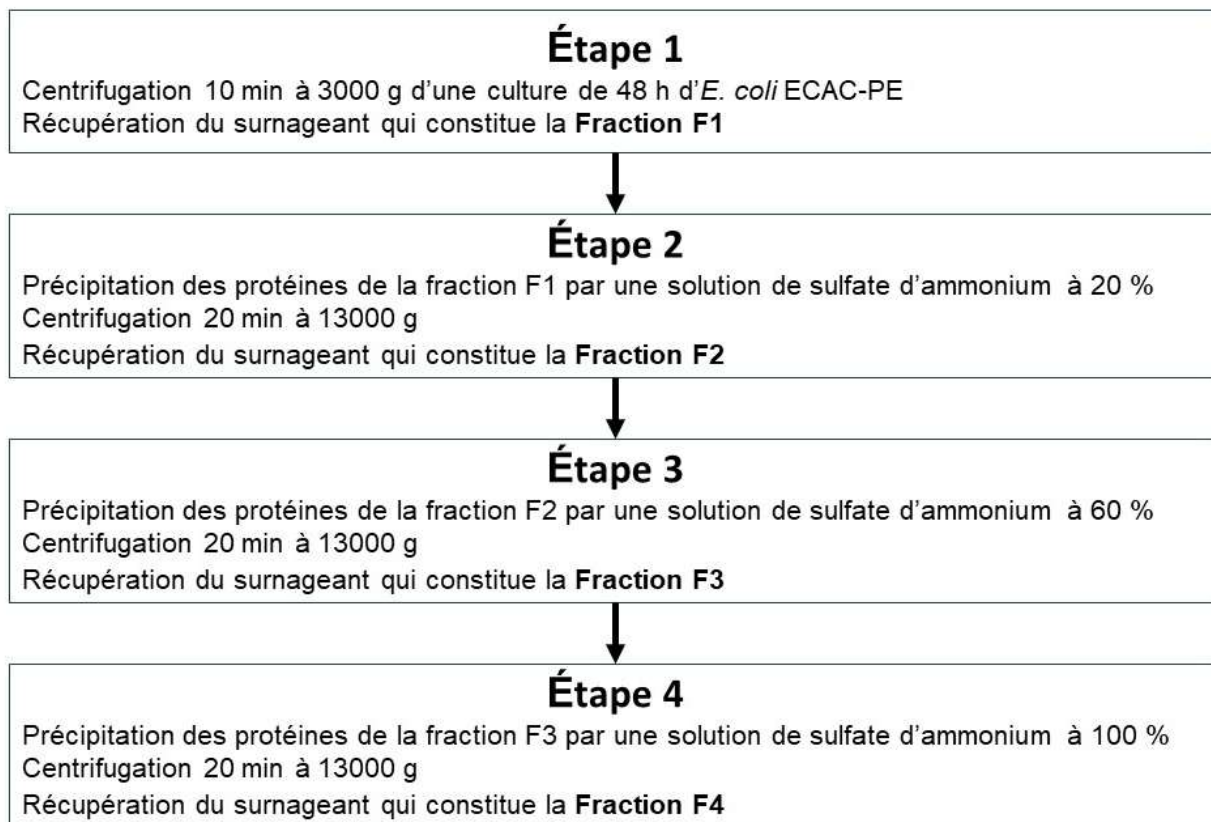


Résultats expérimentaux du dosage

	<i>E. coli</i> ECAC	<i>E. coli</i> ECAC-PE
$\rho_{(\text{acide carminique ; milieu de culture})}$ (mg·L ⁻¹)	0,146 ± 0,005	0,631 ± 0,020

DOCUMENT 5 : Déprotéinisation d'un surnageant de culture

Protocole opératoire



Dosage spectrophotométrique des protéines des fractions

Le dosage des protéines se fait par mesure d'absorbance à 280 nm.

Une unité d'absorbance à 280 nm correspond à $\rho_{(\text{protéines} ; \text{fraction})} = 1,50 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ de protéines.

	F1	F2	F3	F4
A _(280nm)	0,370	0,254	0,091	0,011
$\rho_{(\text{protéines} ; \text{fraction})} (\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1})$		0,381	0,137	0,0165

Facteur de déprotéinisation de l'acide carminique

$$P = \frac{\rho_{(\text{protéines} ; \text{fraction initiale})}}{\rho_{(\text{protéines} ; \text{fraction finale})}}$$

Critères de validation de la déprotéinisation

- On considère que la déprotéinisation est efficace lorsque $P \geq 10$
- On considère que la quantité de protéines dans l'échantillon purifié est négligeable lorsque sa concentration en masse est inférieure à $0,02 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$

DOCUMENT 6 : Choix du conservateur pour le stockage de l'encre : réalisation d'un *challenge-test*

Adapté de la norme ISO 11930:2019

Conformément à la norme ISO 11930:2019 un *challenge test* est réalisé pour mesurer l'effet du conservateur. Pour cela, un volume déterminé d'encre est contaminé par une suspension de *Pseudomonas aeruginosa*. L'évolution de la concentration en bactéries viables résiduelles au cours du temps est suivie. La norme ISO 11930:2019 définit les critères d'acceptation du *challenge test*.

Les critères pour valider l'efficacité d'un conservateur sont les suivants :

- Réduction de la concentration bactérienne d'un facteur 1000 en 7 jours
- Pas d'augmentation de la concentration bactérienne à J14 et J28 par rapport à la concentration bactérienne obtenue en J7.

Procédure opératoire

1) Préparation de l'inoculum

Un inoculum à $3 \cdot 10^9$ *P. aeruginosa*·mL⁻¹ est préparé.

2) Contamination de l'encre

Un volume de 1 mL d'inoculum de *P. aeruginosa* est mélangé au contenu d'un flacon de 50 mL d'encre avec conservateur.

3) Prélèvements de l'encre

Les prélèvements de l'encre pour le dénombrement des micro-organismes sont effectués après différentes durées d'action du conservateur : 0 heure, 7 jours, 14 jours et 28 jours.

4) Dénombrement de *Pseudomonas aeruginosa*

Le dénombrement des micro-organismes est réalisé par ensemencement de géloses au cétrimide, incubées 48 heures à 42 °C.

Résultats expérimentaux obtenus

Durée d'action des conservateurs	Concentration en nombre de <i>P. aeruginosa</i> (UFC·mL ⁻¹) dans l'encre contenant le conservateur A	Concentration en nombre de <i>P. aeruginosa</i> (UFC·mL ⁻¹) dans l'encre contenant le conservateur B
0 h	$5,0 \cdot 10^7$	$5,0 \cdot 10^7$
7 jours	$5,3 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^3$
14 jours	$2,0 \cdot 10^3$	$2,0 \cdot 10^5$
28 jours	$1,5 \cdot 10^3$	$2,2 \cdot 10^7$

DOCUMENT 7 : Test de sensibilisation cutanée

Le test de sensibilisation cutanée est couramment utilisé en toxicologie chimique pour évaluer le caractère allergène d'une substance.

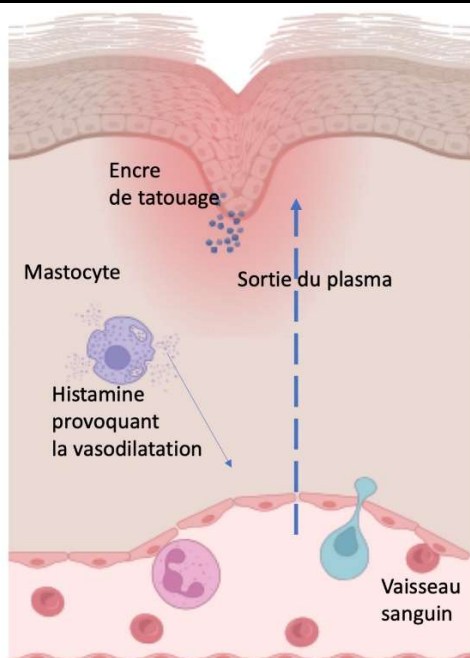
Procédure opératoire

Ce test s'effectue sur 20 animaux de laboratoire (cobayes) selon la procédure suivante :

- raser une petite zone de la peau de l'animal ;
- réaliser une micro-piqûre superficielle sur la zone rasée pour tatouer la peau en injectant une petite quantité d'encre ;
- observer régulièrement la zone pendant 8 semaines, pour relever d'éventuels signes d'une réaction allergique : rougeur, œdème.

Une réaction allergique à l'encre de tatouage se traduit par une réaction inflammatoire qui persiste au-delà des 4 premiers jours après l'injection d'encre.

Schéma de la réaction inflammatoire



Résultats obtenus

Nombre d'animaux sur lesquels la réaction allergique est observée	1
Nombre d'animaux sur lesquels la réaction allergique n'est pas observée	19

Le caractère allergène est suspecté lorsque le test de sensibilisation cutané donne un pourcentage d'animaux ayant développé une réaction allergique supérieur ou égale à 6 %. Le produit testé ne peut alors pas être commercialisé.

DOCUMENT 8 : Les biotechnologies, une révolution toujours en cours

Extrait 1 : L'usage de la PCR *multiplex* dans le diagnostic médical

Adapté de : Intérêt des techniques d'amplifications des acides nucléiques multiplex dans la prise en charge médicale des infections gastro-intestinales, Haute Autorité de Santé (14 novembre 2024)

L'identification d'agent infectieux par technique d'amplification des acides nucléiques (TAAN) habituellement de type PCR (*Polymerase Chain Reaction*) est de plus en plus réalisée en France dans le cadre du diagnostic en infectiologie. Cette technique de biologie moléculaire repose sur l'amplification génique d'une séquence génomique *in vitro* après extraction des acides nucléiques à partir de l'échantillon de selles prélevé chez le patient.

À la différence des TAAN « *simplex* », le test dit « *multiplex* » permet de détecter plusieurs agents pathogènes cibles (bactéries, virus, parasites, champignons) à partir du même prélèvement et dans la même réaction d'amplification : on parle alors de « diagnostic syndromique ».

Les performances diagnostiques des méthodes moléculaires seraient supérieures aux méthodes conventionnelles, conférant une sensibilité et une spécificité de plus de 95 % pour la plupart des agents infectieux.

Extrait 2 : Les biotechnologies comme potentielles solutions innovantes de lutte contre le braconnage

Adapté de : Pauline Baurin, Elodie Puech, Teoman Soykan, Chloé Taddei, Clinique juridique One Health (4 octobre 2025)

La technique de modification génétique CRISPR-Cas9, a été mise au point en 2012 par Emmanuelle Charpentier et Jennifer Doudna. Elle permet de cibler précisément des séquences d'ADN spécifiques, responsables de certaines caractéristiques biologiques, afin de les modifier ou de les supprimer. De plus, cette technique permet de réaliser du forçage génétique, correspondant à l'introduction d'une modification génétique au sein d'un individu d'une espèce, dans le but de la transmettre à la descendance. L'application de ce processus pourrait permettre de modifier le génome des rhinocéros pour supprimer ou altérer les caractéristiques recherchées par les braconniers, principalement la croissance des cornes. En théorie, cette biotechnologie permettrait de créer des lignées de rhinocéros dépourvus de cornes, rendant ainsi ces animaux sans intérêt pour les braconniers et favorisant la conservation des rhinocéros. Par ailleurs, cette technique permettrait d'éviter l'écornage régulier des rhinocéros, technique actuelle pour limiter le braconnage. Cependant, introduire dans la nature des rhinocéros génétiquement modifiés soulève des questions éthiques, impactant sur le long terme l'écosystème et le comportement des rhinocéros.

Extrait 3 : Une révolution dans la rénovation des œuvres d'art

Adapté de : Anne-Sophie Lesage-Münch, Connaissance des arts (14 mars 2022)

La bactérie, une alliée insoupçonnée du patrimoine ?

Une réponse à cette question vient d'être brillamment apportée par les restaurateurs en charge du nettoyage des sculptures de la Sagrestia Nuova (Nouvelle Sacristie), une chapelle privée de la famille de Médicis conçue par Michel-Ange (1475-1564) dans la basilique San Lorenzo de Firenze. Voilà huit ans que ces derniers cherchaient à faire disparaître de la surface des marbres des taches sombres dues notamment à la putréfaction d'un corps. Différents solvants avaient été testés sans succès. Elles ont finalement pu être éliminées grâce à une bactérie dévoreuse de graisse et de phosphate répondant au nom de *Serratia ficaria* SH7... La chapelle, entièrement restaurée, a été dévoilée cette semaine à l'occasion du 545^e anniversaire de la naissance de Michel Ange, grand génie de la Renaissance.