



**MINISTÈRE  
DE L'ÉDUCATION  
NATIONALE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

## **Rapport du jury**

**Concours : CAPET interne  
CAER CAPET**

**Section : biotechnologies**

**Option : biochimie génie biologique**

**Session 2024**

Rapport de jury présenté par :  
Sylvain ANDRE  
Président du jury

## Sommaire

1.	Renseignements statistiques	Page 3
2.	Épreuve d'admissibilité	Page 5
3.	Épreuve d'admission	Page 7
	Conclusion générale	Page 11
	Annexe : sujet d'admission	Page 13

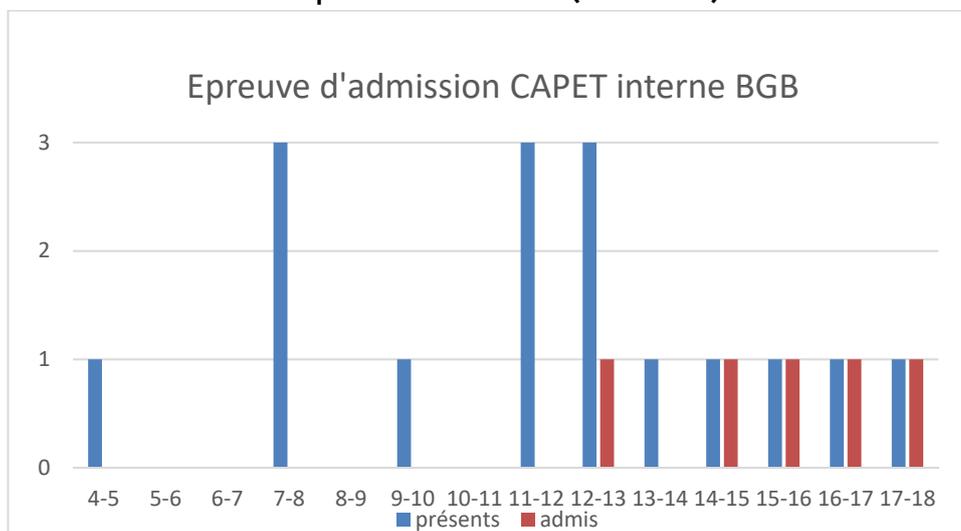
# 1. RENSEIGNEMENTS STATISTIQUES

## Concours : CAPET

Les notes et moyennes indiquées sont sur 20 :

Nombre de candidats inscrits	66
Nombre de candidates et candidats présents et non éliminés	35
Nombre de candidates et candidats admissibles	17
Nombre de candidates et candidats présents à l'épreuve orale d'admission	16
Nombre de candidates et candidats proposés pour l'admission	5
Rappel : nombre de postes	5
Épreuve d'admissibilité	
- Note la meilleure	16,00
- Moyenne des notes des candidats admissibles	10,97
- Barre d'admissibilité	9,00
Épreuve d'admission	
- Note la meilleure	17,30
- Moyenne (épreuve admission) candidats admis	15,11
- Moyenne (épreuve admission) candidats non éliminés	11,47
- Moyenne (total admissibilité et admission) candidates et candidats admis	14,41
- Barre d'admission	13,27

### Répartition des notes (admission) :



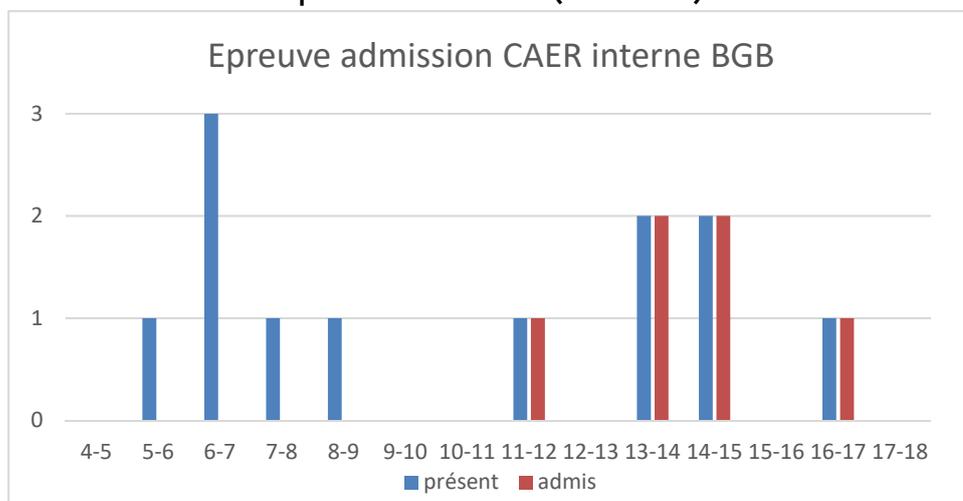
## Concours : CAER

(concours d'accès à l'échelle de rémunération des professeurs certifiés)

Les notes et moyennes indiquées sont sur 20 :

Nombre de candidates et candidats inscrits	34
Nombre de candidates et candidats présents et non éliminés	28
Nombre de candidates et candidats admissibles	14
Nombre de candidates et candidats présents à l'épreuve orale d'admission	12
Nombre de candidates et candidats proposés pour l'admission	6
Rappel : nombre de postes	8
Épreuve d'admissibilité	
- Note la meilleure	14,00
- Moyenne des notes des candidates et candidats admissibles	10,58
- Barre d'admissibilité	8,00
Épreuve d'admission	
- Note la meilleure	16,00
- Moyenne (épreuve admission) candidates et candidats admis	13,73
- Moyenne (épreuve admission) candidates et candidats non éliminés	10,28
- Moyenne (total admissibilité et admission) candidates et candidats admis	12,77
- Barre d'admission	11,80

### Répartition des notes (admission) :



## 2. ÉPREUVE D'ADMISSIBILITE : RAPPORT DE L'ÉPREUVE

### 2.1. Attendus de l'épreuve

Le jury rappelle que les épreuves du concours interne du CAPET sont définies dans l'arrêté du 25 janvier 2021 fixant les modalités d'organisation des concours du certificat d'aptitude au professorat de l'enseignement technique.

Il est rappelé aux candidates et candidats que le niveau scientifique et technologique attendu pour le concours doit s'inscrire dans le cadre des programmes des enseignements technologiques du lycée d'enseignement général et technologique, et dans les référentiels des sections de techniciens supérieurs de biologie appliquée.

#### **Partie 1 : présentation du parcours**

Les candidates et candidats présentent leur parcours de manière synthétique et précise avec les principales dates et durées de leurs différentes expériences en lien avec le concours présenté. Le terme parcours doit être entendu au sens large, englobant la formation et l'expérience professionnelle, voire associative, au regard du concours présenté.

Dans cette partie, les candidates et candidats doivent démontrer en quoi leur parcours leur a permis de développer des compétences indispensables pour les enseignements relevant de l'option biochimie génie biologique du CAPET biotechnologies.

#### **Partie 2 : « Construction / Réalisation / Analyse / Projection »**

La situation d'apprentissage présentée s'inscrit dans une séquence cohérente et est impérativement choisie dans un des enseignements assurés par les titulaires du concours. Elle doit inclure la dimension technologique.

La situation d'apprentissage choisie, authentique, incluant l'évaluation, doit permettre un exposé argumenté des intentions pédagogiques au regard des objectifs de la formation. Le candidat ou la candidate doit apporter la preuve de ses compétences didactiques.

Les annexes peuvent être des productions personnelles du candidat ou la candidate, mais également des productions d'élèves anonymisées, choisies et exploitées pour étayer et illustrer l'analyse et l'argumentation. Le candidat ou la candidate doit expliciter ses choix et démarches *a priori*, argumenter les modalités mises en place pendant la séance, puis commenter leur pertinence par une analyse réflexive *a posteriori* et formuler des propositions d'amélioration.

## **2.2. Observations du jury**

### **Partie 1 :**

De nombreux candidats ont pu établir un descriptif détaillé de leur parcours, incluant les informations nécessaires. Le jury n'attend pas pour autant un descriptif exhaustif, mais plutôt des choix pertinents d'activités ayant contribué à construire leur profil professionnel.

Les candidats doivent valoriser leur parcours d'enseignant, mais également leurs parcours professionnels ou universitaires autres en les mettant clairement au service de l'enseignement en biotechnologies, dans sa dimension pédagogique mais également dans sa dimension technologique. Si une expérience professionnelle de technicien, un master ou un stage de doctorat peuvent contribuer de façon pertinente au parcours, il s'agit de démontrer de façon explicite les compétences pertinentes pour le métier d'enseignant acquises dans ce cadre, et pas seulement de lister des activités.

Il est donc attendu des candidates et candidats qu'ils fassent un lien entre leur parcours et le métier, et qu'ils expliquent en quoi leurs activités professionnelles leur ont permis de développer des compétences d'enseignant, et en particulier d'enseignant de biotechnologies – génie biologique.

Certains candidats ont su mettre en forme cette partie de façon claire, structurée et aérée, démontrant ainsi des qualités de communication écrite appréciées par le jury.

### **Partie 2 :**

La deuxième partie porte sur une activité d'enseignement, et doit être centrée sur la relation aux élèves et sur les apprentissages.

L'attention portée à l'expression écrite, dans les documents produits à l'intention des élèves, fait partie des compétences professionnelles attendues. Ces qualités de communication sont évaluées sur l'ensemble du dossier. Il s'agit tout autant de la précision de l'orthographe et de la syntaxe que du choix d'un niveau de langage, et d'un niveau scientifique, adaptés au public visé.

Le choix des annexes adossées à cette partie est essentiel. Le jury souligne l'intérêt d'inclure des documents à destination des élèves, ainsi que des extraits de productions d'élèves, assortis de corrections ou d'éléments d'analyse permettant de se projeter explicitement vers la remédiation et une démarche d'amélioration réflexive de l'activité d'enseignement proposée, en lien avec les objectifs d'apprentissage.

Un certain nombre de candidats ont su décrire avec précision des activités qu'ils ont conçues, en incluant des dimensions pratiques et organisationnelles. En revanche, rares sont les candidats qui sont parvenus à présenter clairement les écueils rencontrés, les difficultés des élèves et les stratégies mises en œuvre ou envisagées pour y remédier.

Les modes d'organisation de la classe, les formes d'évaluation et les stratégies de différenciation ont été présentées par certains candidats. Toutefois, au-delà du déclaratif était attendue une argumentation des choix présentés en regard de la plus-value pédagogique visée.

La séance décrite doit inclure, au vu des contenus d'enseignement visés, une démarche technologique explicite en appui sur un contexte réaliste, ancré dans la réalité.

Le métier de professeur de biotechnologies option biochimie-génie biologique présente des spécificités importantes. Les enseignements concernés sont exclusivement les enseignements de biologie et physiopathologie humaines, de biochimie-biologie, de biotechnologies, de biologie appliquée au lycée général et technologique, ou les enseignements correspondants en section de technicien supérieur. Les candidates et candidats qui n'enseignent pas en lycée technologique sont invités à se rapprocher de l'équipe pédagogique de biochimie-génie biologique d'un établissement qui pourrait leur proposer aide, conseil et accompagnement dans la mise en œuvre d'une séance en adéquation avec les attendus du concours.

Pour conclure, le jury insiste sur l'importance de l'authenticité, de l'actualité et du caractère personnel des éléments inclus dans le dossier. Un dossier qui semble obsolète, impersonnel ou qui manque de cohérence entre les expériences relatées en partie 1 et la situation d'apprentissage présentée en partie 2 suscite nécessairement des réserves dans son appréciation par le jury.

De plus, il est rappelé aux candidats que lors des épreuves d'admissibilité, un retour sur le dossier de RAEP est demandé au cours de la phase d'entretien, ce qui permet notamment au candidat d'illustrer à nouveau le caractère personnel et authentique des éléments présentés.

### **3. ÉPREUVE D'ADMISSION : RAPPORT DE L'ÉPREUVE**

#### **3.1. Caractéristiques de l'épreuve**

Les candidats et candidates disposent, en plus d'une version imprimée du sujet, d'un poste informatique avec la version numérique du sujet et de ses annexes, ainsi que différentes ressources numériques : les programmes des enseignements nécessaires, des fiches techniques, un aide-mémoire de métrologie, des fiches de données de sécurité, l'accès au site 3RB (réseau ressources risques biologiques : [www.esst-inrs.fr/3rb/](http://www.esst-inrs.fr/3rb/)) et à la base de données BAOBAB de l'INRS, des logiciels de bureautique nécessaires à l'exploitation des résultats et à la présentation de l'exposé.

Pour cette session, l'ensemble des candidats et candidates admissibles ont travaillé sur un même sujet comportant :

- trois procédures opératoires à réaliser ;
- des annexes techniques et documentaires permettant de construire une séquence pédagogique.

Le candidat ou la candidate choisissait :

- la série du baccalauréat technologique (STL, ST2S) ou la spécialité de section de technicien supérieur et le niveau d'enseignement,
- les objectifs pédagogiques de formation.

#### **L'épreuve débute par cinq heures de préparation en laboratoire de biotechnologies.**

Au cours des quatre premières heures, en vue de l'exposé à présenter au jury, les candidats et candidates s'approprient le sujet et mettent en œuvre les manipulations imposées en mobilisant leurs savoir-faire disciplinaires dans l'environnement du laboratoire.

Quarante-cinq minutes après le début de l'épreuve, les candidats et candidates effectuent une démonstration technique de leur choix, commentée devant un examinateur ou une examinatrice, tel qu'ils le feraient avec des élèves, pendant 5 à 10 minutes.

Les candidats et candidates préparent une séance détaillée incluse dans une séquence de formation, toutes deux contextualisées par des informations qui doivent être choisies dans au moins un des documents en annexe du dossier. La séance intègre au moins une procédure opératoire réalisée, y compris l'exploitation et l'analyse des résultats obtenus. L'utilisation d'un tableur permet de s'affranchir de l'usage d'une calculatrice.

La cinquième heure de préparation est exclusivement dédiée à la finalisation de la présentation de l'exposé, sans possibilité de manipuler ou d'accéder au matériel de laboratoire, en dehors de l'outil informatique. La présentation est enregistrée par le candidat sur la clé USB fournie par le centre.

### **L'épreuve se poursuit par un exposé et un entretien.**

La partie orale, d'une durée d'une heure face aux membres du jury, se déroule dans une salle équipée d'un tableau et d'un dispositif permettant de vidéo-projecter le support que la candidate ou le candidat a conçu et enregistré sur la clé USB.

L'exposé de 30 minutes a pour objectif de présenter les aspects didactiques et pédagogiques d'une séance contextualisée et détaillée, qui doit s'inscrire dans une séquence de formation. Cette séance prend appui sur tout ou partie des investigations menées lors des manipulations réalisées au laboratoire et intègre à la fois la démarche d'analyse des risques, l'analyse des points critiques et l'exploitation de résultats qualitatifs et quantitatifs y compris la métrologie.

L'entretien avec le jury permet à la candidate ou au candidat de préciser certains points de sa présentation et de mettre en avant ses qualités pédagogiques, didactiques et sa maîtrise des contenus scientifiques et technologiques. Au-delà des choix effectués pour la présentation les résultats obtenus, leur analyse mais également les manipulations non retenues peuvent faire l'objet d'un questionnement par le jury.

Comme précisé dans l'arrêté du 25 janvier 2021 et comme évoqué plus haut, un temps d'entretien maximum de 10 minutes est réservé à un échange sur le dossier de RAEP.

## **3.2. Observations du jury**

Pour cette épreuve, le jury évalue les connaissances scientifiques et technologiques relatives aux techniques mises en œuvre, les qualités pédagogiques et didactiques ainsi que les savoir-faire et attitudes des candidates et candidats figurant dans le référentiel de compétences des métiers du professorat et de l'éducation (BO du 25 juillet 2013) :

- maîtriser les savoirs et savoir-faire disciplinaires,
- maîtriser la didactique disciplinaire,
- mener une pratique pédagogique réfléchie,
- adopter une posture professionnelle adaptée,
- maîtriser la langue française et l'usage des outils numériques.

Le candidat ou la candidate doit être en capacité d'étayer son propos et de faire la preuve de la maîtrise des différentes compétences par des arguments solides y compris au moment de l'échange avec le jury.

### **Au laboratoire de biotechnologies**

Le jury a apprécié pour les meilleurs candidats et candidates :

- la posture d'enseignant adoptée au laboratoire et lors des interactions avec les membres de jury ;
- la qualité didactique de la démonstration lors de la présentation commentée ;
- l'adaptabilité et l'autonomie dans l'environnement du laboratoire d'accueil, qui impliquait pour la session 2024 l'utilisation de matériel à usage unique ;

- l'organisation dans le temps et l'espace ;
- l'adaptabilité aux outils informatiques, qui se limitaient en 2024 aux logiciels de bureautique ;
- l'esprit critique dans l'exploitation des résultats expérimentaux réellement obtenus.

**Des difficultés demeurent pour certains candidats ou candidates :**

Elles sont liées notamment à la réalisation de manipulations enseignées en série STL-biotechnologies comme le micropipetage, l'utilisation d'une cellule de comptage, l'utilisation du microscope, l'homogénéisation d'une suspension, l'utilisation raisonnée des équipements de protection, la gestion des déchets, le respect de l'asepsie en absence de bec Bunsen ou électrique.

Les candidates et candidats sont amenés à démarrer les manipulations rapidement afin d'être en mesure de mener la démonstration technique attendue et commentée à l'un des membres du jury, en intégrant l'analyse des risques et des points critiques.

Effectuer l'ensemble des manipulations et préparer une séquence construite intégrant des éléments contextuels du dossier nécessitait une bonne organisation du travail, à la fois sur les aspects théoriques et sur les aspects pratiques au laboratoire.

Il n'était pas possible, pour les candidats, de recommencer une manipulation. Toutefois, les éventuelles difficultés ou erreurs, lorsqu'elles étaient identifiées par le candidat, ont pu être mentionnées dans l'exposé pour illustrer un point didactique pertinent.

**Compte tenu de ces constats, les membres du jury conseillent aux futures candidates et candidats de :**

- se préparer à l'appropriation de procédures opératoires et documents techniques, qui peuvent être en langue anglaise ;
- se préparer à l'appropriation d'outils numériques (logiciels de bureautique et ceux qui apparaissent dans les parties L et T du programme de la série STL-biotechnologies) ;
- se préparer à mettre en œuvre des manipulations pratiquées en série STL-biotechnologies, éventuellement en se rapprochant d'un établissement pour participer à des séances réalisées par un ou une collègue ;
- se préparer à faire la preuve d'une maîtrise des calculs indispensables à l'exploitation des résultats, montrant notamment l'appropriation des concepts métrologiques.

**Partie orale : exposé et entretien**

**Le jury a apprécié :**

- la posture d'enseignant notamment dans la réactivité, la qualité d'écoute et le registre de langage ;
- les capacités d'analyse réflexive et de questionnement de la pratique professionnelle ;
- le choix argumenté de modalités pédagogiques permettant de former tous les élèves et d'en apprécier les acquis et les progrès ;
- la solidité des connaissances scientifiques et technologiques ;
- une cohérence entre les objectifs de formation annoncés, le contenu de la séance et les activités proposées ;
- le choix d'une activité permettant de montrer sa capacité à accompagner les élèves dans l'acquisition de nouveaux concepts, savoir-faire ou compétences ;
- une présentation intégrant des éléments concrets illustrant le propos ;
- une contextualisation prenant appui sur les ressources documentaires.

### **À l'inverse, certains points constituent des axes de progrès pour les candidats.**

- L'exposé n'est pas une exploitation des résultats désolidarisée de la présentation de la séquence ni une déclaration d'intentions. Une prise de recul et des choix sont nécessaires afin de dégager un sens pédagogique et didactique aux activités présentées, même si cette présentation n'est que partiellement aboutie.
- Un lien explicite de la proposition pédagogique avec les objectifs de formation des programmes est attendu, pour identifier les compétences travaillées chez les élèves.
- Les concepts liés à la métrologie (terminologie, exploitation, expression des résultats) attendus au niveau T<sup>alé</sup> STL doivent être bien maîtrisés.
- La séance proposée doit intégrer des modalités d'animation prenant en compte la diversité des élèves.

L'élaboration d'une séquence et d'une séance détaillée à partir d'éléments pertinents issus des activités menées en laboratoire et incluant un élément au moins du dossier documentaire nécessite une préparation sérieuse du candidat qui lui permettra de mettre en avant ses compétences professionnelles : il s'agit de faire la preuve de la maîtrise des démarches pédagogiques présentées en argumentant concrètement leur ancrage dans la séance.

### **Le jury conseille aux candidats :**

- d'être attentifs à la posture adoptée qui doit permettre des échanges professionnels avec le jury ;
- d'intégrer les spécificités de l'enseignement technologique dans la démarche didactique présentée ;
- d'être en capacité de montrer une certaine prise de recul ou analyse réflexive sur des éléments avancés pour donner du sens aux choix pédagogiques et didactiques ;
- de maîtriser les démarches associées aux enseignements technologiques, notamment la démarche d'analyse de risques, l'exploitation et la validation de résultats conformément aux règles de métrologie ;
- de proposer un contexte pertinent et réaliste au regard des documents du sujet et de le relier à l'exploitation des résultats ;
- de relire leur dossier de RAEP avant l'épreuve d'admission pour se préparer aux questions posées lors de l'entretien.

L'appropriation des derniers programmes et référentiels des enseignements technologiques du domaine des biotechnologies génie biologique pour en maîtriser les principaux concepts et savoir-faire reste indispensable. Le jury souligne la nécessité d'intégrer le développement des compétences numériques dans les objectifs de formation, comme préconisé dans les parties L et T du programme de STL-biotechnologies et dans les récents cadres de certification concernant les lycéens et les enseignants.

Les candidats sont également invités à se préparer à envisager des interactions possibles entre la séquence présentée et les autres enseignements de manière à explorer les dimensions sociétales et éthiques de la connaissance du vivant et des biotechnologies. La lecture des préambules des programmes est ainsi recommandée par le jury.

## CONCLUSION GÉNÉRALE

La session 2024 du CAPET interne a permis de pourvoir l'ensemble des postes ouverts. Pour le CAER-CAPET, la majorité des postes ont pu être pourvus. Il s'agit d'un concours difficile, du fait d'un bon niveau d'ensemble des candidats et des spécificités de l'enseignement en biotechnologies – génie biologique mais également parce qu'il nécessite à la fois une bonne maîtrise scientifique, une aisance au laboratoire de biotechnologies, des compétences didactiques et une expertise pédagogique adaptée aux publics du lycée technologique et des sections de technicien supérieur.

L'ensemble du jury tient à féliciter les lauréates et lauréats. Leur succès au concours de recrutement d'enseignants conduit, dès la rentrée scolaire, à leur nomination en qualité de professeurs stagiaires. Nombre de candidates et candidats non admis ont également donné la preuve de qualités professionnelles certaines, et sont encouragés à poursuivre leur préparation pour se présenter à une session future.

Pour l'épreuve d'admissibilité, la plupart des dossiers de RAEP respectaient la définition d'épreuve, notamment en termes de forme. Le jury a apprécié les dossiers de RAEP dont la structuration et les contenus personnalisés mettaient en valeur les compétences professionnelles développées au cours des années d'exercice des candidates et candidats.

Lors de cette session, les candidats et candidates admissibles ont été accueillis la veille de l'épreuve d'admission par le président, la vice-présidente et le secrétaire général. L'objectif était de préciser les caractéristiques de l'épreuve, son organisation dans le temps et l'espace et la configuration des locaux mobilisés pendant l'épreuve. Une pause surveillée de trente minutes était prévue entre la fin des 5 heures de préparation et le temps de l'exposé, les candidats et candidates sont invités à prévoir de quoi se restaurer et s'hydrater. Cette épreuve est exigeante en termes de diversité des compétences évaluées, mais également par sa durée et son intensité. L'ensemble du jury s'est attaché à placer les candidates et candidats dans les meilleures conditions possibles pour les différents temps de l'épreuve, afin que chacune et chacun puisse donner la mesure de ses capacités professionnelles.

Les lauréats et lauréates ont révélé des compétences attendues de la part d'une ou un enseignant : analyse et exploitation efficace des ressources, maîtrise des techniques de laboratoire, présentation synthétique, rigoureuse et convaincante des argumentations, maîtrise des contenus disciplinaires et des savoir-faire didactiques et pédagogiques, analyse réflexive et enfin qualités d'écoute et de communication.

Ce concours n'est pas exclusivement réservé aux candidats et candidates ayant l'expérience de l'enseignement en biotechnologies-génie biologique. Cependant, pour les candidats et candidates qui n'auraient pas cette expérience, une connaissance de la diversité des enseignements et niveaux de formation auxquels ils peuvent être confrontés est indispensable, en adéquation avec la définition des épreuves. La diversité des parcours des lauréats et lauréates montre que ce concours est accessible à des candidats et candidates qui savent mettre en valeur leurs acquis et qui ont su élargir leur champ de compétences pour répondre aux dimensions technologique, pédagogique et didactique attendues.

Pour répondre aux objectifs de l'épreuve d'admission, le candidat ou la candidate doit avoir une solide maîtrise des notions fondamentales caractéristiques du champ disciplinaire visé par le concours du CAPET/CAER de biotechnologies, option biochimie génie biologique. Les supports documentaires de l'épreuve d'admission peuvent aussi bien s'adosser aux programmes des séries technologiques préparant aux baccalauréats scientifiques et technologiques, qu'aux référentiels des sections de technicien supérieur de la filière. Une culture des enjeux actuels du champ des biotechnologies est un avantage pour la réussite du concours.

L'expérience d'enseignement se doit d'être doublée d'une préparation sérieuse et rigoureuse au concours pour conduire à la réussite. Les observations des jurys figurant dans ce rapport, ainsi que les rapports des sessions précédentes, ont vocation à guider les candidats et candidates en ce sens.

*Le jury tient à remercier, monsieur le Proviseur, les personnels de laboratoire et l'ensemble des personnels du lycée Saint Louis de Bordeaux pour l'accueil et l'aide efficace apportés afin que ce concours se déroule dans de bonnes conditions.*

## **CAPET INTERNE**

## **ET CAER**

### **Section : BIOTECHNOLOGIES** **Option : BIOCHIMIE – GENIE BIOLOGIQUE**

Épreuve pratique d'admission :  
Leçon portant sur les programmes des lycées et des  
classes post-baccalauréat

**Durée : 6 heures**  
**Coefficient : 2**

*Travaux pratiques : 4 heures*  
*Préparation de l'exposé : 1 heure*  
*Exposé : 30 minutes*  
*Entretien : 30 minutes*

**Le 16 avril 2024**

Le sujet comporte 22 pages. Le candidat doit s'assurer de disposer d'un exemplaire complet dès le début de l'épreuve.

<b>EXTRAIT DE LA DÉFINITION DE L'ÉPREUVE : NOR : MENH1310121A</b>	<b>3</b>
-------------------------------------------------------------------	----------

<b>CONSIGNES DU JURY</b>	<b>3</b>
--------------------------	----------

<b>PROCÉDURES OPÉRATOIRES</b>	<b>4</b>
-------------------------------	----------

PROCÉDURE OPÉRATOIRE 1 : détection d'une séquence génétique par PCR	4
---------------------------------------------------------------------	---

PROCÉDURE OPÉRATOIRE 2 : détermination d'une concentration cellulaire après utilisation d'une chambre de comptage	5
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

PROCÉDURE OPÉRATOIRE 3 : protocole de suivi de la cinétique de la croissance bactérienne par mesure de l'atténuation	6
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

<b>ANNEXE 1 : DOSSIER TECHNIQUE</b>	<b>8</b>
-------------------------------------	----------

DOCUMENT 1 : carte du plasmide, séquences des amorces PCR et contrôles	9
------------------------------------------------------------------------	---

DOCUMENT 2 : utilisation d'une chambre de comptage	10
----------------------------------------------------	----

<b>ANNEXE 2 : DOSSIER DOCUMENTAIRE</b>	<b>13</b>
----------------------------------------	-----------

DOCUMENT 3 : pathogénicité et détection des Salmonelles qui contaminent les aliments	13
--------------------------------------------------------------------------------------	----

DOCUMENT 4 : salmonellose, les probiotiques comme alternative aux antibiotiques	15
---------------------------------------------------------------------------------	----

DOCUMENT 5 : modes opératoires de production en bioréacteur	16
-------------------------------------------------------------	----

DOCUMENT 6 : traitement biologique de l'eau potable	17
-----------------------------------------------------	----

DOCUMENT 7 : intérêt de la cytométrie en flux dans la numération des leucocytes	18
---------------------------------------------------------------------------------	----

DOCUMENT 8 : utilisation de la PCR en temps réel pour détecter et quantifier les agents pathogènes	20
----------------------------------------------------------------------------------------------------	----

DOCUMENT 9 : contrôle qualité de la numération sanguine	21
---------------------------------------------------------	----

<b>ANNEXE 3 : AIDE-MÉMOIRE DE MÉTROLOGIE</b>	<b>22</b>
----------------------------------------------	-----------

<b>ANNEXE 4 : RESSOURCES SUR SUPPORT NUMÉRIQUE</b>	<b>00</b>
----------------------------------------------------	-----------

## EXTRAIT DE LA DÉFINITION DE L'ÉPREUVE : NOR : MENH1310121A

« Épreuve pratique d'admission » (arrêté janvier 2021)

« L'épreuve a pour but d'évaluer, dans l'option choisie, l'aptitude du candidat à concevoir et organiser une séquence de formation pour un objectif pédagogique imposé et un niveau de classe donné. Elle prend appui sur les investigations et les analyses effectuées au préalable par le candidat au cours de travaux pratiques, à partir d'un ou plusieurs protocoles et comporte un exposé suivi d'un entretien avec les membres du jury.

La séquence de formation s'inscrit dans les programmes de lycée ou de classes post-baccalauréat du lycée dans la discipline considérée.

Au cours de sa présentation orale, le candidat est amené :

- à expliciter sa démarche méthodologique,
- à mettre en évidence les informations, données et résultats, issus des investigations conduites au cours des travaux pratiques qui lui ont permis de construire sa séquence de formation,
- à décrire la séquence de formation qu'il a élaborée,
- à présenter de manière détaillée une des séances de formation constitutives de la séquence.

Au cours de l'entretien avec le jury, le candidat est conduit plus particulièrement à préciser certains points de sa présentation, ainsi qu'à expliquer et à justifier les choix de nature didactique et pédagogique qu'il a opérés dans la construction de la séquence de formation présentée. »

## CONSIGNES DU JURY

Le sujet comporte 3 procédures opératoires.

Le candidat doit mettre en œuvre la totalité de ces procédures au cours des quatre heures de travaux pratiques. La cinquième heure est dédiée à la préparation de l'exposé oral et de son support.

Le candidat doit être en mesure de présenter au jury une démonstration technique commentée pendant 5 à 10 minutes, exactement 45 minutes après le début de l'épreuve.

Pour construire la **séquence** et la **séance détaillée**, le candidat doit choisir :

- la **série du baccalauréat** ou **spécialité de STS** et le **niveau d'enseignement**,
- les **objectifs pédagogiques de formation** (savoirs, savoir-faire, savoir-être, compétences, concepts, capacités, notions ...).

Le contexte associé à la séance doit prendre appui sur un ou plusieurs articles du dossier documentaire proposé en annexe.

La séance détaillée intègre au moins une procédure opératoire réalisée, y compris l'analyse des résultats obtenus.

## PROCÉDURES OPÉRATOIRES

### PROCÉDURE OPÉRATOIRE 1 : détection d'une séquence génétique par PCR

#### Matériels et réactifs au poste PCR

- Pipettes automatiques p20 et p2 et cônes stériles
- Tubes PCR
- pLasmide  $1 \text{ ng} \cdot \mu\text{L}^{-1}$
- Tampon Taq 5x (contenant  $\text{MgCl}_2$ )
- Mélange d'amorces sens et anti-sens :  $5 \text{ pmol} \cdot \mu\text{L}^{-1}$
- 4 dNTP :  $5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  par dNTP
- Taq DNA polymérase à  $1 \text{ U} \cdot \mu\text{L}^{-1}$
- Eau de qualité biologie moléculaire

#### Manipulations à réaliser au poste PCR

Les contrôles de PCR ne sont pas à réaliser par le candidat.

- Introduire les solutions suivantes dans un tube PCR :

Solutions	Volume à introduire dans le tube PCR ( $\mu\text{L}$ )	Concentration finale ou quantité dans le milieu réactionnel
pLasmide	2	2 ng
Tampon Taq + $\text{MgCl}_2$	5	1x
Amorces sens et antisens	2	10 pmol de chaque amorce
4 dNTP	1	$200 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$
Taq DNA polymérase $1 \text{ U} \cdot \mu\text{L}^{-1}$	1	1U
Eau de qualité biologie moléculaire	qsp 25 $\mu\text{L}$	

- Placer le tube dans un bac à glace.

*Le jury réalisera l'amplification de l'échantillon et des contrôles au thermocycleur, puis l'électrophorèse après amplification.*

Sur la clé USB dans le dossier PCR sont accessibles au format numérique les ressources suivantes :

- une photographie du gel d'agarose 0.8% après migration et révélation
- des précisions sur la procédure, dont le plan de dépôt sur gel d'électrophorèse
- les références du marqueur de masses moléculaires.

→ Exploiter les résultats

## PROCÉDURE OPÉRATOIRE 2 : détermination d'une concentration cellulaire à l'aide d'une chambre de comptage

La procédure est à réaliser sur une suspension fournie de levures *Saccharomyces cerevisiae* (micro-organisme de classe 1).

### Matériels et réactifs

- Chambre de comptage de Malassez
- Tubes à hémolyse
- Pipettes automatiques p100 et p1000 et cônes
- Échantillon : 1 mL de suspension cellulaire «  $y_{S1}$  » ( $A_{620}$  voisine de 1)
- Contrôle qualité : 1 mL de suspension "contrôle qualité" «  $y_{ref}$  » à  $1,0 \cdot 10^6 \text{ cellules} \cdot \text{mL}^{-1}$  ( $A_{620}$  voisine de 0,1)
- Eau physiologique : 5 mL

### Manipulations à réaliser

Réaliser le dénombrement des levures dans les deux suspensions fournies.

→ Exploiter les résultats

## PROCÉDURE OPÉRATOIRE 3 : suivi de croissance bactérienne par mesure de l'atténuation

La croissance d'*Escherichia coli* K12 (microorganisme de classe 1) est réalisée en batch en milieu de culture nutritif tamponné. Les mesures régulières d'atténuation pendant 1 heure permettent le suivi cinétique de la croissance en milieu non renouvelé à température ambiante.

### Matériels et réactifs

- Pré-culture d'une souche pure d'*Escherichia coli* K12 en Bouillon Cœur-Cervelle, notée «K12»
- Fiole d'Erlenmeyer de 250 mL (bouchon à vis) contenant 100 mL de Bouillon Cœur-Cervelle stérile et 1 barreau aimanté
- Bouillon Cœur-Cervelle stérile en tubes de 9 mL (3 tubes)
- Spectrophotomètre
- 10 macrocuves
- 1 pipette de 10 mL stérile et 10 pipettes de 2 mL stériles
- 1 propipette
- 1 chronomètre
- 1 agitateur magnétique
- Parafilm

### Procédure opératoire

- Introduire 10,0 mL de préculture "K12" dans le milieu de croissance.
- Boucher la fiole d'Erlenmeyer et la placer 2 à 3 minutes sur l'agitateur magnétique.
- Réaliser le 1<sup>er</sup> prélèvement d'une fraction aliquote de 2,0 mL.
- Replacer la culture sous agitation et déclencher le chronomètre.
- Mesurer l'atténuation à 600 nm du 1<sup>er</sup> prélèvement noté  $P_{t_0}$  contre un témoin de compensation approprié.
  
- Réaliser, toutes les 10 minutes, un prélèvement de 2,0 mL du milieu de culture.
- Mesurer l'atténuation à 600 nm des prélèvements à  $t_{10}$ ,  $t_{20}$ ,  $t_{30}$ ,  $t_{40}$  et  $t_{50}$  contre le même témoin de compensation.

→ Exploitation des résultats

L'exploitation des résultats est réalisée avec l'outil numérique.

- Tracer la courbe de croissance
- Déterminer mathématiquement les paramètres de croissance :
  - la vitesse de croissance spécifique durant la phase exponentielle  $\mu_{expo}$  ou  $Q_X$ ;
  - le temps de génération **G**.

### Données

- 1 Unité d'atténuation à 600 nm : correspond à une concentration bactérienne de  $5 \cdot 10^8$  bactéries·mL<sup>-1</sup>.
- La limite de linéarité de la méthode est atteinte à 0,7 unité d'atténuation.
- Formules mathématiques des paramètres de croissance

$$\mu_{expo} = \frac{dX}{dt} = \frac{\ln X_2 - \ln X_1}{t_2 - t_1}$$

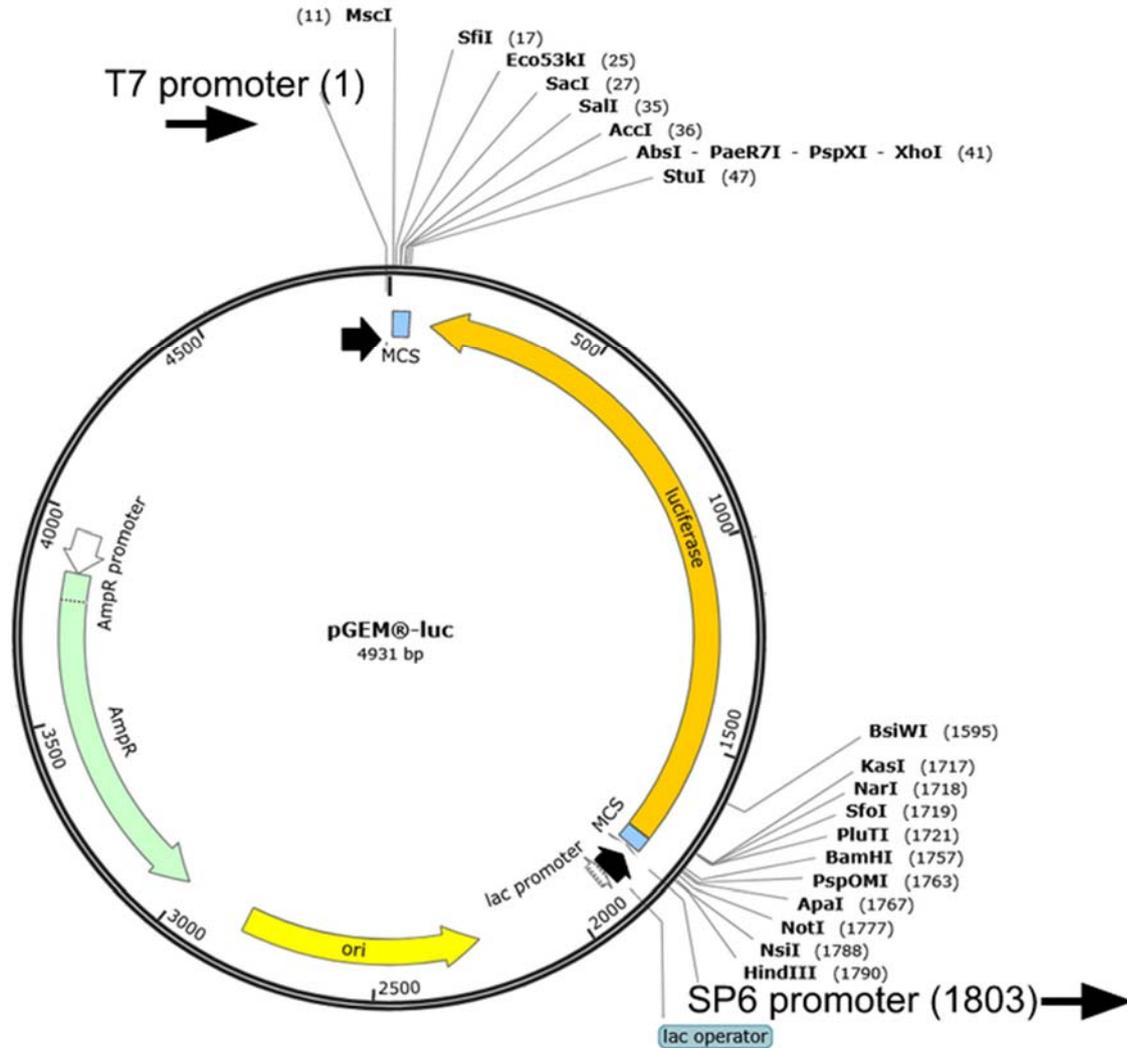
**X** : biomasse  
**t** : durée de croissance

$$G = \frac{\ln(2)}{\mu_{expo}}$$

# ANNEXE 1 : DOSSIER TECHNIQUE

## DOCUMENT 1 : carte du plasmide, séquences des amorces PCR et contrôles

Document 1a : carte du plasmide pGEM-luc



Annotations	Descriptions	Annotations	Descriptions
MCS	Site de Clonage Multiple	ORI	Origine de réplication
luciférase	Gène codant l'enzyme luciférase qui catalyse l'émission de lumière en présence d'ATP notamment.	AmpR	Gène codant la bêta-lactamase
SP6 promoter	Promoteur SP6	AmpR promoter	Promoteur du gène AmpR
lac operator	Site de fixation du répresseur LacI	T7 promoter	Promoteur T7
lac promoter	Promoteur de l'opéron lactose de <i>E. coli</i>		

Source : d'après le site snapgene ([www.snapgene.com/](http://www.snapgene.com/))

## Document 1b : séquences des amorces sens et antisens

Les amorces universelles SP6 et T7 sont obtenues par synthèse chimique d'oligonucléotides (Eurobio). Ces amorces s'hybrident avec les séquences des promoteurs SP6 et T7 (SP6 promoter et T7 promoter).

Oligonucléotide	SP6	T7
Séquence (5' → 3')	5'-ATTTAGGTGACACTATAG-3'	5'-TAATACGACTCACTATAGGG-3'

Source : d'après le site fisher scientifique ([www.fishersci.fr/fr/fr/home.html](http://www.fishersci.fr/fr/fr/home.html))

## Document 1c : contrôles à réaliser lors d'une PCR

Les laboratoires de biologie moléculaire doivent réaliser des contrôles pour s'assurer de la performance de leurs méthodes. Concernant l'amplification par PCR en point final :

- les contrôles positifs sont effectués pour vérifier que la méthode est capable d'amplifier l'acide nucléique cible ;
- les contrôles négatifs sont effectués pour vérifier qu'aucun acide nucléique contaminant est présent.

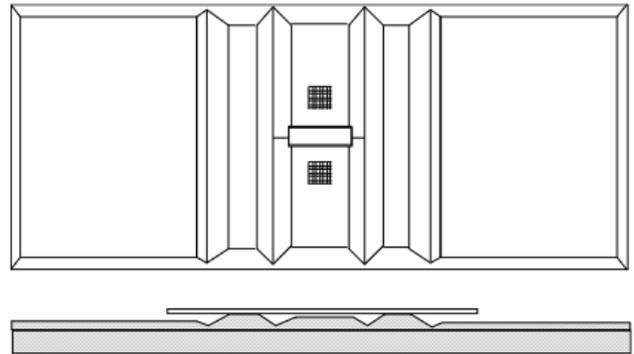
Source : d'après une procédure de contrôle de qualité des méthodes de biologie moléculaire de l'organisation mondiale de la santé (<https://extranet.who.int/hslp/fr/who-hslp-download/package/501/material/214>)

## DOCUMENT 2 : utilisation d'une chambre de comptage

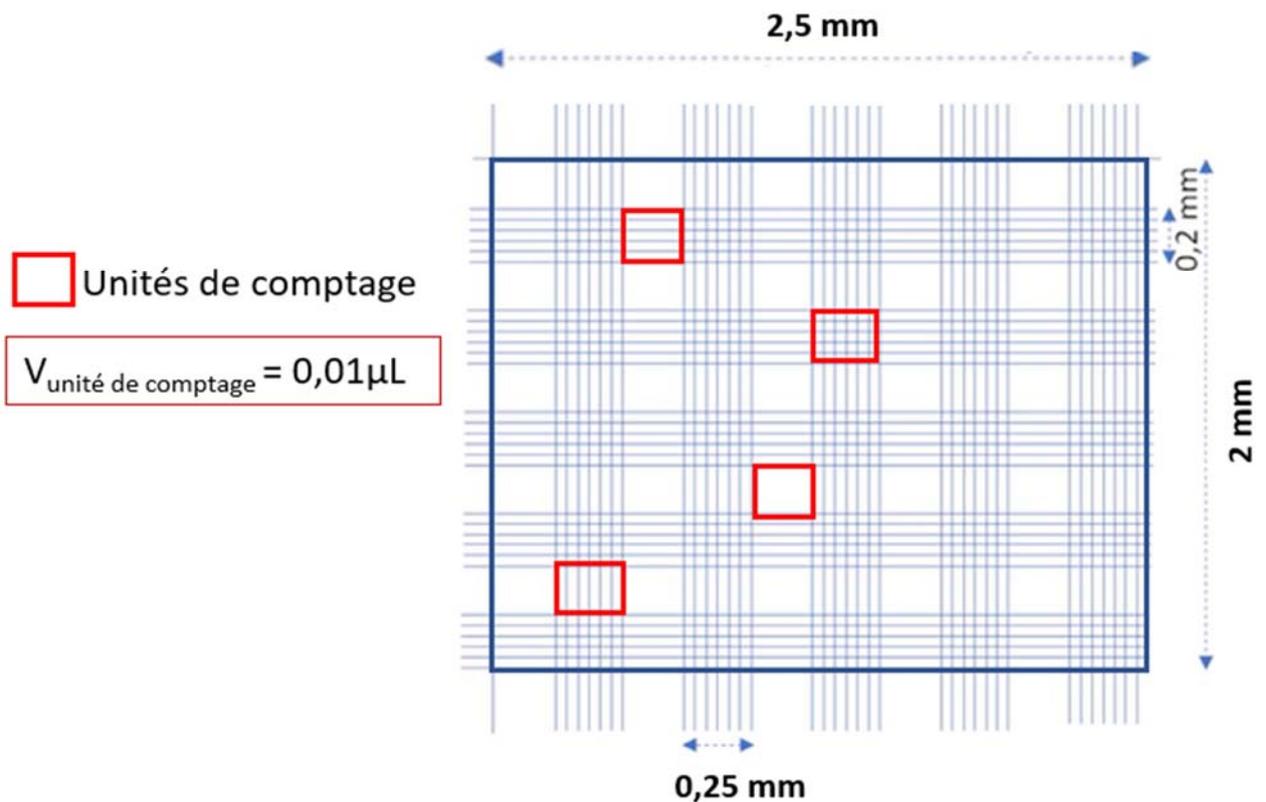
### Document 2a : hématimètre de Malassez

C'est une lame en verre à stries gravées formant un quadrillage d'un volume précis et connu. Elle permet de dénombrer les particules d'une suspension au microscope optique.

Source : Sujet [Concours général Biotechnologies](#) – session 2023



Les dimensions du quadrillage sont les suivantes : Longueur 2,5 mm, largeur 2 mm et profondeur 0,2 mm. Le quadrillage délimite un volume total de 1  $\mu\text{L}$  et est subdivisé en 100 unités de comptage, 100 rectangles d'un volume de 0,01  $\mu\text{L}$ .



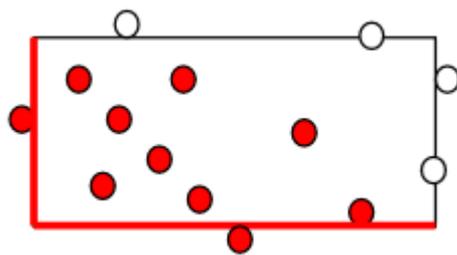
### Procédure opératoire

- Faire adhérer la lamelle sur les plateformes latérales. Pour cela, humecter les deux plateaux latéraux puis à l'aide des pouces posés sur la lamelle, exercer une pression sur la lamelle tout en pratiquant un mouvement de va et vient jusqu'à perception d'une résistance.
- Placer la chambre de comptage sur une surface plane.
- Homogénéiser la suspension cellulaire puis la prélever à l'aide d'une pipette adaptée.

- Remplir la chambre de comptage par capillarité, en plaçant la pointe du cône de la pipette à la jonction de la lamelle et de la plate-forme centrale quadrillée.
- Repérer au grossissement x100 du microscope le quadrillage de la cellule de comptage.
- Passer au grossissement x400 du microscope et réaliser le comptage.

### Règles de comptage

- Compter environ 200 cellules au total pour une précision acceptable
- Ajuster la concentration de la suspension pour limiter le nombre de cellules par unité de comptage à environ 30
- Pour chaque unité de comptage :
  - ✓ Compter toutes les cellules au centre (non chevauchantes) ;
  - ✓ Compter les cellules chevauchantes d'une longueur et d'une largeur comme représenté dans l'exemple ci-dessous.



Unité de comptage

- Cellules comptées
- Cellules non comptées sur les lignes hautes et droites

Source : Sujet [Concours général Biotechnologies](#) – session 2023

### Procédure de nettoyage

Le nettoyage de la chambre de comptage et de la lamelle calibrée s'effectue à l'éthanol 70 % par aspersion ou trempage.

### Document 2b : détermination de la viabilité cellulaire

L'utilisation de colorants dit vitaux permet de distinguer les cellules vivantes des cellules mortes lors d'une observation microscopique. Le test repose sur la capacité des cellules vivantes, avec une membrane plasmique fonctionnelle, d'exclure ou de capter certains colorants.

Le bleu Trypan, colorant vital d'exclusion permet de distinguer au microscope les cellules viables, incolores des cellules mortes dont le cytoplasme est coloré en bleu.

Il est alors possible de calculer le pourcentage de viabilité d'une suspension cellulaire et la concentration en cellules viables.

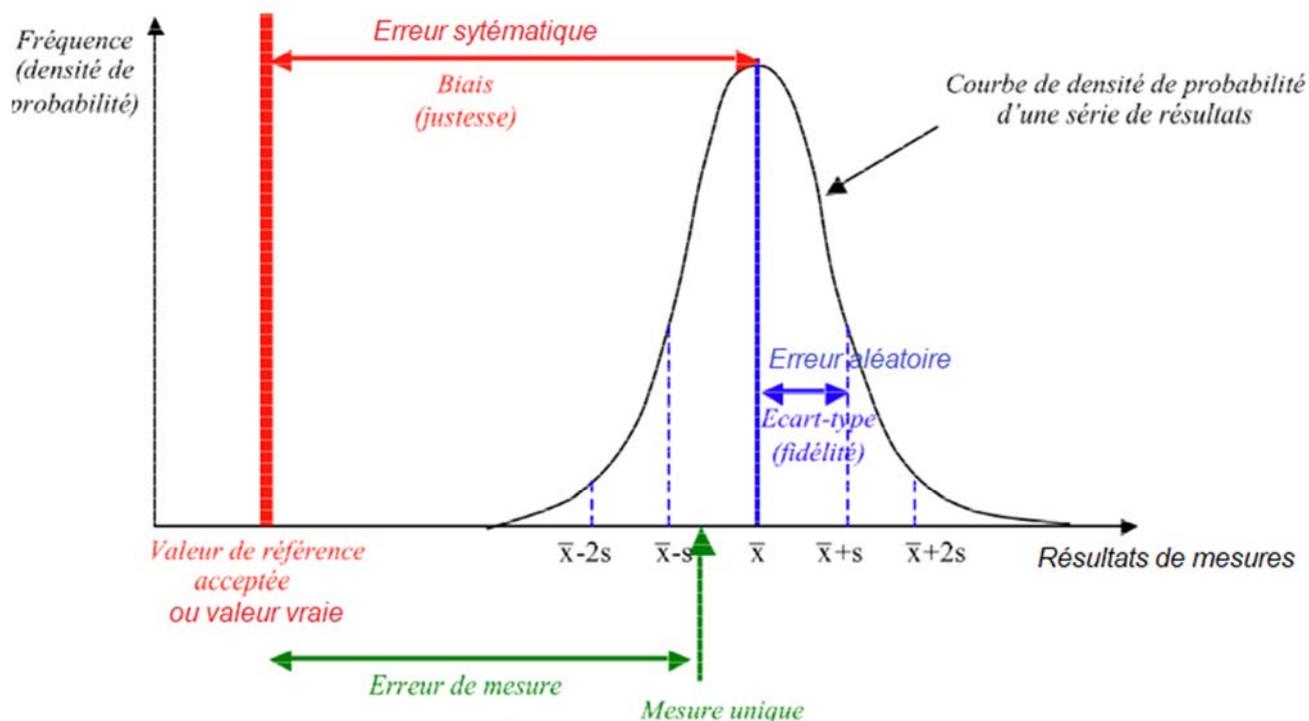
Source : d'après <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6716531/>

## Document 2c : données métrologiques

### Évaluation de l'incertitude pour une numération en chambre de comptage

Avec un dénombrement de l'ordre de  $2 \cdot 10^6$  cellules par mL, l'incertitude élargie est estimée à  $U = 3,5 \cdot 10^5$  cellules.mL<sup>-1</sup> avec un niveau de confiance de 95 %.

#### Analyse statistique de résultats et caractérisation des types d'erreur



Intervalles	Résultats de mesures compris dans l'intervalle	Légendes
$\bar{x} \pm s$	68 %	$\bar{x}$ : moyenne des mesures $s$ : écart type
$\bar{x} \pm 2s$	95 %	
$\bar{x} \pm 3s$	99 %	

Source : d'après un article de métrologie du site académique de Poitiers ([ww2.ac-poitiers.fr/biochimie/](http://ww2.ac-poitiers.fr/biochimie/))

### DOCUMENT 3 : pathogénicité et détection des Salmonelles qui contaminent les aliments

#### Document 4a : rappel de produits Kinder suite à une contamination

C'est un rappel massif de produits Kinder que la marque Ferrero a été contrainte d'orchestrer. L'agence de sécurité alimentaire belge a annoncé vendredi avoir ordonné l'arrêt de la production de l'usine de chocolats à l'origine de contaminations suspectes. En cause : un lien « potentiel » avec des contaminations à la salmonelle. Souvent, c'est un manquement aux règles d'hygiène qui déclenche une contamination à l'alimentation humaine. Le développement d'une salmonellose dépend aussi du sérotype de *Salmonella* et de la quantité absorbée.

En 2019, les salmonelloses constituent la deuxième cause de zoonose bactérienne d'origine alimentaire en Europe. En France, les aliments les plus souvent impliqués sont les œufs et produits à base d'œufs (22 % des TIAC à *Salmonella*), les viandes peu cuites de volaille, porc ou bovin (13 %) et les produits laitiers (7 %).

S'il existe plus de 2 600 sérotypes de *Salmonella*, les plus identifiés dans les produits alimentaires en Europe sont *S. Enteritidis* (47 à 50 % des cas de salmonellose ces dernières années) et *S. Typhimurium* (21 à 23 % des cas).

Les symptômes de salmonellose apparaissent en moyenne après un à trois jours d'incubation. Ils sont le plus souvent ceux d'une gastro-entérite parfois aiguë : diarrhée et crampes abdominales, légère fièvre, voire vomissements.

Si un adulte en bonne santé va en général guérir entre trois et cinq jours en moyenne, l'infection peut, dans certains cas, être dangereuse, voire mortelle pour les personnes fragiles (nourrissons, personnes âgées, personnes immunodéprimées). Elles peuvent se retrouver en déshydratation sévère sous l'effet de la diarrhée. Pour les formes sévères (septicémie, méningite), un traitement antibiotique est indiqué.

Source : d'après les extraits de l'article Le Figaro avec AFP publié le 05/04/2022, mis à jour le 12/04/2022

#### Document 4b : méthode de référence versus méthodes alternatives

Côtés industriels, les critères de sécurité du règlement CE n° 2073/2005 exigent, selon les produits, une absence de *Salmonella* dans 5 ou 30 échantillons de 10 ou 25 g analysés (méthode de référence).

Méthode de référence	Délais d'obtention des résultats	Principales étapes de l'analyse
NF EN ISO 6579-1 (méthode horizontale)	5 - 6 j	Pré-enrichissement en eau peptonée tamponnée Enrichissement sélectif Isolement sur milieux sélectifs Purification sur gélose ordinaire Identification biochimique Sérotypage

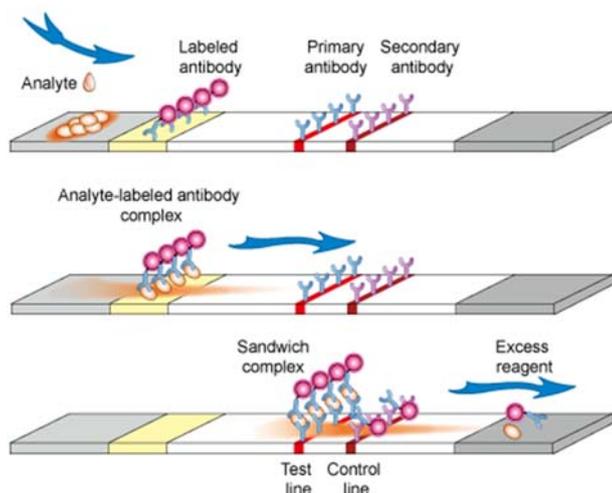
Des méthodes alternatives, validées par l'AFNOR, ont été mises au point.

Méthodes alternatives	Délais d'obtention des résultats	Principales étapes de l'analyse
Rapid <i>Salmonella</i> (Biorad)	2 j	Enrichissement sélectif Isolement sur milieu chromogénique Rapid <i>Salmonella</i> Confirmation : immunologique (latex), PCR ou MALDI-TOF
Reveal <i>Salmonella</i> 2.0 (Neogen)	24 - 48 h	Enrichissement sélectif Immunochromatographie sandwich (voir figure 1 document 3c)
Solus one <i>Salmonella</i> ELISA (Perkin Elmer)	24 h	Enrichissement sélectif Inactivation thermique ELISA sandwich (voir figure 2 document 3c)
iQ-Check <i>Salmonella</i> II (Biorad)	12 - 20 h (fonction des matrices)	Pré-enrichissement en eau peptonée tamponnée Extraction d'ADN PCR en temps réel sonde Taqman

Source : d'après l'article de Chantal Urvoy publié en avril 2019 dans la Revue de l'Industrie Agroalimentaire ([www.ria.fr](http://www.ria.fr))

## Document 4c : schémas de techniques alternatives de détection

Figure 1: immunochromatography sandwich



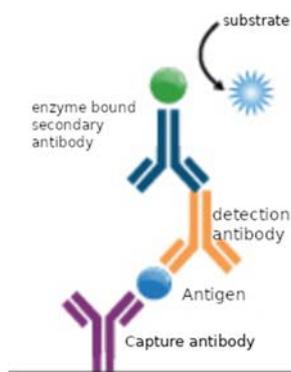
Label coated antibody is immobilized at conjugate pad. A capture antibody against the target analyte is immobilized over test line. A secondary antibody against labeled antibody is immobilized at the control zone.

To start a test, sample containing the analyte is applied and migrates to the other parts of strip. Target analyte is captured by the immobilized labeled antibody and results in the formation of analyte-labeled antibody complex.

At test line, analyte-labeled antibody complex is captured by another antibody which is primary to the analyte. Analyte becomes sandwiched between labeled and primary antibodies forming labeled antibody-analyte-primary antibody complex. Excess labeled antibody will be captured at the control zone by secondary antibody.

Intensity of color at test line corresponds to the amount of target analyte and is measured with an optical strip reader or visually inspected. Appearance of color at control line ensures that a strip is functioning properly.

Figure 2: ELISA Sandwich



The plate is coated with capture antibody. The sample is added, and any antigen present binds to the "capture" antibody. Detection antibody is added, and binds to the antigen. Enzyme-bound secondary antibody is added and binds the detection antibody. Enzyme substrate is added and converted to a detectable product (colored or fluorescent).

Source : [www.creative-diagnostics.com](http://www.creative-diagnostics.com) et [wikipedia.org](http://wikipedia.org)

## DOCUMENT 4 : salmonellose, les probiotiques comme alternative aux antibiotiques

La salmonellose est une infection généralement d'origine alimentaire due à des bactéries de la famille des salmonelles qui parviennent à franchir la barrière intestinale. Parmi elles, *Salmonella* Heidelberg (*S. Heidelberg*) a la particularité de présenter de nombreuses résistances aux antibiotiques. Une des pistes envisagées est de recourir à des probiotiques qui produisent des métabolites bénéfiques pour notre santé. Latifa Bousarghin, enseignante (Université de Rennes) et chercheuse dans l'unité Nutrition métabolismes et cancer (Numecan, unité Inserm) et son équipe se sont penchées sur les propriétés de *Bacteroides fragilis* (*B. fragilis*), une bactérie de la famille des *Bacteroidota* (les plus abondantes dans l'intestin) qui favorise le maintien de l'équilibre du microbiote. « Dans des études précédentes, nous avons montré que la présence de *B. fragilis* réduit la capacité de *S. Heidelberg* à passer la barrière intestinale chez la souris. Nous avons poursuivi ce travail pour comprendre les mécanismes responsables de ces propriétés », précise la chercheuse. En collaboration avec Sophie Tomasi de l'Institut des sciences chimiques de Rennes (unité CNRS 6226), elle s'est attelée à l'identification et la caractérisation des composés sécrétés par *B. fragilis* qui sont à l'origine de l'effet anti-infectieux observé.

Ce travail est réalisé à partir de *B. fragilis* cultivées en laboratoire, ou plus exactement à partir de leur surnageant de culture, milieu où on retrouve les métabolites sécrétés par les bactéries. Compte-tenu de la richesse de ce surnageant, il a d'abord été fractionné pour séparer les composés proches du point de vue physico-chimique. Six fractions différentes ont ainsi été recueillies, puis individuellement mises au contact de *S. Heidelberg*. Deux d'entre elles ont été capables d'inhiber la croissance de la bactérie pathogène. Administrées à des souris infectées, ces mêmes fractions ont réduit la réaction inflammatoire au niveau intestinal et diminué la capacité du pathogène à passer la barrière intestinale.

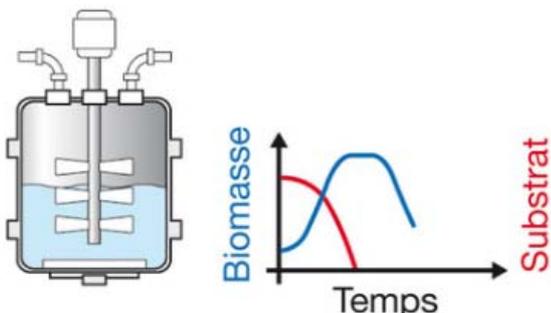
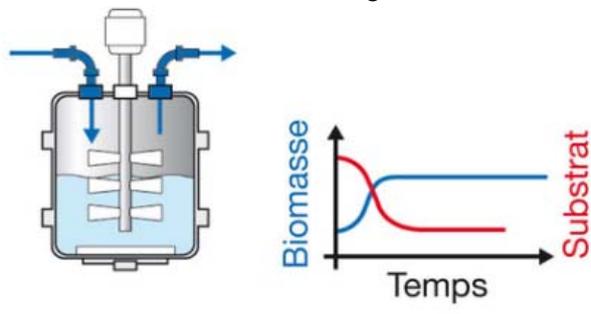
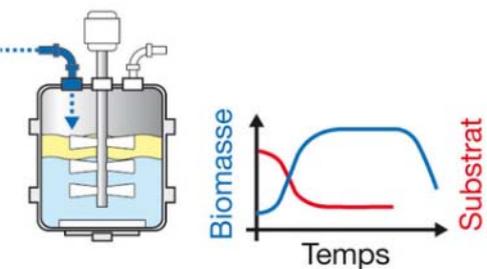
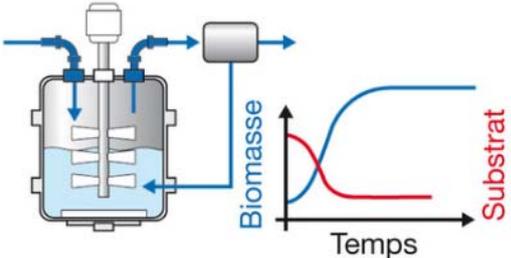
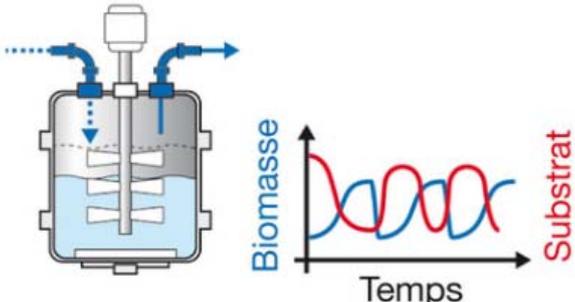
Le travail d'identification des composés bioactifs a ensuite été engagé. Deux d'entre eux ont été faciles à reconnaître car ils sont naturellement présents dans les sucs biliaires produits par le foie : l'acide cholique et l'acide désoxycholique. « On sait déjà que, pris isolément, ces deux acides biliaires n'ont pas d'action antibactérienne démontrée in vivo. Ils ont probablement besoin de cofacteurs biologiques pour être actifs contre *S. Heidelberg* », explique Latifa Bousarghin. La chercheuse poursuit donc les analyses chimiques pour découvrir la nature des autres molécules potentiellement actives.

D'autres expérimentations en cours visent à déterminer si ces métabolites sont actifs contre d'autres espèces bactériennes pathogènes pour l'Homme ou l'animal. Enfin, « les analyses menées chez la souris ont montré que ces mêmes fractions de surnageant ont un impact sur les bactéries du microbiote intestinal qui sont connues pour être associées à des maladies comme l'anxiété ou la dépression... ». Ces résultats ouvrent donc la voie à d'autres travaux dans ce domaine.

« Les antibiotiques bloquent directement certaines voies importantes du métabolisme bactérien, mais le stress engendré est tel qu'il favorise le développement de résistances à ces antibiotiques, rappelle la chercheuse. L'approche probiotique est différente. *B. fragilis* ou ses métabolites ne s'attaquent pas à la bactérie, mais plutôt à la façon dont celle-ci interagit avec les cellules de l'hôte. Cela permet de réguler plus finement sa virulence, et réduit probablement le risque de voir une résistance se développer. »

Source : d'après l'article de l'INSERM publié le 10/02/2023 ([www.inserm.fr](http://www.inserm.fr))

## DOCUMENT 5 : modes opératoires de production en bioréacteur

MODE DISCONTINU	MODE CONTINU
<p><b>BATCH</b> - sans alimentation ni soutirage</p> 	<p>Avec alimentation et soutirage en continu</p> 
<p><b>FED-BATCH</b> - avec alimentation programmée et sans soutirage</p> 	<p><b>PERFUSION</b> - avec alimentation programmée et soutirage en continu ET réinjection de la biomasse soutirée</p> 
<p><b>BATCH SEMI-CONTINU</b> avec alimentation et soutirage programmés</p> 	

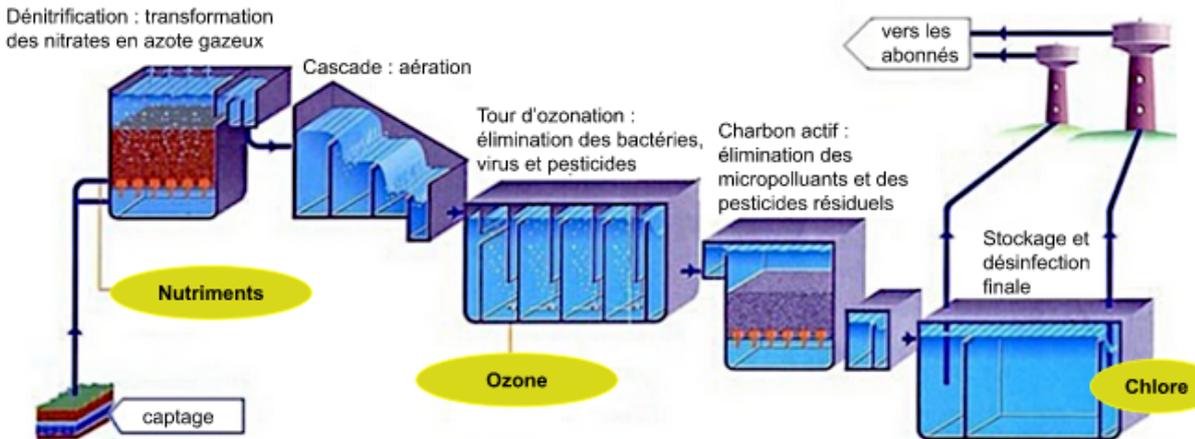
Selon les objectifs et cahiers des charges, la production de molécules d'intérêt peut utiliser les différents modes de production schématisés ci-dessus.

Les modes de production en continu assurent une meilleure productivité, cependant les concentrations en molécules d'intérêt sont souvent faibles. La production en batch alimenté augmente la productivité. Le mode de production en semi-continu réduit le temps requis pour amorcer de nouvelles productions.

Source : d'après "Le monde en image" des collections pour l'éducation ([monde.ccdmd.qc.ca](http://monde.ccdmd.qc.ca))

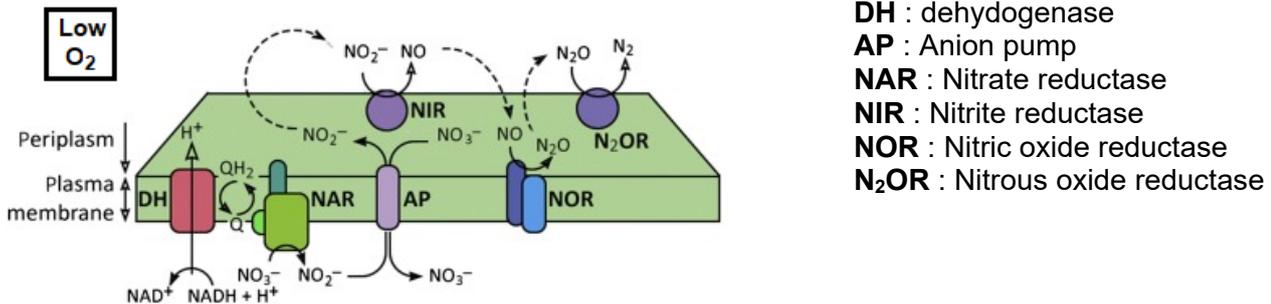
## DOCUMENT 6 : traitement biologique de l'eau potable

### Document 6a : étapes du traitement pour obtenir de l'eau potable

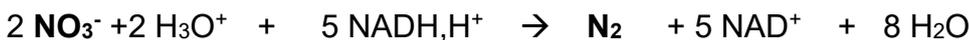


Source : extrait du document "Production.pdf", Service des Eaux du Vivier ([www.eaux-du-vivier.fr](http://www.eaux-du-vivier.fr))

### Document 6b : voie de dénitrification des bactéries à gram négatif



#### Réaction de dénitrification :



Source : William Bleam, in [Soil and Environmental Chemistry \(Second Edition\)](#), 2017 - 9.4.2.2 Dissimilatory Nitrate Reduction: Denitrifying Bacteria

### Document 6c : dénitrification biologique et croissance bactérienne dans le traitement d'une eau brute

La dénitrification est le processus par lequel certaines bactéries hétérotrophes réduisent les nitrates en diazote gazeux. Ce processus se déroule en environnement pauvre en oxygène et nécessite une source de carbone organique exogène (nutriments), donneur d'électron.

Les bactéries dénitrifiantes produisent l'énergie par transfert d'électrons de composés organiques vers un accepteur terminal : O<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> ou NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Si ces trois molécules sont présentes, la respiration aérobie est privilégiée et la réaction de dénitrification n'a pas lieu.

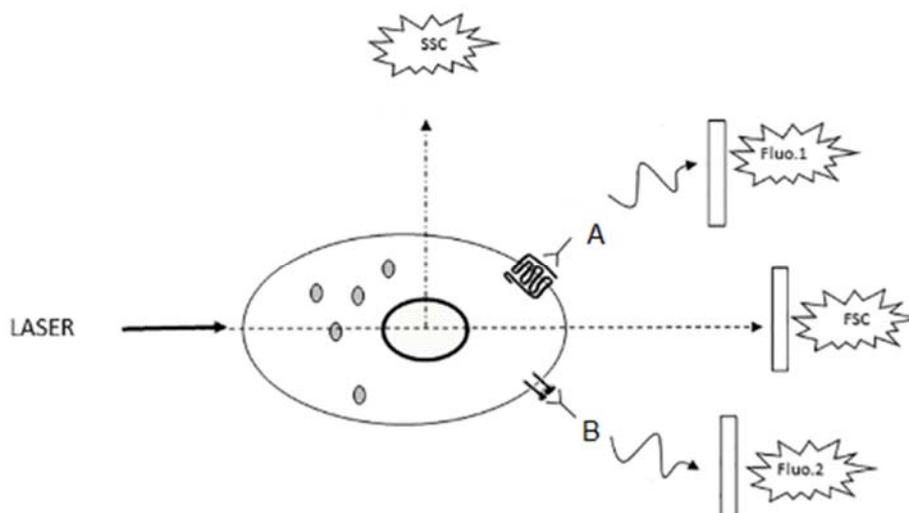
Le choix des nutriments apportés influence fortement l'efficacité de la dénitrification. Les substrats carbonés rapidement biodégradables permettent un meilleur rendement que les substrats complexes.

Source : d'après le site du groupe Suez ([www.suez.com/fr](http://www.suez.com/fr))

## DOCUMENT 7 : intérêt de la cytométrie en flux dans la numération des leucocytes

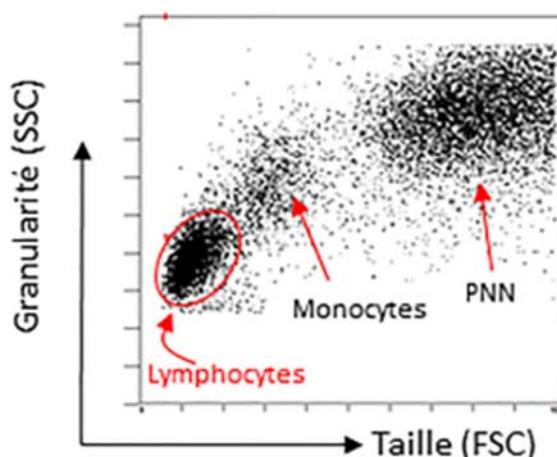
La cytométrie en flux (CMF) est une méthode d'analyse qui permet de caractériser et compter des cellules (ou des particules) en suspension dans un flux liquidien.

Le principe général est schématisé sur la **figure 1**.



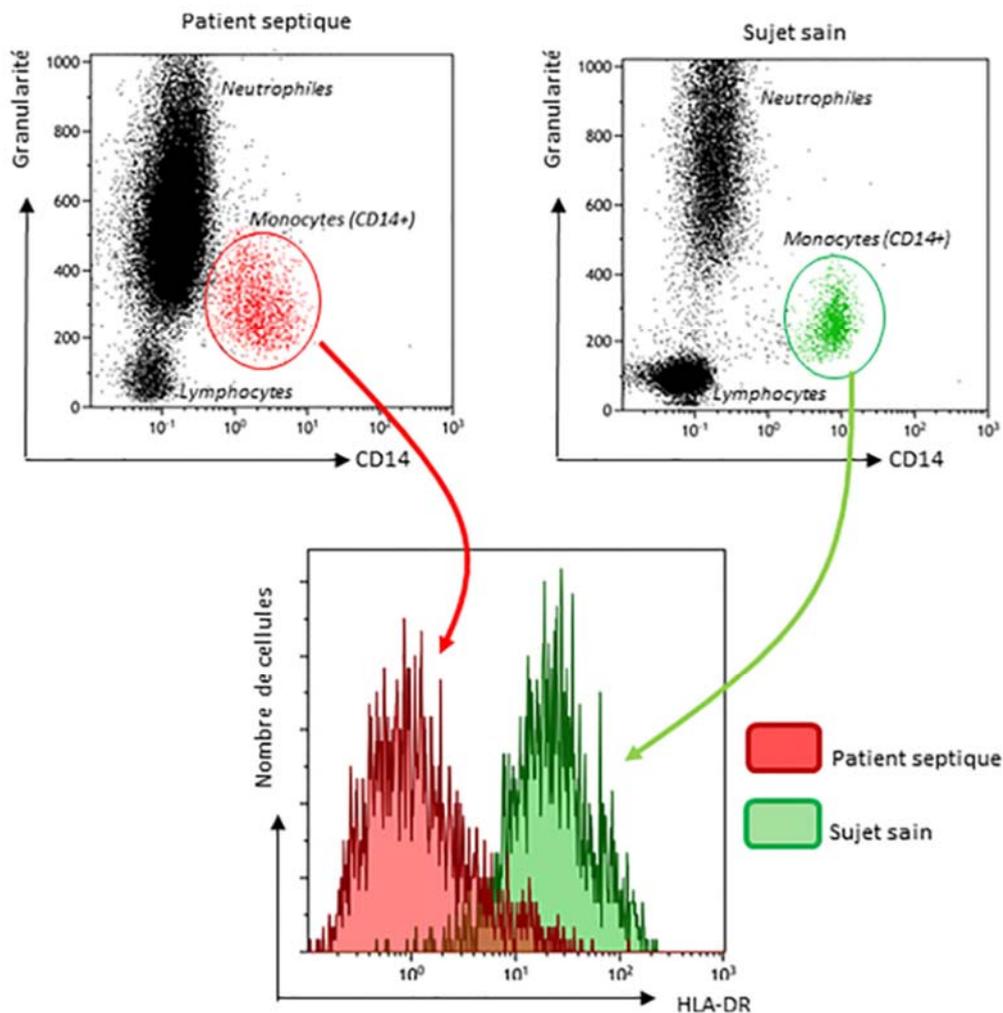
**Figure 1** : Les cellules en suspension dans un flux liquidien passent une à une dans un faisceau lumineux laser. La diffusion de la lumière dans l'axe de la source lumineuse (forward scatter, FSC) renseigne sur la taille et la diffusion à 90° (side scatter, SSC) renseigne sur la granularité ou structure (voir **Figure 2**). La lumière du laser va également exciter des fluorochromes préalablement couplés à des anticorps monoclonaux (A, B) capables de reconnaître et de fixer certaines protéines. Sachant que les fluorochromes réémettent la lumière à différentes longueurs d'onde, un même laser peut activer plusieurs fluorochromes qui donneront des informations différentes. Il sera alors possible d'évaluer si une molécule est présente à la surface de telle ou telle cellule et également de donner l'intensité de son expression. En cas d'absence de la molécule, aucun anticorps monoclonal ne se fixe et il n'y a donc pas de signal fluorescent correspondant.

La **figure 2** montre les critères d'identification de différentes sous-populations de cellules sanguines.



**Figure 2** : Scattergramme taille (FSC)/ granulation intra cytoplasmique (SSC). Chaque point représente une cellule. Cette technique permet donc d'évaluer le pourcentage relatif d'une population cellulaire donnée.

La **figure 3** montre comment l'identification des cellules marquées par un anticorps fluorescent (anticorps anti CD14 et anti HLA-DR) permet d'explorer la fonction immunitaire des monocytes lors d'un sepsis, réponse inflammatoire généralisée associée à une infection grave.



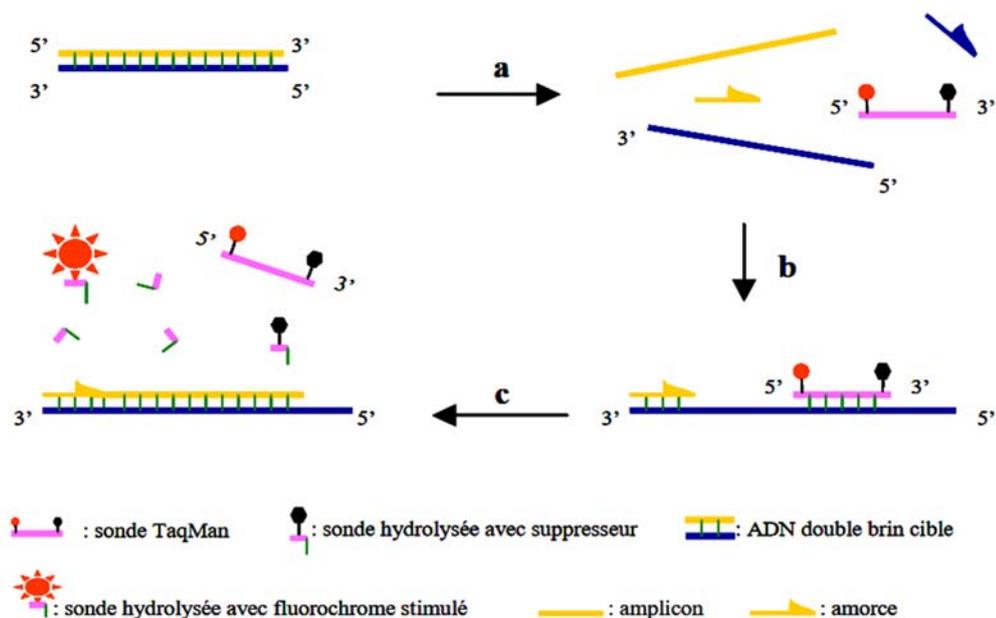
**Figure 3** : Expression des molécules CD14 et HLA-DR à la surface des monocytes (mHLA-DR) évaluée par cytométrie en flux. Les monocytes sont identifiés par le niveau de granulation intra-cytoplasmique (SSC) et la présence du marqueur membranaire CD14. La détection du marqueur membranaire HLA-DR est un outil d'exploration de la fonction des monocytes.

Source : d'après "Comprendre la cytométrie en flux" de L. Zafrani, G. Monneret publié le 11 octobre 2017 pour la revue officielle de la Société de Réanimation de langue française ([rea.revuesonline.com](http://rea.revuesonline.com))

## DOCUMENT 8 : utilisation de la PCR en temps réel pour détecter et quantifier les agents pathogènes

La PCR en temps réel ou PCR quantitative est une méthode d'amplification d'ADN utilisée pour évaluer la quantité d'ADN cible dans un échantillon. Elle repose sur la détection et la quantification d'un émetteur fluorescent à chaque cycle d'amplification. L'augmentation d'intensité du signal d'émission fluorescente est corrélée à la quantité d'amplicons produits.

Ci-dessous est schématisé le principe de quantification par sonde TaqMan. Une sonde TaqMan est une séquence nucléotidique simple brin couplée à un fluorochrome à l'extrémité 5' et un quencher/supprimeur à l'extrémité 3'.



### Figure

(a) Durant l'étape de dénaturation, la sonde TaqMan est libre en solution.

(b) À la température d'appariement, la sonde et les amorces s'hybrident à leurs séquences cibles respectives. La proximité du fluorochrome et du quencher de la sonde TaqMan hybridée ne conduit pas à une émission de fluorescence.

(c) Lors de l'étape de polymérisation, la polymérase hydrolyse la sonde TaqMan. Le fluorochrome est libéré permettant ainsi l'émission de la fluorescence.

Le développement des technologies de qPCR permet la détection et la quantification rapide d'agents pathogènes viraux, bactériens et parasitaires. Dès 1999, un système multiplexe a été mis au point pour la quantification simultanée des rétrovirus HIV-1, HIV-2, avec un seuil de détection de 10 copies de génome. La qPCR est également utilisée pour la quantification :

- de *Salmonella* avec une sensibilité de 2 UFC par réaction de PCR ;
- d'*Escherichia coli* O157: H7, après une étape d'enrichissement (6h) à partir d'échantillons de lait cru et de jus de pomme de 1 UFC/mL.

Source : d'après "Reviews in Biology and Biotechnology" de Elyse Poitras et Alain Houde, Décembre 2002 ([/biochimie.umontreal.ca/](http://biochimie.umontreal.ca/))

## DOCUMENT 9 : contrôle qualité de la numération sanguine

### Document 9a : exemple de sang de contrôle qualité (XN CHECK)

Matériel de Contrôle Interne de la Qualité pour la XN-Series  
Contrôle de tous les paramètres de diagnostic  
Contrôle qualité interne et externe complet  
Comparable au sang humain



#### Contrôle qualité efficace

XN CHECK est un sang de contrôle spécialement conçu pour la gamme XN permettant de vérifier les fonctionnalités techniques et le système de réactifs de l'analyseur. Ce dispositif offre un contrôle qualité interne et externe efficace et fiable.

XN CHECK fournit des données d'analyse pour tous les paramètres de diagnostic : la formule leucocytaire, la myélémie, le nombre d'érythroblastes ainsi que les réticulocytes.

#### Fiabilité et large spectre clinique

XN CHECK est disponible en trois concentrations différentes. XN-CHECK niveau 2 couvre la plage normale, XN-CHECK niveau 1 est utilisé pour la plage anormale basse et XN-CHECK niveau 3 contrôle la plage anormale haute.

### Document 9b : exemple de valeurs limites inférieures et supérieures et de l'intervalle de confiance pour la numération du contrôle qualité des érythrocytes (RBC) et des leucocytes (WBC)

	WBC $10^3/\mu\text{L}$	RBC $10^6/\mu\text{L}$
Range	2,9 - 3,5	2,35 - 2,55
Mean	3,2	2,45
Limit %	10,0	4,0

Source : site sysmex ([www.sysmex.fr/](http://www.sysmex.fr/))

## ANNEXE 3 : AIDE-MÉMOIRE DE MÉTROLOGIE

On considère que les qualités de justesse et de fidélité des procédures de mesure utilisées ont été étudiées et reconnues.

### 1. Vérification de la bonne exécution de la procédure

Lorsqu'un mesurage est effectué, deux types de vérification sont possibles afin de pouvoir accepter les valeurs mesurées obtenues pour des échantillons inconnus.

On peut effectuer, dans la même série de mesurages :

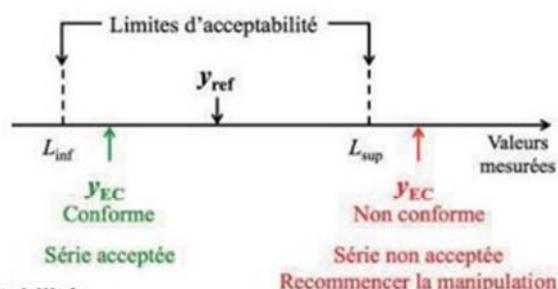
- un essai sur un étalon de contrôle ; la valeur mesurée obtenue est notée  $y_{EC}$ .
- un ou deux essais sur chacun des échantillons à doser.

#### 1.1 Vérification de l'exactitude de mesure à l'aide d'un étalon de contrôle

On dispose d'un étalon de contrôle avec sa valeur conventionnelle ( $y_{ref}$ ) ainsi que ses limites d'acceptabilité ( $L_{inf}$  et  $L_{sup}$ ). On recherche si la valeur mesurée ( $y_{EC}$ ) est comprise dans l'intervalle d'acceptabilité, soit :  $L_{inf} \leq y_{EC} \leq L_{sup}$

**Si la valeur mesurée  $y_{EC}$  appartient à l'intervalle d'acceptabilité :**

- la valeur mesurée  $y_{EC}$  est **exacte**, donc **conforme** : l'exécution de la procédure de mesure est satisfaisante dans les conditions du jour ;
- en conséquence, les valeurs mesurées obtenues pour les échantillons inconnus dans la même série sont **acceptées**.



**Si la valeur mesurée  $y_{EC}$  n'appartient pas à l'intervalle d'acceptabilité :**

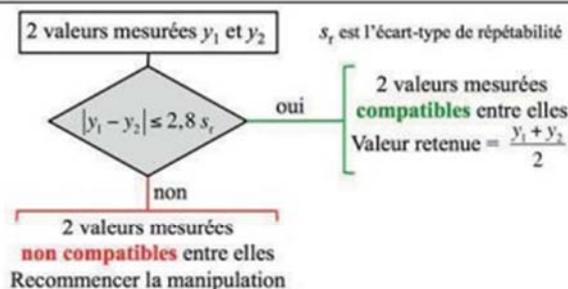
- la valeur mesurée n'est **pas exacte** donc **non conforme** : l'exécution de la procédure de mesure n'est pas satisfaisante dans les conditions du jour ;
- en conséquence, les valeurs mesurées de toute la série **ne sont pas acceptées**; il faut rechercher l'origine de la mauvaise exactitude avant de recommencer la manipulation<sup>1</sup>.

#### 1.2 Vérification de la compatibilité métrologique dans le cas de deux essais effectués en répétabilité

Soient deux valeurs mesurées ( $y_1$  et  $y_2$ ) pour un même échantillon et l'écart-type de répétabilité ( $s_r$ ) de la procédure de mesure correspondant à cet échantillon. Le logigramme de compatibilité à appliquer est le suivant :

**Si les deux valeurs mesurées sont compatibles :**  
la valeur retenue est la moyenne.

**Si les deux valeurs mesurées ne sont pas compatibles :** il faut en rechercher la cause et recommencer la manipulation<sup>2</sup>.



### 2. Guide pour l'expression du résultat de mesure

L'incertitude élargie ( $U$ ) est directement donnée avec son niveau de confiance ou calculée en multipliant l'incertitude-type composée ( $u_c$ ) par le facteur d'élargissement  $k$ , par exemple  $k = 2$  pour un niveau de confiance de 95 %.

L'incertitude élargie est ensuite arrondie. Selon les cas :

- si le premier chiffre significatif est 1, 2, 3 ou 4 : garder deux chiffres significatifs après arrondissement;
- si le premier chiffre significatif est 5 ou plus : garder un chiffre significatif après arrondissement.

La valeur retenue du résultat est arrondie de la façon suivante : le dernier chiffre significatif doit être à la même position décimale que le dernier chiffre de l'incertitude élargie.

**Expression du résultat de mesure :**

**Grandeur mesurée (analyte ; système) = (valeur retenue  $\pm U$ ) unité**

<sup>1 et 2</sup> Si pour des raisons matérielles, il n'est pas possible de recommencer les manipulations, le candidat poursuivra l'exploitation de ses valeurs mesurées afin d'exprimer un résultat de mesure de façon complète mais en signalant clairement que ce résultat n'est pas « acceptable » au sens métrologique.