

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

Série : **Sciences et Technologies de Laboratoire**

Spécialité : **Biochimie – Génie biologique**

SESSION 2012

Épreuve de Biochimie - Biologie

Durée : 4 heures

Coefficient : 6

L'usage de la calculatrice n'est pas autorisé.

Ce sujet comporte **15** pages.

La page **13** est **à rendre avec la copie.**

Les trois parties doivent être rédigées sur des copies séparées.

Répartition des points

I - Biochimie	7 points
II - Biologie humaine	7 points
III - Microbiologie	6 points

I. BIOCHIMIE (7 points)

Du raisin au vin : fermentations alcoolique et malolactique

Le vin est une boisson alcoolisée provenant exclusivement de la fermentation du raisin. Après l'égrappage et l'éclatement des baies, le moût (jus) de raisin est mis en cuve de fermentation où la matière première subit une fermentation alcoolique sous l'action de levures, suivie souvent par une fermentation malolactique (transformation de l'acide malique en acide lactique) sous l'action de bactéries lactiques. Une grande variété de méthodes de maturation et de stockage complète la vinification.

I.1. Les glucides du moût de raisin : structure, propriétés

Le moût de raisin est très riche en glucides : il contient essentiellement du glucose et du fructose et une faible quantité d'autres glucides : arabinose, xylose, ribose ...

- I.1.1. Écrire les formules linéaires du D-glucose et du D-fructose en représentation de Fischer.
- I.1.2. A partir des deux formules linéaires, définir la série D.
- I.1.3. Dégager la différence structurale majeure entre ces deux oses.
- I.1.4. Indiquer si ces oses sont actifs sur la lumière polarisée. Justifier la réponse.

Le glucose et le fructose proviennent de l'hydrolyse du saccharose dont la structure est donnée dans le **document 1**.

- I.1.5. Le saccharose est un diholoside. Définir ce terme.
- I.1.6. A partir du **document 1**, donner le nom en nomenclature officielle du saccharose.
- I.1.7. Écrire la réaction d'hydrolyse du saccharose (noms et formules chimiques exigés selon la représentation de Haworth).
- I.1.8. Expérience : une série de trois tubes à essais est préparée comme indiqué dans le tableau suivant :

tubes	1	2	3	Témoin +	Témoin -
contenu	glucose	fructose	saccharose	Glucide réducteur	Eau distillée
réactif	Liquueur de Fehling + chauffage				
résultat	Précipité rouge brique	Précipité rouge brique	Bleu limpide	Précipité rouge brique	Bleu limpide

- I.1.8.1. Expliquer le rôle des témoins.
- I.1.8.2. Interpréter les résultats en précisant la propriété chimique mise en évidence par cette expérience.
- I.1.8.3. Justifier les résultats en s'appuyant sur la structure des glucides considérés.

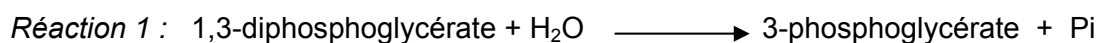
I.2. La fermentation alcoolique

Dans la vinification, la fermentation alcoolique est réalisée par des levures comme *Saccharomyces cerevisiae* à partir du fructose.

- I.2.1. Donner une définition du terme « fermentation ».
- I.2.2. La fermentation alcoolique du fructose emprunte une partie de la voie de la glycolyse (**document 2**).
 - I.2.2.1. Reporter sur la copie les numéros de 1 à 10 et nommer les molécules identifiées.
 - I.2.2.2. Écrire les formules chimiques semi développées du pyruvate et du produit final de fermentation.
- I.2.3. Nommer **l'enzyme E11** qui catalyse la dernière réaction de la chaîne métabolique présentée (**document 2**).
- I.2.4. Expliquer pourquoi cette enzyme appartient à la classe des oxydo-réductases. Etablir le bilan moléculaire de la fermentation alcoolique du fructose.
- I.2.5. Le moût de raisin peut contenir jusqu'à 250 g.L^{-1} de sucres fermentescibles. Sachant que 1° d'alcool est obtenu pour 18 g.L^{-1} de sucres fermentescibles, donner la valeur du degré d'alcool maximal d'un vin.

I.3. Aspect énergétique de la fermentation alcoolique

- I.3.1. La variation d'enthalpie libre standard à pH 7 de la fermentation alcoolique d'une mole de fructose est $\Delta G^0 = -221 \text{ kJ.mol}^{-1}$.
En déduire la caractéristique thermodynamique de cette voie.
- I.3.2. Soient les deux réactions suivantes impliquées dans un couplage énergétique :



Données : ΔG^0 , réaction 1 = -49 kJ.mol^{-1} ;

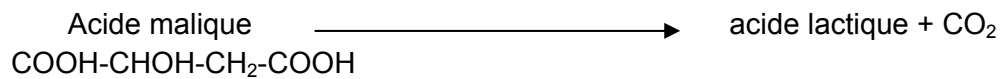
ΔG^0 , réaction 2 = $+30 \text{ kJ.mol}^{-1}$

- I.3.2.1. Ecrire l'équation bilan de ce couplage énergétique.
- I.3.2.2. Calculer la variation d'enthalpie libre standard de la réaction de ce couplage.
- I.3.2.3. Indiquer le nom de ce mode de production d'ATP.
- I.3.2.4. Proposer une définition de l'expression « couplage énergétique ».
- I.3.2.5. En utilisant les résultats précédents, déduire la quantité d'énergie en kJ.mol^{-1} récupérée sous forme d'ATP par mole de fructose fermentée.

I.4. La fermentation malolactique

La fermentation malolactique est réalisée par des bactéries lactiques qui transforment l'acide malique présent dans le moût de raisin en acide lactique. Cette fermentation, qui a lieu après la fermentation alcoolique, est utilisée dans la fabrication de certains vins, pour les rendre moins acides et plus agréables en bouche.

L'équation globale de la fermentation malolactique peut s'écrire :



I.4.1. Ecrire la formule chimique semi-développée de l'acide lactique.

I.4.2. En comparant les formules de l'acide malique et de l'acide lactique, proposer une hypothèse quant à l'évolution du pH du vin au cours de cette fermentation malolactique.

II. BIOLOGIE HUMAINE (7 points)

Production et maturation des spermatozoïdes

Les spermatozoïdes transportent l'information génétique paternelle vers un ovocyte afin de permettre la formation d'un embryon et la perpétuation de l'espèce.

Ce rôle de transport implique des caractéristiques cellulaires spécifiques qui sont acquises au cours de la spermatogenèse mais aussi, pour certaines d'entre elles, dans les voies spermatiques et dans les voies génitales féminines.

Les mécanismes de régulation de la spermatogenèse sont aujourd'hui bien connus. Différentes équipes de recherche essaient de mettre au point une méthode de contraception hormonale capable de bloquer la spermatogenèse chez l'homme.

II.1. Spermatogenèse et structure des spermatozoïdes

II.1.1. La spermatogenèse se déroule en trois grandes étapes présentées dans le **document 3**.

- II.1.1.1. Reporter **sur la copie** les lettres A, B et C du **document 3** et donner les noms des étapes de la spermatogenèse.
- II.1.1.2. Reporter **sur la copie** les numéros 1 à 5 du **document 3** et donner les noms des cellules de la lignée germinale.
- II.1.1.3. Préciser pour chacune des cellules précédemment numérotées, le nombre de chromosomes présents.
- II.1.1.4. Au cours de l'étape B, des événements affectant les chromosomes sont à l'origine d'une diversité génétique importante dans l'espèce humaine. Citer le nom d'un de ces événements.

II.1.2. Le **document 4** présente l'ultrastructure d'un spermatozoïde immature.

- II.1.2.1. Reporter sur la copie, les numéros 1 à 5, ainsi que les régions A, B et C du **document 4** et donner les noms des structures et des régions représentées.
- II.1.2.2. Rappeler le rôle de l'acrosome dans les voies génitales féminines.
- II.1.2.3. Nommer les voies anatomiques empruntées par les spermatozoïdes à l'intérieur de l'appareil génital masculin depuis leur lieu de production jusqu'à leur lieu d'émission.

II.2. Maturation des spermatozoïdes et fécondation

Lors de la rencontre avec l'ovocyte, l'interaction des spermatozoïdes avec la zone pellucide est une étape indispensable à la fécondation. Cette interaction dans les voies génitales femelles est spécifique de l'espèce.

Le **document 5** présente les résultats de deux expériences dans lesquelles des spermatozoïdes de bélier ont été prélevés soit dans les testicules, soit à différents niveaux de l'épididyme, soit dans le sperme issu de l'urètre.

- Expérience 1 : Les spermatozoïdes ont été mis *in vitro* au contact d'ovocytes de brebis (sperme et ovocyte de la même espèce).
- Expérience 2 : Les spermatozoïdes ont été mis *in vitro* au contact d'ovocytes de rate (sperme et ovocyte d'espèces différentes).

Une observation au microscope a ensuite permis de déterminer la proportion d'ovocytes qui présentaient des spermatozoïdes liés à la zone pellucide.

II.2.1. Analyser les résultats de l'expérience 1 et en déduire dans quelle partie de l'appareil génital mâle a lieu l'acquisition par les spermatozoïdes de leur capacité d'interaction avec la zone pellucide.

II.2.2. Comparer les résultats de l'expérience 2 à ceux de l'expérience 1. En déduire les lieux d'acquisition de la spécificité de l'espèce.

II.3. Régulation de la fonction testiculaire

La spermatogenèse est stimulée directement ou indirectement par plusieurs hormones.

II.3.1. Reporter sur la copie le nom des hormones X, Y et Z, figurant sur le **document 6**.

II.3.2. Préciser la nature biochimique de l'hormone Z.

II.3.3. A partir de vos connaissances, nommer le mécanisme de régulation M présenté sur le **document 6**.

II.4. Contraception masculine

En 2004, des scientifiques ont étudié, chez un groupe d'une quinzaine d'hommes volontaires, l'effet d'implants sous-cutanés contenant de la testostérone. Les implants ont été renouvelés toutes les douze semaines.

Trois paramètres ont été étudiés pendant 48 semaines :

- La concentration plasmatique en hormone lutéinisante (LH),
- La concentration plasmatique en hormone folliculostimulante (FSH),
- Le pourcentage d'infertilité.

Les résultats sont présentés dans le **document 7**.

Aucun effet secondaire n'a été observé chez les sujets ni pendant, ni après l'expérience.

II.4.1. Décrire les résultats obtenus pour les trois paramètres étudiés.

II.4.2. Expliquer les effets du traitement sur les concentrations hormonales plasmatiques observées. En déduire le rôle physiologique de cette contraception.

III. MICROBIOLOGIE (6 points)

Étude de l'espèce *Lactococcus lactis*

L'espèce *Lactococcus lactis* est largement utilisée dans l'industrie alimentaire pour la production de fromages et de laits fermentés. Ces bactéries ont un rôle dans la production du caillé (prise en masse du lait) servant à la fabrication du fromage.

III.1. Structure bactérienne et métabolisme respiratoire

Lactococcus est une bactérie Gram positif, pouvant cultiver en aérobiose et fermentant le glucose.

III.1.1. Réaliser un schéma légendé et orienté de la paroi d'une bactérie Gram positif.

III.1.2. Expliquer le lien entre la structure de la paroi et le résultat obtenu pour la coloration de Gram de *Lactococcus*.

III.1.3. Expliquer l'aspect du résultat d'une culture de *Lactobacillus* sur la gélose viande-foie.

III.1.4. La catalase est recherchée pour les bactéries Gram positif.

III.1.4.1. Écrire l'équation de la réaction catalysée par cette enzyme.

III.1.4.2. Indiquer l'intérêt pour une bactérie « catalase plus » de posséder cette enzyme.

III.2. Croissance bactérienne et production de la nisine par les bactéries lactiques

La nisine est une molécule synthétisée naturellement par l'espèce *Lactococcus lactis*. La cinétique de la production de la nisine est étudiée parallèlement à celle de la croissance bactérienne.

III.2.1. Étude de la courbe de croissance de *Lactococcus lactis*.

La courbe 1 du **document 8** représente la courbe de croissance de *Lactococcus lactis* : $\ln N = f(\text{temps})$ en milieu non renouvelé.

N représente une évaluation de la population bactérienne dans le milieu.

III.2.1.1. Déterminer graphiquement sur la courbe 1 du document 8, la vitesse spécifique de croissance pendant la phase exponentielle de croissance.

La construction graphique est à reporter sur le **document 8 (à rendre avec la copie)**

III.2.1.2. Définir le temps de génération G .

Écrire la formule reliant G à la vitesse spécifique de croissance.

Calculer G en minutes à l'aide de la feuille d'aide aux calculs **des documents 9 A et 9 B**.

III.2.2. Phase de production de la nisine.

La courbe 2 du **document 8** représente la production de la nisine qui est dosée dans le milieu de culture lors de la croissance de *Lactococcus lactis*.

III.2.2.1. Cette courbe présente trois parties. Analyser chacune de ces parties.

III.2.2.2. À l'aide du **document 8**, nommer la phase de croissance pendant laquelle la nisine est produite.

III.3. Obtention de nouvelles souches productrices de nisine

Lactococcus lactis peut transférer par conjugaison à d'autres espèces proches comme *Leuconostoc mesenteroides*, les gènes codant la production de la nisine. Ces gènes sont situés sur un plasmide.

III.3.1. Donner une définition du terme « plasmide » en précisant ses caractères structuraux.

III.3.2. Expliquer, à l'aide d'un schéma légendé, le mécanisme du transfert de plasmide par conjugaison.

III.3.3. Indiquer la conséquence directe de ce transfert pour *Leuconostoc mesenteroides*.

III.4. Stabilisation microbiologique des denrées alimentaires

La nisine a une activité analogue à celle d'un antibiotique. Elle est retrouvée dans le lait cru où elle joue un rôle protecteur contre le développement d'espèces pathogènes comme *Listeria monocytogenes*. Elle est autorisée comme additif alimentaire en tant que conservateur.

Lactococcus peut être utilisé en pulvérisation sur les aliments pour améliorer leur stabilisation.

III.4.1. Donner la définition du terme « antibiotique ».

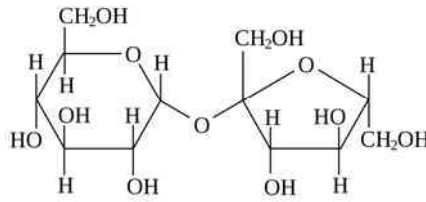
III.4.2. En vous appuyant sur le rôle de la nisine, définir l'expression « stabilisation microbiologique d'un aliment ».

III.4.3. Les bactéries lactiques permettent la fabrication du yaourt, forme de conservation du lait.

Préciser le paramètre physico-chimique permettant la conservation et expliquer en quoi le yaourt est une forme de stabilisation microbiologique du lait.

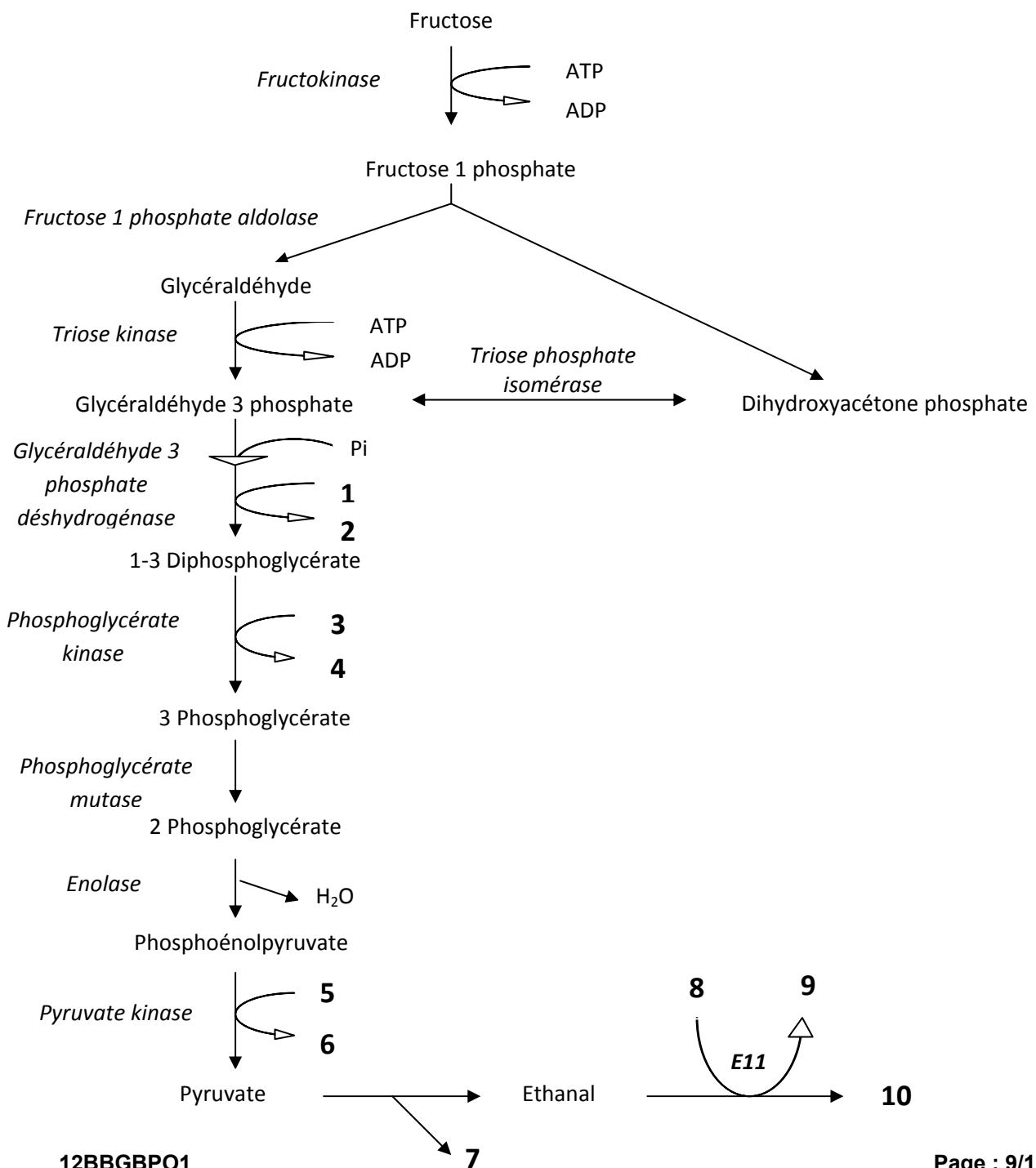
DOCUMENT 1

Structure du saccharose



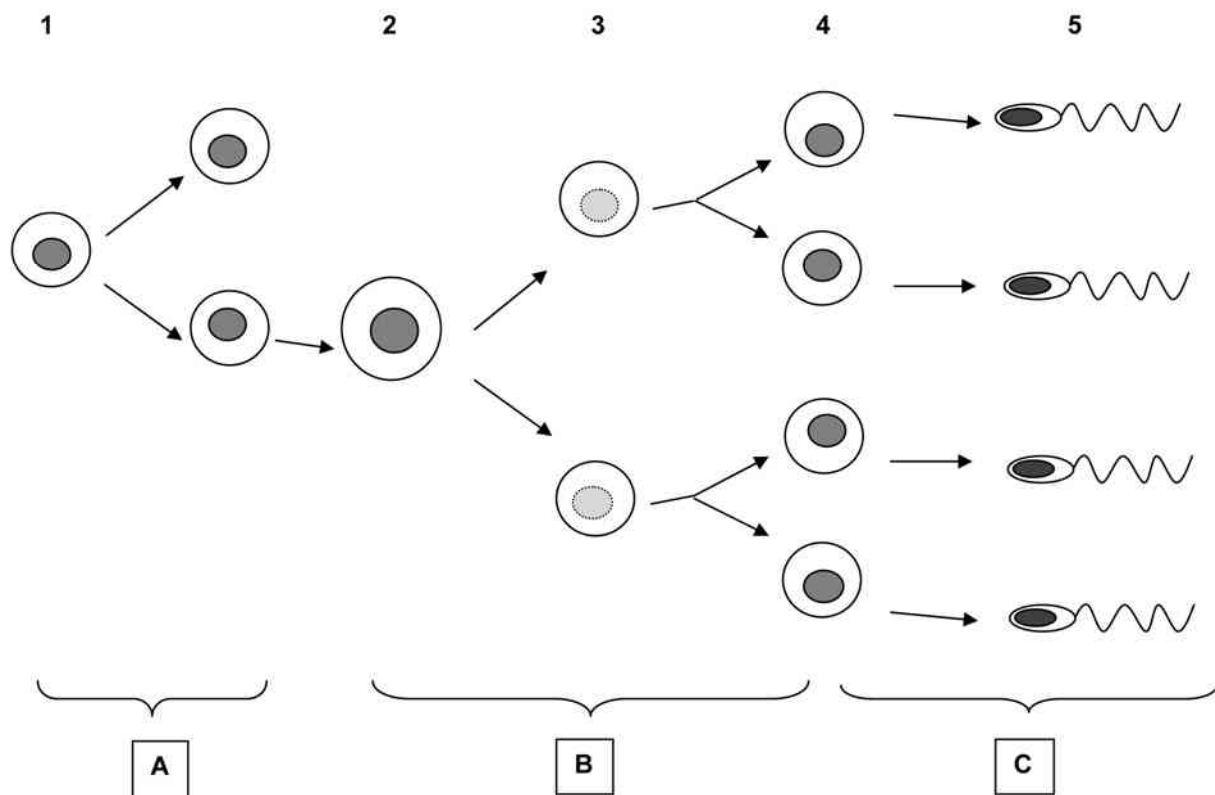
DOCUMENT 2

Fermentation alcoolique du fructose



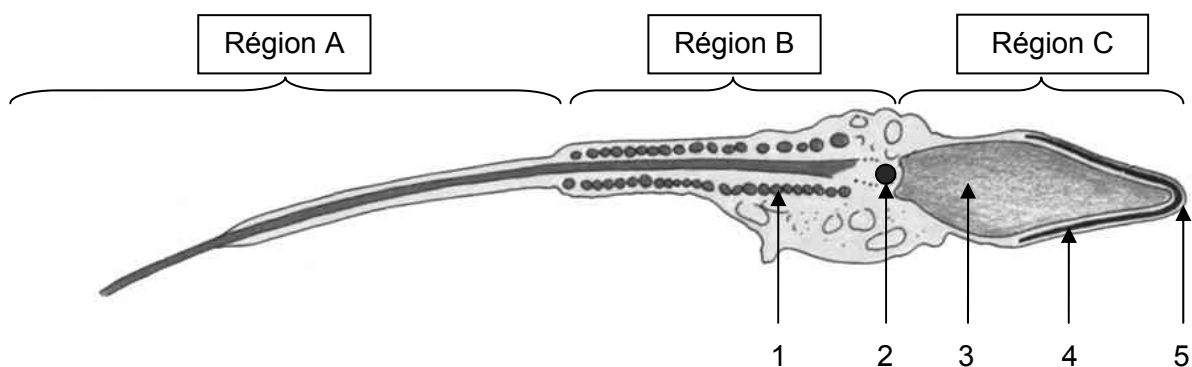
DOCUMENT 3

Étapes de la spermatogenèse



DOCUMENT 4

Ultrastructure d'un spermatozoïde immature



DOCUMENT 5

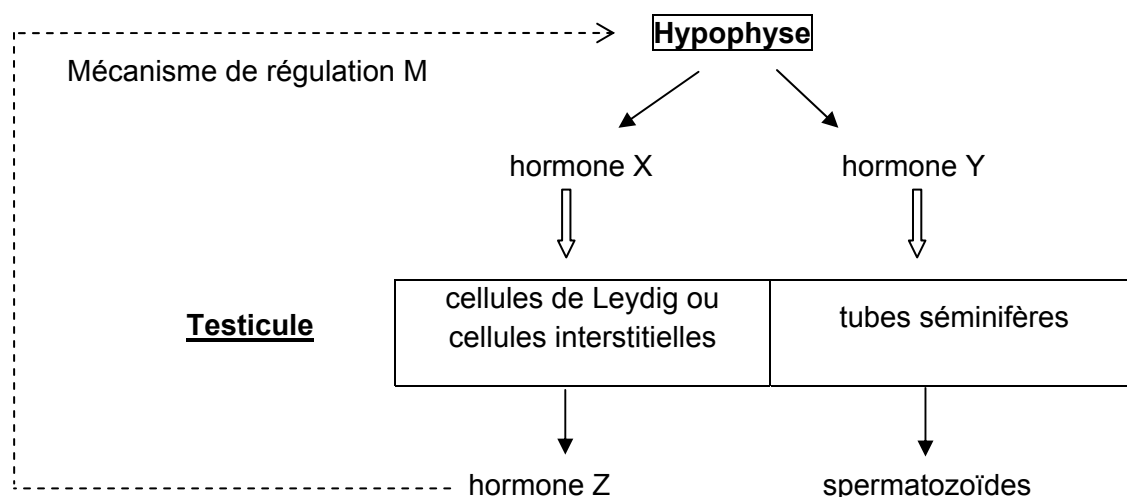
Étude de la capacité d'interaction des spermatozoïdes avec la zone pellucide d'ovocyte

		Sites de prélèvement des spermatozoïdes				
		Tubes séminifères	Tête de l'épididyme	Corps de l'épididyme	Queue de l'épididyme	Sperme issu de l'urètre
<u>Expérience 1</u> : spermatozoïdes de bélier en contact avec ovocytes de brebis	Proportion d'ovocytes présentant des spermatozoïdes liés à la zone pellucide après contact (%)	0	60	100	100	100
<u>Expérience 2</u> : spermatozoïdes de bélier en contact avec ovocytes de rate	Proportion d'ovocytes présentant des spermatozoïdes liés à la zone pellucide après contact (%)	0	60	100	100	0

(d'après *Reproduction in Mammals and Man*, Thibault et Levasseur, Ellipses, 1993)

DOCUMENT 6

Régulation hormonale du fonctionnement testiculaire

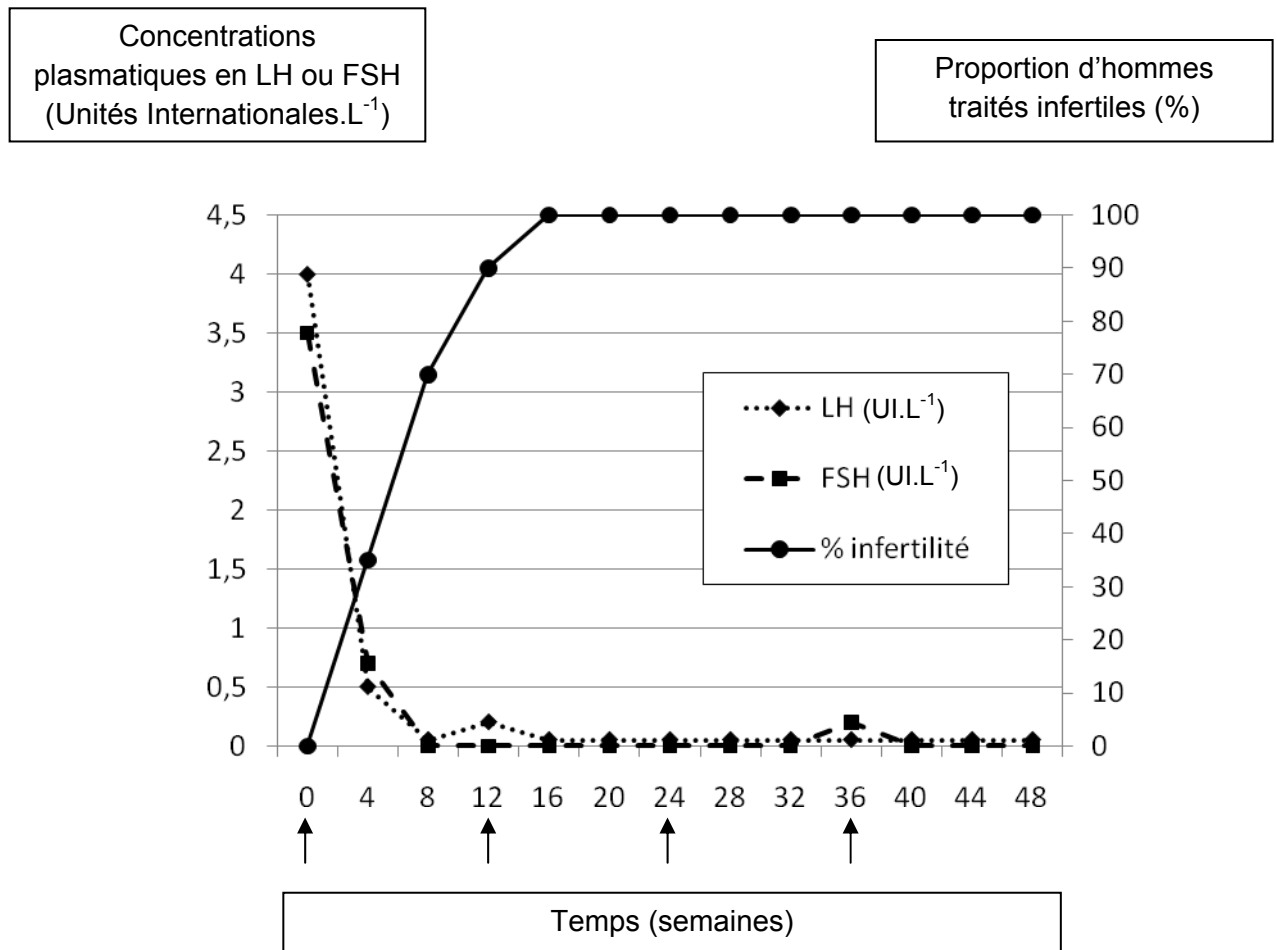


Légendes :

Agit sur
 Produit

DOCUMENT 7

Étude des effets de la testostérone administrée sous forme d'implants sous-cutanés chez l'homme



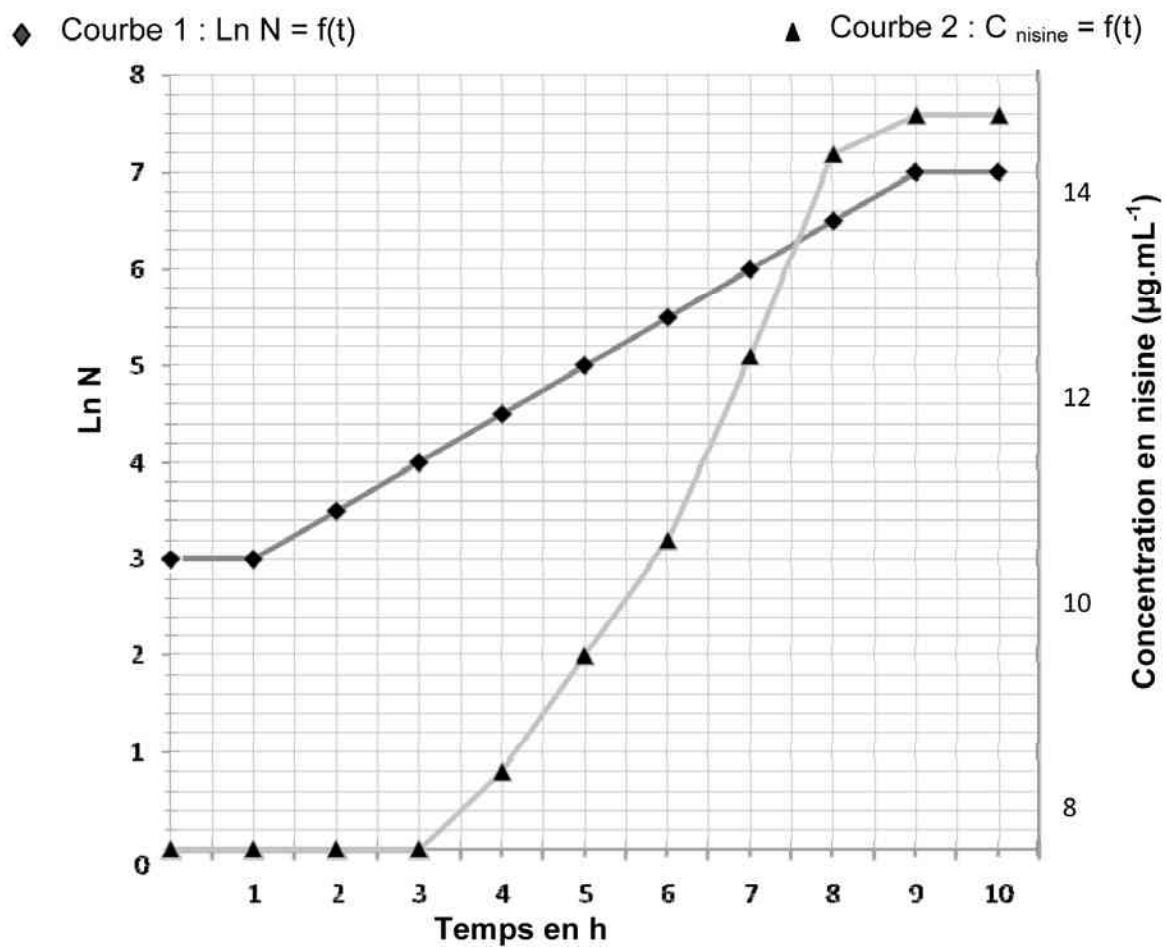
- ↑ : mise en place et renouvellement de l'implant.
- % **infertilité** : représente la proportion d'hommes traités présentant un nombre de spermatozoïdes par litre de sperme trop faible pour permettre une fécondation.

(d'après Brady et coll., *Human Reproduction* Vol.19, No.11 pp. 2658–2667, 2004)

DOCUMENT 8

A RENDRE AVEC LA COPIE

Courbes de croissance de *Lactococcus lactis* en milieu non renouvelé
et de production de la nisine



DOCUMENT 9 A

Feuille d'aide aux calculs n° 1

X	X x Ln2	Ln2 / X	X / Ln2
0	0		0,0
0,1	0,07	7,0	0,1
0,2	0,14	3,5	0,3
0,3	0,21	2,3	0,4
0,4	0,28	1,8	0,6
0,5	0,35	1,4	0,7
0,6	0,42	1,2	0,9
0,7	0,49	1,0	1,0
0,8	0,56	0,9	1,1
0,9	0,63	0,8	1,3
1	0,7	0,7	1,4
1,1	0,77	0,6	1,6
1,2	0,84	0,6	1,7
1,3	0,91	0,5	1,9
1,4	0,98	0,5	2,0
1,5	1,05	0,5	2,1
1,6	1,12	0,4	2,3
1,7	1,19	0,4	2,4
1,8	1,26	0,4	2,6
1,9	1,33	0,4	2,7
2	1,4	0,4	2,9

DOCUMENT 9 B

Feuille d'aide aux calculs n° 2

Conversion d'unité de temps

X	X x 60	X / 60
0	0	0,000
0,1	6	0,002
0,2	12	0,003
0,3	18	0,005
0,4	24	0,007
0,5	30	0,008
0,6	36	0,010
0,7	42	0,012
0,8	48	0,013
0,9	54	0,015
1	60	0,017
1,1	66	0,018
1,2	72	0,020
1,3	78	0,022
1,4	84	0,023
1,5	90	0,025
1,6	96	0,027
1,7	102	0,028
1,8	108	0,030
1,9	114	0,032
2	120	0,033