

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur  
et de la Recherche Scientifique  
Université Frères Mentouri- Constantine 1

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

# Travaux Dirigés de Génétique

Licence II Sciences de la Nature et de la Vie :

- Sciences biologiques
- Biotechnologies
- Ecologie et environnement

Réalisé par : BOULDJADJ R ; BECHKRI S



Année universitaire 2023-2024



## Table des matières

	<b>Page</b>
<b>TD 1</b> : Les divisions cellulaires.....	<b>01</b>
<b>TD 2</b> : Le monohybridisme chez les diploïdes (cas classique et cas particuliers) .....	<b>04</b>
<b>TD 3</b> : Le dihybridisme chez les diploïdes (ségrégation indépendante de 2 gènes) .....	<b>08</b>
<b>TD 4</b> : Le dihybridisme chez les diploïdes (liaison de deux gènes).....	<b>12</b>
<b>TD 5</b> : Le test trois points.....	<b>15</b>
<b>TD 6</b> : Le monohybridisme chez les haploïdes .....	<b>17</b>
<b>TD 7</b> : Le dihybridisme chez les haploïdes .....	<b>20</b>
<b>TD 8</b> : Structure des acides nucléiques .....	<b>24</b>
<b>TD 9</b> : La réplication de l'ADN .....	<b>27</b>
<b>TD 10</b> : La synthèse protéique (transcription et traduction .....	<b>29</b>
<b>TD 11</b> : Les mutations chromosomiques et les mutations géniques .....	<b>32</b>

# TD 1 : Les divisions cellulaires

## Objectifs de l'enseignement

Ce TD permet à l'étudiant :

- D'identifier les différentes phases du cycle cellulaire (Mitose et méiose) à partir d'observations microscopiques d'une cellule diploïde.
- De mettre en relation l'état des chromosomes avec les phases du cycle cellulaire.
- D'acquérir des connaissances en biologie cellulaire pour une bonne compréhension des notions de bases de la génétique à savoir la génétique mendélienne et moléculaire.

## Connaissances préalables recommandées pour réaliser ce TD

L'étudiant doit avoir des connaissances en biologie cellulaire, biologie animale, biologie végétale ainsi que sur les cours des divisions cellulaires.

## Mots clés

ADN, génome, chromosome homologue, chromatine, chromatide, cellule diploïdie, cellule haploïde, cycle cellulaire, mitose, méiose, gamétogenèse, gamète, spermatogenèse, ovogenèse...

## Exercice 1

Répondre par **vrai** ou **faux** aux affirmations suivantes :

### La mitose

- 1- L'interphase et la mitose, ensemble, constituent le cycle cellulaire.....
- 2- La mitose permet de séparer les chromosomes homologues. . . . .
- 3- Au cours de l'anaphase, il y a une répartition homogène de l'information génétique . . . . .
- 4- Seuls les gamètes sont les cellules haploïdes chez les organismes supérieurs . . . . .
- 5- Les cellules somatiques d'un organisme diploïde sont toutes à  $2n$  chromosomes . . . . .
- 6- La membrane nucléaire se forme autour des ensembles nouvellement formés des chromosomes fils au cours de la télophase.....
- 7- La duplication des chromatides se fait lors de la prophase . . . . .

### La méiose

- 1- L'anaphase I commence par la division des centromères de chaque chromosome . . . . .
- 2- A l'anaphase II, les deux chromatides sœurs de chaque chromosome se séparent, il en résulte deux chromosomes-fils attachés chacun à un centromère-fils . . . . .
- 3- La méiose sépare les paires de chromosomes, la fécondation les réunit . . . . .
- 4- L'enjambement des chromatides permet à des chromatides non sœurs d'échanger des gènes . . . . .
- 5- Dans les cellules filles issues de la division I de la méiose, la quantité d'ADN est diploïde . . . . .
- 6- Les centromères ne se divisent pas lors de la méiose I. . . . .
- 7- Une cellule à la prophase I de la méiose a la moitié du nombre de chromosomes qu'une cellule à la prophase II . . . . .
- 8- Le crossing-over a lieu au cours du stade diplotène de la prophase I, de la méiose I . . . . .

## Exercice 2

Chez l'homme, le nombre chromosomique est  $2n=46$ .

- Combien de chromosomes trouvera-t-on dans les cellules somatiques du mâle ? ....
- Combien de chromosomes trouvera-t-on dans les gamètes femelles ? .....
- Combien compte-t-on de chromatides à la métaphase mitotique ? .....
- Combien de chromosomes une fille reçoit-elle de son père ? .....
- Combien d'autosomes trouve-t-on dans un gamète ? .....
- Combien de chromosomes sexuels trouve-t-on dans un ovule ? .....
- Combien d'autosomes y a-t-il dans une cellule somatique chez une femelle ? .....

## Exercice 3

Chez la grenouille, le nombre chromosomique est  $2n=26$ .

- Combien de chromosomes trouve-t-on chez le zygote ? .....
- Combien de chromosomes sexuels trouve-t-on dans le zygote ? .....
- Combien de chromosomes sont présents en métaphases I de la méiose ? .....
- Combien de chromatides sont présentes en métaphases I de la méiose ? .....
- Combien de chromosomes sont présents en métaphases II de la méiose ? .....
- Combien de chromatides sont présentes en métaphases II de la méiose ? .....
- Combien de chromosomes migrent à chaque pôle durant l'anaphase de la mitose ? .....

## Exercice 4

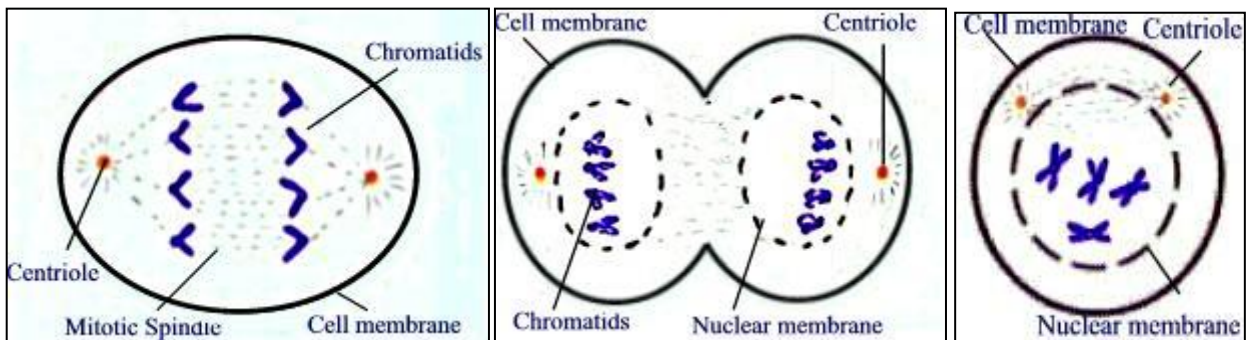
Compléter les vides :

- La mitose se passe toujours au niveau des cellules .....
- La méiose se passe toujours au niveau des cellules .....
- La mitose est une division .....
- A la mitose nous obtenons à partir d'une cellule diploïde .....
- Les gamètes sont des cellules .....
- La production de gamètes mâles est appelée .....
- La membrane nucléaire se brise en éclats au début de la .....
- La plaque équatoriale du fuseau mitotique est formé au cours de la .....
- Les chromatides se séparent pour former deux ensembles de chromosomes fils au cours de .....
- La période durant laquelle l'ADN est synthétisé s'appelle .....
- Le fuseau mitotique est constitué de microtubules qui sont des polymères d'une sous-unité protéique de .....
- La migration des chromosomes est rendue possible par la liaison des microtubules du fuseau à une structure associée au centromère de chaque chromosome : le .....

- La cytokinèse est la division du .....
- Un événement méiotique appelé ..... produit un échange génétique entre les chromosomes homologues
- Le complexe ..... est formé entre les chromosomes homologues
- La prophase I de méiose est subdivisée en 5 stades :  
.....  
.....
- Lorsque le stade zygotène s'achève, les paires de chromosomes homologues sont présentes sous forme de .....
- Chaque tétrade contient deux paires de .....
- Lors du diacinèse, les chromosomes se séparent d'avantage, mais les chromatides non -sœurs restent encore attachées au niveau des .....
- Lors de l'anaphase I, la moitié de chaque ..... (une .....) migre vers chaque pôle de la cellule en division
- La télophase II révèle un membre de chaque paire de chromosomes homologues à chaque pôle. Chaque chromosome est appelé .....

**Exercice 5**

Quelles étapes de la mitose sont représentées sur les schémas ci-dessous? (Mitotic Spindle = fuseau mitotique).



.....

**Exercice 6**

Schématiser les étapes d'une mitose et celles d'une méiose dans une cellule à  $2n=8$ , en précisant le nombre de chromosomes et celui de chromatides à chaque phase.

## **TD 2 : Le monohybridisme chez les diploïdes (cas classique et cas particuliers)**

### **Objectifs de l'enseignement**

Ce TD permet à l'étudiant :

- D'acquérir les notions fondamentales de la génétique mendélienne (Vérifier la bonne compréhension de la terminologie ainsi que du mode de transmission d'un seul caractère...)
- De faire le rapprochement entre les résultats expérimentaux du mode de transmission d'un seul caractère entre les générations, et la théorie génétique.
- De maîtriser la première loi de Mendel ou loi d'uniformité (tous les hybrides de première génération issus du croisement de deux lignées pures se ressemblent et présentent le caractère de l'un des parents et de lui seul)
- D'avoir une maîtrise de la deuxième loi de Mendel ou loi de ségrégation (tous les hybrides de deuxième génération issus du croisement de deux hétérozygotes pour un même couple d'allèles ne se ressemblent pas et présentent l'un ou l'autre des caractères de la génération parentale)
- Comprendre l'utilisation de l'échiquier de *Punnett* (Aussi appelé le tableau de croisement).
- De savoir reconnaître n'importe quel cas particulier du monohybridisme et de savoir interpréter les résultats des différents croisements.

### **Connaissances préalables recommandées pour réaliser ce TD**

L'étudiant doit avoir des connaissances sur les cours des divisions cellulaires, des notions fondamentales de la génétique mendélienne et du monohybridisme.

### **Mots clés**

ADN, génome, gène, allèle chromosome homologue, caryotype, génotype, phénotype, caractère héréditaire, diploïdie, monohybridisme, dominance, récessivité, codominance, dominance incomplète, polyallélisme, gène létal, autofécondation, test-cross, back cross, méiose...

### **Exercice 1**

Soient 2 lignées de souris, l'une blanche, l'autre grise.

- 1- Qu'est-ce qu'une lignée pure ?
- 2- Comment peut-on se rendre compte de la pureté des lignées ?
- 3- On croise une blanche avec une grise ; la F1 est à 100% grise. Expliquez ce résultat ?
- 4- Un croisement entre des souris grises issues de la F1 produit 13 souris grises et 4 souris blanches. Expliquez ce résultat ?
- 5- Doit-on s'assurer de la pureté de la lignée blanche ?
- 6- On attrape une souris grise échappée dans un couloir ? Comment savoir si elle est de lignée pure ?

## Exercice 2

Un éleveur possède deux types de lapins : des lapins à poils courts et des lapins à poils longs. Il procède alors aux croisements suivants :

- 1- Lapins à poils courts x lapins à poils courts → 45 à poils courts et 14 à poils longs.
  - 2- Lapins à poils longs x lapins à poils longs → 60 à poils longs.
  - 3- Lapins à poils courts x lapins à poils longs → 29 à poils courts et 31 à poils longs.
- Quel est le phénotype dominant ?

- Expliquer les descendance obtenues

## Exercice 3

Quand des poulets à plumage gris sont croisés avec des poulets à plumage noir, leurs descendants sont 50% à plumage gris et 50% à plumage noir. Un croisement entre poulets à plumage gris produit 49 poulets à plumage blanc, 100 poulets à plumage gris et 51 poulets à plumage noir.

- 1- Précisez le déterminisme de la couleur du plumage chez le poulet.
- 2- Reconstituez les croisements effectués en notant les génotypes et les phénotypes des parents et des individus F1.
- 3- Donnez une interprétation chromosomique.

## Exercice 4

Une variété de visons possède un pelage blanc marqué d'une ligne dorsale noire. Croisés entre eux, ces visons donnent une génération dans laquelle on remarque 50% de visons blancs ligne dorsale noire, 25% de visons noirs et 25% de visons blancs.

- Expliquez ce résultat.

## Exercice 5

Chez l'homme, les groupes sanguins sont définis par le système « ABO » qui dépend du gène I avec les 3 allèles  $I^A$ ,  $I^B$ ,  $I^O$ . Les allèles  $I^A$  et  $I^B$  sont codominants et dominant tous deux l'allèle  $I^O$ . Déterminez les génotypes des parents des familles suivantes :

- Un parent du groupe (A), l'autre du groupe (B), mais les 4 groupes sont représentés chez les enfants.
- Les deux parents sont du groupe (A).  $\frac{3}{4}$  des enfants sont du groupe (A) et  $\frac{1}{4}$  sont du groupe (O)
- L'un des parents est (AB) et l'autre du groupe (B)

## Exercices complémentaires (hors-série)

### Exercice 6

On sélectionne au Mexique une souche de chiens à peau nue, les *Xolos*. En croisant un mâle et une femelle à peaux nues, un éleveur obtient au total de quatre portées dix-huit chiots, parmi lesquels onze ont la peau nue, les autres possédant un pelage. Par ailleurs six chiots mort-nés présentent de sévères dystrophies.

- 1- Le gène gouvernant le caractère "peau-nue" est-il dominant : H, ou récessif : h ?
- 2- Quels sont les génotypes des chiens à peau nue de la souche parentale, des chiens à peau nue de la F1, des chiens poilus de la F1 ?
- 3- Que peut-on dire à propos des chiots mort-nés ?

### Exercice 7

On peut distinguer trois types de radis selon la forme de leurs racines : longue, ronde ou ovale.

Les radis à racine longue croisés entre eux ne donnent que des radis à racine longue, les radis à racine ronde croisés entre eux ne donnent que des radis à racine ronde, alors que le croisement d'un radis à racine longue avec un radis à racine ronde donne un radis à racine ovale.

- 1- Quel est le couple d'allèles concerné ?
- 2- Donner le génotype de chaque type de radis.
- 3- Qu'obtiendrait-on en croisant :
  - Des radis à racine ovale entre eux ?
  - Des radis à racine ovale avec des radis à racine longue ?
  - Des radis à racine ovale avec des radis à racine ronde ?

### Exercice 8

La couleur des pois peut être grise ou blanche. On croise entre elles des plantes de génotype inconnu.

<u>crois.</u>	<u>Parents</u>	<u>F<sub>1</sub></u>	
		<u>Gris</u>	<u>Blanc</u>
1	(gris) x (blanc)	82	78
2	(gris) x (gris)	118	39
3	(blanc) x (blanc)	0	50
4	(gris) x (blanc)	74	0
5	(gris) x (gris)	90	0

- Précisez le déterminisme de la couleur des pois.
- Quels sont les génotypes des parents dans les croisements de 1 à 5 ?



### Exercice 9

On croise deux drosophiles de phénotype sauvage (+). Tous les individus F1 sont (+). Chaque individu F1 est ensuite croisé avec une mouche de phénotype sepia (s) [sepia est une mutation autosomale]. (+) et dominant sur (s)

- Comment s'appelle ce type de croisement ?

La moitié des croisements ne produisent que des individus (+); l'autre moitié produit des individus (+) et (s) dans un rapport de 1:1.

- Quels étaient les génotypes des deux drosophiles (+) de départ ?

### Exercice 10

Chez le soja, la couleur des cotylédons d'individus de génotype  $C^G C^G$  est vert foncé, celle des cotylédons d'individus  $C^G C^Y$  est vert clair et celle des cotylédons d'individus  $C^Y C^Y$  est jaune. Les plantules des individus  $C^Y C^Y$ , presque dépourvues de chloroplastes, sont incapables de se développer. On croise des plantes à feuilles vert foncé avec des plantes à feuilles vert clair. Une F2 est obtenue par croisement aléatoire des individus F1 entre eux. De quels génotypes et phénotypes seront les **plantes adultes** en F1 et en F2, et en quelles proportions ?

### Exercice 11

Chez l'homme, les groupes sanguins sont définis par le système « ABO » qui dépend du gène I avec les 3 allèles,  $I^A$ ,  $I^B$ , et  $I^O$ . Les allèles  $I^A$  et  $I^B$  sont codominants et dominant tous deux l'allèle  $I^O$ .

M. Dupond pense que Pierre n'est pas son fils et qu'il a été échangé à la maternité avec Marc attribué à M. Durand. Un examen de sang est effectué.

M. Dupond est du groupe A, sa femme du groupe B, et Pierre est du groupe O

M. Durand est du groupe B, sa femme est O et Marc est AB

Cette expertise éclaire-t-elle le problème ?

### Exercice 12

Une série pluri-allélique gouverne l'intensité de coloration chez la souris. **D** conduit à une coloration normale, **d** à une coloration pâle et **dl** est létal récessif. D domine d domine dl. Le croisement D/dl x d/dl est réalisé.

- 1- Représenter le croisement
- 2- Quelles sont les proportions des différentes catégories phénotypiques obtenues ?
- 3- Quel est le pourcentage des individus normaux portant l'allèle dl ?
- 4- Quel est le pourcentage des individus pâles portant l'allèle dl ?

## TD 3 : Le dihybridisme chez les diploïdes

### (Ségrégation indépendante de 2 gènes)

#### Objectifs de l'enseignement

L'objectif de ce TD est d'aider l'étudiant à :

- Faire des analyses d'hybridations dans le cas du dihybridisme (Le croisement de deux individus appartenant à deux lignées pures différant par deux caractères correspondant à deux couples d'allèles).
- Connaître la troisième loi de Mendel (Appelée loi d'association indépendante des caractères).
- Faire distinction entre le mode de ségrégation de deux gènes indépendants et deux gènes liés.
- Vérifier la bonne compréhension de la terminologie.
- Utiliser l'échiquier de *Punnett* pour expliquer des différents croisements.
- Maîtriser l'utilisation de La méthode des embranchements.

#### Connaissances préalables recommandées pour réaliser ce TD

L'étudiant doit avoir des connaissances sur les cours des notions fondamentales de la génétique mendélienne, du monohybridisme et du dihybridisme.

#### Mots clés

ADN, génome, gène, allèle, chromosome homologue, caryotype, génotype, phénotype, caractère héréditaire, diploïdie, dihybridisme, ségrégation indépendante de deux gènes, dominance, récessivité, codominance, dominance incomplète, polyallélisme, gène létal, autofécondation, test-cross, back cross, méiose...

#### Exercice 1

Le croisement entre un lapin à pelage coloré (c+) et court (a) par une lapine à pelage blanc (c) et angora (a+) a donné en F1 100% d'individus à pelage coloré et angora. Le croisement de ces F1 entre eux a donné la F2 suivante :

34 lapins à pelage coloré et angora

12 lapins à pelage coloré et court

14 lapins à pelage blanc et angora

4 lapins à pelage blanc et court

- 1- Quelles sont les relations de dominance et de récessivité ? Justifier
- 2- La première loi de Mendel est-elle applicable à ce type de croisement ? Si oui, énoncer cette loi.
- 3- Combien de gènes interviennent dans ce croisement ? Justifier
- 4- Ces gènes sont-ils liés ou indépendants ? Justifier
- 5- Représenter le croisement
- 6- Quelle sera la descendance du croisement F1 par un lapin à pelage blanc (c) et court (a) ?

## Exercice 2

Chez la tomate, la hauteur des plantes dépend d'une paire d'allèles (D-d) ; les plantes de grande taille sont porteuses de l'allèle dominant D. D'autre part, la pilosité des tiges dépend d'une paire d'allèles (H-h); l'allèle dominant H provoque la formation de tiges velues.

Un dihybride de grande taille à tige velue est croisé avec une plante naine à tige nue.

1- Comment s'appelle ce type de croisement ?

La F1 est constituée des plantes suivantes :

**118** grandes à tige velue      **121** naines à tige nue      **112** grandes à tige nue      **109** naines à tige velue

- Les gènes ségrégent-ils indépendamment ? Pourquoi ?
- Quels sont les génotypes des individus F1 ?

## Exercice 3

Chez le cochon d'Inde, le caractère [fourrure rude] (R) est dominant sur le caractère [fourrure angora] (r) ; le caractère [fourrure noire] (N) est dominant sur le caractère [fourrure blanche] (n). Les gènes responsables se transmettent indépendamment : On croise un cobaye à [fourrure rude et noire] de race pure, avec une femelle [fourrure angora et blanche] de race pure.

1- Quel sera le phénotype de la F1 ?

Un couple de cobayes à [fourrure rude et noire] ont deux petits : l'un à fourrure blanche et rude, et l'autre à fourrure noire et angora.

2- A quels phénotypes peut-on s'attendre à trouver dans d'autres portées de ces mêmes cobayes ?

## Exercice 4

Deux variétés de muflier, l'une à corolle blanche et personée et l'autre à corolle rouge à symétrie axiale ont été croisées. Toutes les plantes F1 sont à corolle rose personée. La F2 obtenue par croisement de plantes F1 entre elles est constituée de :

**373** rose, personée                      **187** blanche, personée                      **189** rouge, personée  
**126** rose à symétrie axiale              **62** rouge à symétrie axiale              **63** blanche à symétrie axiale

- 1- Interpréter les résultats : relation de dominance et de récessivité, nombre des gènes qui interviennent dans ce croisement, la liaison des gènes et représentation des croisements (justifier toutes vos réponses).
- 2- Quel sera le résultat d'un test cross ?

## Exercice 5

On croise deux drosophiles ( $vg^+e^+$ ). Tous les individus F1 sont ( $vg^+e^+$ ). Chaque individu F1 est ensuite croisé avec une mouche de phénotype vestigial et ebony ( $vg\ e$ ). Selon la constitution de la descendance, 4 types de croisements sont distingués :

- 1/4 des croisements produisent des individus ( $vg^+e^+$ ), ( $vg^+e$ ), ( $vg\ e^+$ ) et ( $vg\ e$ ) dans un rapport de 1 :1:1:1.
- 1/4 des croisements produisent des individus ( $vg^+e^+$ ) et ( $vg^+e$ ) dans un rapport de 1 :1.

- 1/4 des croisements produisent des individus ( $vg^+e^+$ ) et ( $vge^+$ ) dans un rapport de 1:1.
- 1/4 des croisements ne produisent que des individus ( $vg^+e^+$ ).

Sachant que le phénotype ailes normales dominant sur vestigiales et le phénotype corps gris dominant sur ebony

- Quel nom portent ces 4 croisements ?
- Quels étaient les génotypes des deux drosophiles ( $vg^+e^+$ ) de départ ?

## Exercices complémentaires (hors-série)

### Exercice 6

Un horticulteur a croisé des tulipes de souches pures, l'une à fleurs roses ( $r$ ) et feuilles entières ( $d^+$ ), l'autre à fleurs pourpres ( $r^+$ ) et feuilles découpées ( $d$ ). Les plantes F1 avaient toutes les fleurs pourpres et les feuilles entières. Des plantes F1 croisées entre elles ont fourni la descendance suivante :

890 plantes à fleurs pourpres et feuilles entières

305 plantes à fleurs pourpres et feuilles découpées

303 plantes à fleurs roses et feuilles entières

102 plantes à fleurs roses et feuilles découpées

- 1- Quelles sont les relations de dominance et de récessivité ? Justifier
- 2- Combien de gènes contrôlent chaque caractère ? Justifier
- 3- Les gènes sont-ils indépendants ? Justifier
- 4- Représenter le croisement
- 5- Quelle sera la descendance du croisement F1 par une plante à fleurs roses et feuilles découpées ?

### Exercice 7

Des souris femelles jaunes à poils courts sont croisées avec des mâles jaunes à poils longs, en F1 on obtient :

**102** souris jaunes poils longs                      **49** souris grises à poils longs

- 1- Les souris sont-elles de lignées pures ?
- 2- Quelle hypothèse numérique peut-on proposer pour expliquer les résultats numériques ?
- 3- Que conclure sur les caractères indiqués ?

Les souris grises de la F1 sont croisées avec des mâles de la lignée jaune à poils courts. On obtient dans la descendance les résultats suivants :

**110** souris jaunes à poils courts                      **114** souris jaunes à poils longs

**114** souris grises à poils courts                      **114** souris grises à poils longs

- 4- Ces résultats sont-ils compatibles avec une ségrégation indépendante des caractères ?
- 5- Donnez les gamètes produits par les parents et leur proportion ?

### Exercice 8

À partir de trois pois à graines jaunes et lisses pris au hasard, on effectue pour chacun d'entre eux un croisement avec un pois à graines vertes et ridées. Les résultats sont les suivants :

- Croisement n°1 → **51** graines jaunes et lisses, **49** graines vertes et lisses
- Croisement n°2 → **100** graines jaunes et lisses
- Croisement n°3 → **24** graines jaunes et lisses         **26** graines jaunes et ridées,  
  **25** graines vertes et lisses         **25** graines vertes et ridées.

1. Quels sont, de ces quatre caractères, ceux qui sont dominants et ceux qui sont récessifs ?
2. À l'aide de symboles appropriés, établissez le génotype des quatre pois de départ et construisez pour chaque cas l'échiquier de croisement. Comparez avec la descendance observée.

### Exercice 9

Des mufliers de race pure différents par plusieurs caractères sont croisés entre eux. Le croisement des individus de la F1 entre eux donne la F2 suivante :

<b>189</b> plantes à corolle typique rouge	<b>373</b> plantes à corolle typique rose
<b>187</b> plantes à corolle typique blanche	<b>62</b> plantes à corolle régulière rouge
<b>126</b> plantes à corolle régulière rose	<b>63</b> plantes à corolle régulière blanche

- 1- Combien de gènes interviennent dans ce croisement ? Justifier
- 2- Quel type de dominance observe-t-on ici ? Justifier
- 3- Quels sont les génotypes et les phénotypes des parents, des F1 et des F2 ?

### Exercice 10

Le croisement d'un lapin gris à poils longs avec une lapine blanche à poils courts donne à la première génération F1 des lapereaux tachetés à poils longs.

- 1) Que peut-on dire sur la dominance des caractères ?
- 2) Donner les génotypes des parents et de la première génération F1
- 3) La première loi de Mendel est-elle applicable à ce type de croisement ? Si oui, énoncer cette loi.

On croise ensuite les individus de la première génération entre eux, et on obtient une deuxième génération F2.

- 4) Établir l'échiquier de ce croisement, et en tirer les phénotypes avec leurs proportions respectives

(On considère que les deux gènes contrôlant ces deux caractères ségrégent indépendamment)

- 5) Quels individus de F2 doit-on croiser si on veut obtenir :

<b>25%</b> de petits gris à poils longs	<b>25%</b> de petits tachetés à poils longs
<b>25%</b> de petits tachetés à poils courts	<b>25%</b> de petits gris à poils courts

# TD 4 : Le dihybridisme chez les diploïdes

## (Liaison de deux gènes)

### Objectifs de l'enseignement

L'objectif de ce TD est d'aider l'étudiant à ;

- Faire des analyses d'hybridations dans le cas du Dihybridisme (Le croisement de deux individus appartenant à deux lignées pures différant par deux caractères correspondant à deux couples d'allèles).
- Faire distinction entre le mode de ségrégation de deux gènes indépendants et deux gènes liés.
- Vérifier la bonne compréhension de la terminologie.
- Calculer la distance génétique et réaliser une carte factorielle.
- Utiliser l'échiquier de *Punnett* pour expliquer différents croisements.

### Connaissances préalables recommandées pour réaliser ce TD

L'étudiant doit avoir des connaissances sur les cours des notions fondamentales de la génétique mendélienne, du monohybridisme et du dihybridisme.

### Mots clés

ADN, génome, gène, allèle chromosome homologue, caryotype, génotype, phénotype, caractère héréditaire, diploïdie, dihybridisme, ségrégation indépendante de deux gènes, dominance, récessivité, liaison des gènes, brassage génétique, crossing over, gamètes parentaux, gamètes recombinés, carte génétique, test-cross, back cross, méiose...

### Exercice 1

Le croisement entre des coqs et poules de souches pures, l'une à plumage blanc ( $i^+$ ) et normal ( $f$ ), l'autre à plumage coloré ( $i$ ) et frisé ( $f^+$ ) a donné en F1 des individus à plumage blanc et frisé. Le croisement de ces F1 par des animaux de souche pure à plumage coloré et normal donne :

62 individus à plumage coloré et frisé	64 individus à plumage blanc et normal
18 individus à plumage blanc et frisé	13 individus à plumage coloré et normal

- 1- Combien de gènes interviennent dans ce croisement ? Justifier
- 2- Quelles sont les relations de dominance et de récessivité ? Justifier
- 3- Les gènes sont-ils liés ou indépendants ? Justifier
- 4- Représenter le croisement

### Exercice 2

Chez la drosophile, l'allèle dumpy ( $dp$  = ailes réduites aux 2/3 de la longueur normale) ; l'allèle sauvage est  $dp^+$ . L'allèle dacks ( $a$  = les pattes ont 4 tarsi au lieu de 5) ; l'allèle sauvage est  $a^+$ .

Les allèles  $dp$  et  $a$  sont situés sur le chromosome 3 (autosome) et distant de 23 UM.

On a croisé des drosophiles mâles homozygotes dumpy et pattes normales par des femelles homozygotes aux ailes sauvages et pattes dacks. Quels sont les génotypes de ces mouches ?

Tous les F1 sont sauvages.

- Quels sont les allèles dominants ?

- Quel est le génotype de la F1 ?

On croise des femelles F1 par des males de phénotype (dp a), et on obtient 1000 descendants F2.

- Indiquez le génotype et le nombre de chaque type de descendants.

### Exercice 3

On croise deux races pures de drosophiles, l'une de type sauvage, aux ailes longues et aux yeux rouges et l'autre aux ailes vestigiales et aux yeux écarlates (mutation scarlett = sc) ; les hybrides obtenus, de phénotype sauvage, sont croisés entre eux et donnent la descendance suivante :

<b>1800</b> mouches sauvages	<b>599</b> aux ailes longues et yeux écarlates
<b>602</b> aux ailes vestigiales et yeux rouges	<b>199</b> aux ailes vestigiales et yeux écarlates

- Que concluez-vous sur la disposition des gènes ?

On croise des drosophiles femelles de race pure aux yeux écarlates et au corps ebony (eb), avec des mouches hybrides de phénotype sauvage pour les deux caractères, et on obtient :

<b>50%</b> mouches sauvages	<b>50%</b> corps ebony et aux yeux écarlates
-----------------------------	--

Un deuxième croisement entre une femelle sauvage, hybride et un mâle de race pure aux yeux écarlates et au corps ebony, donne la descendance suivante ;

<b>345</b> mouches sauvages	<b>119</b> aux corps ebony et yeux rouges
<b>127</b> aux corps gris et aux yeux écarlates	<b>355</b> corps ebony et aux yeux écarlates

- Interprétez les résultats de ces deux croisements ; que concluez-vous en ce qui concerne les gènes étudiés ?

On croise des drosophiles mâles à corps bossu et ailes vestigiales, avec des femelles hybrides de phénotype sauvage. On obtient alors :

<b>42,5%</b> mouches sauvages	<b>7,5%</b> corps bossu et ailes longues
<b>7,5%</b> corps normal et ailes vestigiales	<b>42,5%</b> corps bossu et ailes vestigiales

- Que concluez-vous sur la localisation des gènes sur les chromosomes ?
- Dressez une carte factorielle pour l'ensemble de ces croisements

## Exercices complémentaires (hors-série)

### Exercice 4

Deux lignées pures de drosophiles, l'une à corps gris et soies normales, l'autre à corps ébène et soies épaisses, sont croisées entre elles. En F1, tous les insectes sont gris et présentent des soies normales. On effectue alors un croisement-test entre ces hybrides de première génération et la souche pure à corps ébène et soies épaisses qui aboutit aux résultats suivants :

<b>50%</b> à corps gris et des soies normales	<b>50%</b> à corps ébène et des soies épaisses
---	--

- 1- Identifiez les caractères dominants et les caractères récessifs.
- 2- Quel est le génotype des hybrides obtenus en F1 ?

3- Pourquoi n'observe-t-on que deux catégories d'insectes lors du croisement-test ? Que pouvez-vous en déduire quant à la position des gènes sur les chromosomes ?

Pour s'assurer des résultats, on recommence exactement la même expérience mais cette fois la population d'insectes obtenue se décompose comme suit :

42,5% corps gris et soies normales      7,5% corps gris et soies épaisses  
7,5% corps ébène et soies normales      42,5% corps ébène et soies épaisses.

4- Par quel processus a-t-on pu obtenir un résultat différent ?

5- Représentez la garniture chromosomique de chaque type d'insecte obtenu.

### Exercice 5

Le croisement entre des coqs et des poules Leghorn de souches pures, l'un à plumage blanc et normal, l'autre à plumage coloré et frisé a donné en F1 des individus à plumages blanc et frisé.

Le croisement de ces F1 par des animaux de souche pure à plumage coloré et normal donne :

62 plumage coloré et frisé      64 blanc et normal      18 blanc et frisé      13 coloré et normal

Interpréter les résultats : relation de dominance et de récessivité, nombre des gènes qui interviennent dans ce croisement, la liaison des gènes et représentation des croisements (justifier toutes vos réponses).

### Exercice 6

Chez la drosophile, le croisement d'une souche sauvage à yeux pourpres et corps sauvage [pr b+] par une drosophile à yeux sauvages et corps noir (pr+ b) a donné une F1 homogène (pr+ b+). Le test-cross des hybrides F1 donne les résultats suivants :

**Croisement 1** : Femelles F1 x Mâles (pr b)

353 (pr+ b)      382 (pr b+)      16 (pr b)      22 (pr+ b+)

**Croisement 2** : Mâles F1 x Femelles (pr b)

148 (pr+ b)      142 (pr b+)

3- Par quel processus a-t-on pu obtenir un résultat différent ?

4- Interpréter les résultats, c'est-à-dire : relation de dominance et de récessivité, nombre des gènes qui interviennent dans ce croisement, la liaison des gènes et représentation des croisements (justifier toutes vos réponses).

### Exercice 7

Chez la drosophile, on connaît les deux gènes **ct** et **v** qui sont liés et distants de 20 U.M. Le croisement d'un mâle (ct+ v+) par une femelle (ct v) donne une F1 (ct+ v+).

1- Quels sont les génotypes des parents et de la F1 ?

2- Quels sont les gamètes fournis par la F1 et en quelles proportions ?

3- Quels sont les phénotypes produits après autofécondation des F1 et en quelles proportions ?

Représenter le croisement



## TD 5 : Le test trois points

### Objectifs de l'enseignement

L'objectif de ce TD est d'aider l'étudiant à :

- Vérifier la bonne compréhension de la terminologie.
- Calculer la distance génétique et réaliser une carte factorielle.
- Utiliser l'échiquier de Punnett pour expliquer des différents croisements.

### Connaissances préalables recommandées pour réaliser ce TD

L'étudiant doit avoir des connaissances sur les cours des notions fondamentales de la génétique mendélienne, du monohybridisme, du dihybridisme et du polyhybridisme.

### Mots clés

ADN, génome, gène, allèle chromosome homologue, caryotype, génotype, phénotype, caractère héréditaire, diploïdie, dihybridisme, dominance, récessivité, liaison des gènes, polyhybridisme, test trois points, gamètes parentaux, gamètes simple recombinés, gamètes doubles recombinés, brassage génétique, crossing over, correction de la distance, gène central, gènes extrêmes, carte génétique, test-cross, back cross, méiose...

### Exercice 1

On réalise un croisement entre deux souches pures de drosophiles, l'une ( $g^+ c^+ b^+$ ), l'autre est ( $g c b$ ). La F1 est ( $g^+ c^+ b^+$ ). Le croisement d'une femelle F1 par un mâle triple homozygote récessif donne les résultats suivants :

<b>129</b> ( $g^+ c^+ b$ )	<b>20</b> ( $g c^+ b^+$ )	<b>466</b> ( $g^+ c b^+$ )	<b>131</b> ( $g c b$ )
<b>470</b> ( $g c^+ b$ )	<b>16</b> ( $g^+ c b$ )	<b>135</b> ( $g c b^+$ )	<b>133</b> ( $g^+ c^+ b^+$ )

- 1- Quelles sont les relations de dominance et de récessivité ? Justifier
- 2- Par combien de gènes est contrôlé chaque caractère ? Justifier
- 3- Les gènes sont-ils liés ou indépendants ? Justifier
- 4- Si les gènes sont liés, calculer les distances qui les séparent
- 5- Etablir la carte factorielle
- 6- Calculer le coefficient de coïncidence et l'interférence
- 7- Déterminer l'ordre des gènes sans calcul des distances

### Exercice 2

On croise deux drosophiles, l'une hétérozygote pour les trois gènes suivants :  $vg$  (ailes vestigiales),  $cn$  (œil cinnabar),  $eb$  (corps ebony) par une souche homozygote récessive pour ces trois gènes. Les résultats sont les suivants :

<b>405</b> ( $vg cneb$ )	<b>44</b> ( $vg^+ cn^+ eb$ )	<b>51</b> ( $vg^+ cneb$ )
<b>414</b> ( $vg^+ cn^+ eb^+$ )	<b>31</b> ( $vg cneb^+$ )	<b>45</b> ( $vg cn^+ eb^+$ )

- Interpréter ces résultats

### Exercice 3

Le chromosome 3 de la drosophile porte 3 gènes liés : **st** (scarlet : yeux écarlates), **ss** (spinless : petites soies) et **eb** (corps ebony). L'ordre des gènes est **st sseb**.

La distance **st-ss= 14,5 UM** ; la distance **ss-eb= 12,2 UM** ; le coefficient de coïncidence **K=0,52**

- Combien peut-on s'attendre de phénotypes différents, et dans quels nombres sur un échantillon de 1000 mouches obtenues en croisant une femelle hybride de génotype **st<sup>+</sup>ss<sup>+</sup>eb<sup>+</sup>/st sseb** et un mâle de génotype **st sseb/st sseb**.

### Exercice subsidiaire (hors-série)

#### Exercice 1

Chez le maïs, on connaît trois couples de gènes :

**V/v** : Plante Verte [V] / incolore [v] ( $V > v$ )

**Lg/lg** : Présence de ligule [Lg] / absence de ligule [lg] ( $Lg > lg$ )

**M/m** : Aspect mat de la plantule [M] / aspect brillant [m] ( $M > m$ )

On croise les deux lignées suivantes différant pour ces trois couples d'allèles : **M/M, v/v, lg/lg x m/m, V/V, Lg/Lg**. La F1 est homogène pour le phénotype [M V Lg]. Un test-cross de la F1 par un triple récessif donne les résultats suivants pour 1 000 descendants examinés :

[M v lg]	[m V Lg]	[m V lg]	[M v Lg]	[M V lg]	[m v Lg]	[m v lg]	[M V Lg]
305	275	128	112	74	66	18	22

- 1- Déterminer si les 3 gènes sont liés ou non et si oui, leur ordre relatif
- 2- Calculer les distances entre les marqueurs utilisés et construire la carte génétique correspondante.
- 3- Calculer l'interférence.

## TD 6 : Le monohybridisme chez les haploïdes

### Objectifs de l'enseignement

L'objectif de ce TD est d'aider l'étudiant à :

- Comprendre le monohybridisme chez un champignon ascomycète
- Comprendre le monohybridisme chez une algue verte
- Faire la différence entre un asque ordonné et un asque non ordonné
- Faire la différence entre un asque pré-réduit et un asque post-réduit
- Comprendre le déroulement d'un crossing over chez les haploïdes
- Calculer la distance gène-centromère et dessiner la carte factorielle.
- Représenter un croisement chez les haploïdes

### Connaissances préalables recommandées pour réaliser ce TD

L'étudiant doit avoir des connaissances sur les cours des notions fondamentales de la génétique mendélienne, du monohybridisme, des divisions cellulaires, du crossing over, de diploïde, d'haploïde, de gène, d'allèle, de gamète, de génotype, de phénotype, de chromosome, de chromatides sœurs, de chromatides non-sœurs, de tétrade et de zygote.

### Mots clés

Haploïde, *Neurospora*, *Chlamydomonas*, algue, champignon, asque, spores, pré-réduits, post-réduits, ségrégation monogénique, asque ordonné, asque non ordonné, demi asque homogène, demi asque hétérogène, première division de la méiose, deuxième division de la méiose, crossing over, distance gène-centromère, croisement, chromosomes, chromatides, tétrade.

### Exercice 1

Chez *Neurospora*, on a effectué un croisement entre le type sauvage (+) et une lignée incapable de synthétiser la vitamine thiamine (thi). L'analyse des tétrades a montré une ségrégation 1 : 1 pour + : thi

1- Que pouvez-vous en conclure ?

On a également trouvé que dans 20% des tétrades, la ségrégation se produisait à la seconde division de la méiose.

2- Comment a-t-on pu reconnaître ces tétrades et quels sont les événements de la méiose qui conduisent à une ségrégation de ce type ?

### Exercice 2

On étudie le caractère couleur des spores chez *Neurospora crassa*. Une souche à spores blanches (b) a été croisée par une souche à spores noires (b+). Parmi 1200 asques pris au hasard dans la descendance, 720 sont pré-réduits. Chaque asque renferme 4 spores noires et 4 spores blanches.

1- Par combien de gène(s) est contrôlé le caractère « couleur des spores » ?

2- Par quel critère différencie-t-on, dans ce cas, les types d'asques ?

3- Représentez les différents types d'asques observés et donnez leurs effectifs probables. Justifiez votre réponse.

- 4- Peut-on localiser le ou les gènes responsables de la couleur des spores par rapport au centromère ? Justifiez
- 5- Si oui, calculez la distance qui les sépare. Justifiez la formule utilisée.
- 6- Quels types d'asques obtient-on si, lors de la méiose, un crossing-over a lieu entre le gène et l'extrémité libre du chromosome (autrement dit pas entre le gène et le centromère)
- 7- Supposons que la distance entre le gène  $b^+ / b$  et son centromère soit égale à 5 U.M, combien d'asques de chaque type aurait-on observé ?
- 8- Pourquoi le pourcentage de postréduction ne dépasse normalement jamais la valeur de 66.66% ?

### Exercice 3

Deux souches haploïdes du champignon ascomycète, *Sordaria macrospora* ont été croisées. L'une est de signe a, l'autre de signe A. 240 asques sont obtenus.

a	A	a	a	A	A
a	A	a	a	A	A
a	A	A	A	a	a
a	A	A	A	a	a
A	a	a	A	a	A
A	a	a	A	a	A
A	a	A	a	A	a
A	a	A	a	A	a
<b>96</b>	<b>109</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>8</b>

- 1- Par combien de gène(s) est déterminé le caractère « signe » ?
- 2- Justifiez la formation de chacun des types d'asques (justification chromosomique)
- 3- Le gène déterminant le signe est-il lié au centromère ? Si oui, calculez la distance qui les sépare.
- 4- Quels seraient les effectifs si la distance gène-centromère = 10 U.M

### Exercice 4

On a réalisé le croisement d'une souche haploïde de *Neurospora crassa* de phénotype spores vertes (v) par la souche haploïde sauvage à spores noires (n). On a obtenu les asques ordonnés suivants :

2 v	2 v	2 n	2 v	2 n	2 n
2 v	2 n	2 n	2 n	2 v	2 v
2 n	2 v	2 v	2 n	2 v	2 n
2 n	2 n	2 v	2 v	2 n	2 v
<b>129</b>	<b>22</b>	<b>127</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>22</b>

- 1- Indiquer, pour chaque asque, si les asques sont pré-réduits ou post-réduits et si la ségrégation a eu lieu à la première ou à la seconde division de la méiose,

- 2- Comment peut-on différencier les asques pré-réduits des asques post-réduits ?
- 3- Combien de gène(s) contrôle(nt) ce caractère ? Justifier
- 4- Le gène est-il lié au centromère ? Justifier
- 5- Si le gène est lié au centromère, calculer la distance qui les sépare
- 6- Expliquer par un schéma comment s'est formé l'asque 2 (interprétation chromosomique)
- 7- Si la distance entre le gène et son centromère était égale à 10 U.M, combien d'asques de chaque type aurait-on obtenu ? Justifier

### Exercice 5

Chez le champignon microscopique *Sordaria macrospora*, on connaît une souche sauvage à spores noires et une souche mutante à spores jaunes. La couleur des spores est déterminée par un seul gène qui existe, soit sous la forme allélique N, soit sous la forme allélique J. Après croisement d'une souche sauvage avec une souche mutante, nous avons obtenus les 6 types d'asques suivants :

Types d'asques	1	2	3	4	5	6
Spores	J	N	J	J	N	N
	J	N	J	J	N	N
	J	N	N	N	J	J
	J	N	N	N	J	J
	N	J	J	N	J	N
	N	J	J	N	J	N
	N	J	N	J	N	J
	N	J	N	J	N	J
Nombre d'asques	96	109	9	12	6	8

- 1- Donner le génotype des deux souches parentales, ainsi que celui de la cellule œuf qui est à l'origine des spores
- 2- Calculer la distance gène-centromère à l'aide des résultats ci-dessus.

## TD 7 : Le dihybridisme chez les haploïdes

### Objectifs de l'enseignement

L'objectif de ce TD est d'aider l'étudiant à :

- Comprendre le dihybridisme chez un champignon ascomycète
- Comprendre le dihybridisme chez une algue verte
- Faire la différence entre un asque Ditype parental (DP), Ditype Recombiné (DR) et Tétratype (T)
- Savoir si les gènes sont liés ou indépendants
- Calculer la distance entre deux gènes liés et dresser la carte factorielle.
- Représenter un croisement dihybride chez les haploïdes

### Connaissances préalables recommandées pour réaliser ce TD

L'étudiant doit avoir des connaissances sur les cours des notions fondamentales de la génétique mendélienne, du monohybridisme, des divisions cellulaires, du crossing over, de diploïde, d'haploïde, de gène, d'allèle, de gamète, de génotype, de phénotype, de chromosome, de chromatides sœurs, de chromatides non-sœurs et de zygote.

### Mots clés

Haploïde, *Neurospora*, *Chlamydomonas*, algue, champignon, asque, spores, pré-réduits, post-réduits, ségrégation monogénique, asque ordonné, asque non ordonné, demi asque homogène, demi asque hétérogène, première division de la méiose, deuxième division de la méiose, crossing over, distance gène-centromère, distance entre deux gènes, gènes liés, gènes indépendants, croisement, chromosomes, chromatides, tétrade, Ditype parental (DP), Ditype Recombiné (DR), Tétratype (T)

### Exercice 1

Le croisement de deux souches de *Chlamydomonas*, l'une exigeante en tryptophane (Try-) et l'autre exigeante en histidine (His-) a donné trois types d'asques non ordonnés :

Try+ His-	Try- His+	Try- His-
Try+ His-	Try- His-	Try+ His+
Try- His+	Try+ His+	Try- His-
Try- His+	Try+ His-	Try+ His+
<b>540</b>	<b>300</b>	<b>539</b>

- 1- Par combien de gènes est contrôlé chaque caractère ? Justifier
- 2- Peut-on calculer la distance gène-centromère ? Justifier
- 3- Ces gènes sont-ils liés entre eux ? Le cas échéant, calculer la distance qui les sépare.

### Exercice 2

Chez le champignon *Sordaria*, le gène Ura (auxotrophie pour l'uracile) est indépendant du signe. Le croisement de la souche (Ura-) de signe (a) avec la souche (Ura+) de signe (A) donne 300 asques dont 135 tétratypes.

- 1- Quels types d'asques a-t-on obtenus et en quelles quantités ? (Sans tenir compte de l'ordre des spores)
- 2- Représenter le croisement
- 3- Si on suppose que le gène Ura est lié au centromère (distance = 8cM), combien d'asques prééduits pour ce gène aurait-on observé sur un total de 300 asques ?

### Exercice 3

Les tétrades de *Neurospora crassa* sont ordonnées. On réalise le croisement (a +) x (+ b) et on trouve les effectifs suivants pour les divers types de tétrades ordonnées obtenues :

A	B	C	D	E	F
a +	a b	a +	a b	a +	++
a +	a b	a b	a +	++	a +
+ b	++	++	+ b	a b	+ b
+ b	++	+ b	++	+ b	a b
<b>134</b>	<b>132</b>	<b>105</b>	<b>108</b>	<b>11</b>	<b>10</b>

- 1- Indiquer à quel type appartient chaque tétrade (DP, DR, T)
- 2- Par combien de gène(s) est contrôlé chaque caractère ? Justifier
- 3- Peut-on calculer la distance entre chaque gène et son centromère ? Si oui calculer les distances
- 4- Les gènes a et b sont-ils liés ou indépendants ? Justifier.
- 5- Indiquer, pour chaque tétrade si la ségrégation pour chacun des loci a et b a eu lieu à la première ou à la seconde division de la méiose.

### Exercice 4

On a étudié quatre mutations chez *Neurospora crassa*, conférant aux souches l'auxotrophie pour la proline, la leucine, l'arginine et la lysine.

**Premier croisement :** (Pro+ Lys-) x (Pro- Lys+)

Parmi les asques obtenus, 200 ont été analysés au hasard. Ils se répartissent selon les 3 types suivants :

2 Pro- Lys+	2 Pro- Lys+	2 Pro- Lys+
2 Pro- Lys+	2 Pro+ Lys+	2 Pro- Lys-
2 Pro+ Lys-	2 Pro- Lys-	2 Pro+ Lys+
2 Pro+ Lys-	2 Pro+ Lys-	2 Pro+ Lys-
<b>72</b>	<b>20</b>	<b>108</b>

- 1- Quelle est la position des loci Pro+/Pro- et Lys+/Lys- par rapport au centromère et l'un par rapport à l'autre ?

**Deuxième croisement :** (Leu+ Arg+) x (Leu- Arg-)

On a recueilli, après ce croisement, 2204 spores qui, mises à germer, ont donné les mycéliums suivants :

**550** Leu+ Arg+      **554** Leu- Arg-      **548** Leu+ Arg-      **552** Leu- Arg+

2- Quelles conclusions tirez-vous de ce croisement ?

**Troisième croisement :** (Leu+ Pro+) x (Leu- Pro-)

Ce croisement a donné les asques suivants :

**263** ditypes parentaux, **32** tétratypes et **5** ditypes recombinés.

3- Donner les génotypes des spores de chaque type d'asque obtenu (sans ordre)

4- Ces gènes sont-ils liés ou indépendants ? Pourquoi ?

5- Expliquer par des schémas comment se sont formés les tétratypes

6- Parmi ces 300 asques, 72 sont postréduits pour la leucine. Quelles indications pouvez-vous en tirer ?

A l'aide de tous les éléments dont vous disposez, établir une carte génétique pour *Neurospora*, sachant que le taux de préréduction pour l'arginine est de 37.4%

### Exercice 5

Un croisement a été réalisé chez le champignon *Sordaria* : (un cyh) x (un+ cyh+). Chaque caractère est contrôlé par un seul gène. 100 asques ordonnés ont été isolés. Ils se répartissent selon les proportions suivantes :

2un cyh	2un cyh	2un cyh	2un cyh	2un cyh+	2un cyh
2un+ cyh	2un cyh+	2un cyh	2un+ cyh+	2 un+ cyh	2un+ cyh+
2un cyh+	2un+ cyh	2 un+ cyh+	2un cyh	2un cyh+	2un cyh+
2un+ cyh+	2un+ cyh+	2un+ cyh+	2un+ cyh+	2 un+ cyh	2un+ cyh
(1) <b>15</b>	(2) <b>29</b>	(3) <b>47</b>	(4) <b>2</b>	(5) <b>2</b>	(6) <b>5</b>

- Par combien de gène(s) est contrôlé chaque caractère ? Justifier
- Indiquer à quel type appartient chaque asque (DP, DR, T)
- Indiquer pour chaque asque, pour chacun des deux caractères, si les asques sont préréduits ou postréduits et si la ségrégation a eu lieu à la première ou à la seconde division de la méiose.
- Peut-on calculer la distance de chaque gène par rapport au centromère ? Justifier
- Si oui, calculer la distance entre chaque gène et son centromère
- Les gènes sont-ils liés ? Si oui, calculer la distance qui les sépare
- Donner la carte génétique des gènes
- Justifier par des schémas la formation des DR



### Exercice 6

On croise deux souches de *Neurospora crassa* : ade- trp+ et ade+ trp- . Dans un échantillon de 59 asques, les spores présentent les 4 types de dispositions relatives suivantes :

2 ade- trp+	2 ade- trp+	2 ade- trp+	2 ade+ trp+
2 ade- trp+	2 ade+ trp-	2 ade- trp-	2 ade+ trp-
2 ade+ trp-	2 ade- trp+	2 ade+ trp+	2 ade- trp-
2 ade+ trp-	2 ade+ trp-	2 ade+ trp-	2 ade- trp+
<b>15</b>	<b>11</b>	<b>31</b>	<b>2</b>

1- Parmi les 4 types d'asques, quels sont les DP, les DR, les T, les post-réduits pour l'adénine et les post-réduits pour le tryptophane ?

2- Quelle est la position des loci ade+/ade- et trp+/trp-, par rapport au centromère et l'un par rapport à l'autre ? Etablir la carte génétique de *Neurospora*

### Exercice 7

*Neurospora crassa* est un champignon microscopique et la formation d'asques n'est possible qu'entre deux mycéliums provenant de deux spores d'origines différentes : une spore D et une spore d. Certaines de ces spores sont auxotrophes pour la méthionine (Met-). La forme sauvage, n'ayant pas besoin de méthionine pour germer, est (Met+). On croise deux souches (Met- D) x (Met+ d). Les asques issus de ce croisement sont de trois types :

2 Met- D	2 Met- D	2 Met- d
2 Met- D	2 Met- d	2 Met- d
2 Met+ d	2 Met+ D	2 Met+ D
2 Met+ d	2 Met+ d	2 Met+ D
<b>132</b>	<b>64</b>	<b>4</b>

- 1- Comment appelle-t-on chaque type d'asques ?
- 2- Comment expliquer l'obtention de ces différents types d'asques ? (Explication sans schémas)
- 3- Les deux gènes étudiés sont-ils liés ou indépendants. Pourquoi ? Quelle conclusion en tirer ?

## TD 8 : Structure des acides nucléiques

### Objectifs de l'enseignement

Au terme de ce TD, l'étudiant doit être capable de :

- Connaître la structure des acides nucléiques et savoir reconnaître les molécules simples dont ils sont constitués.
- Savoir reconnaître n'importe quelle base, nucléoside, nucléotide ou nucléoside polyphosphate.
- Identifier les liaisons riches en énergie des nucléosides polyphosphates.
- Connaître la fonction des acides nucléiques dans l'expression génétique.

### Connaissances préalables recommandées pour réaliser ce TD

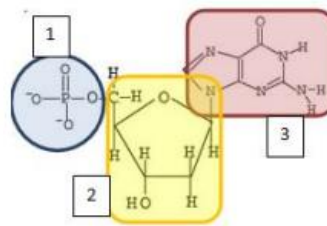
L'étudiant doit avoir des connaissances sur les cours des divisions cellulaires, les chromosomes, la structure des acides nucléiques et leur nomenclature, les caractéristiques de l'ADN, l'organisation en chromosomes, les différences entre l'ADN et l'ARN

### Mots clés

Matériel génétique, ADN, ARN, nucléotide, ribose, désoxyribose, base azotée, nucléoside, nucléotide, dNTP, complémentarité, liaisons d'hydrogène, double hélice, Chargaff, liaison phosphodiester, antiparallèle, histones...

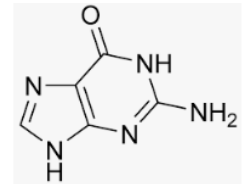
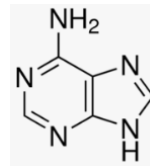
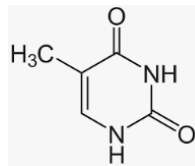
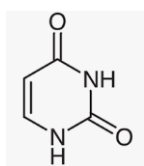
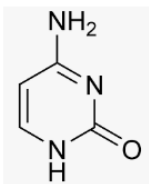
### Exercice 1

L'unité de base de l'ADN est figurée sur le document ci-dessous :



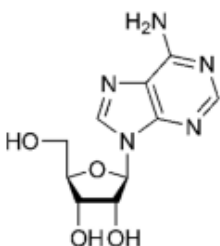
1- Donner le nom de cette molécule et légenter le document

2- La structure 3 existe sous 4 formes différentes dans l'ADN. Les entourer parmi les suivantes :

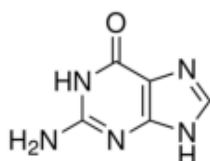


### Exercice 2

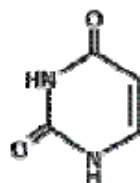
1- Identifier les bases présentes dans les structures suivantes :



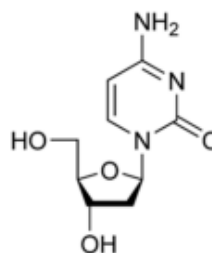
A



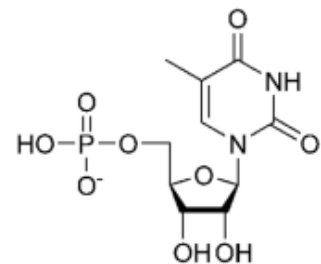
B



C



D



E

2- Parmi ces bases, lesquelles :

- a) Contiennent du ribose
- b) Contiennent du désoxyribose
- c) Contiennent une purine
- d) Contiennent une pyrimidine
- e) Contiennent de la guanine
- f) Contiennent des nucléosides
- g) Sont des nucléotides
- h) Se trouvent dans l'ARN
- i) Se trouvent dans l'ADN

### Exercice 3

Ecrire les formules développées :

- Des bases azotées A, U, C et T.
- Des nucléosides guanosine, désoxythymidine
- Du nucléotide adénosine 5' triphosphate.

### Exercice 4

Schématiser une liaison phosphodiester entre une GMP et une CMP

### Exercice 5

Si une chaîne d'ADN se lit : 5'-ATCGGAACT-3', sa chaîne complémentaire sera :

- a) 5'-AGTCCGAT-3'
- b) 5'-TAGCCTGA-3'

### Exercice 6

Une molécule d'ADN est représentée ci-dessous :

Brin1 5'AAATGCCC ATGGCC3'

Brin2 3'TTT ACGGGTACCGG5'

1-Vérifier si les règles de CHARGAFF s'appliquent à cet ADN.

2-Si une molécule d'ADN contient 10% d'adénine, quels seront les différents pourcentages des trois autres bases de cet ADN ?

3-L'ARN polymérase ne transcrit que le brin1, quelle sera la structure du brin d'ARN néoformé ?

### Exercice 7

Le pourcentage de cytosine dans une molécule d'ADN double brin est de 30%. Quel est le pourcentage de la thymine ?

### Exercice 8

Laquelle des relations suivantes décrit-elle correctement le pourcentage des bases dans l'ADN ?

- a)  $C + T = A + G$
- b)  $C/A = T/G$

### Exercice 9

Un ami vous donne trois échantillons d'acides nucléiques et vous demande de déterminer l'identité chimique de chaque échantillon (ADN ou ARN) et si les molécules sont double brin ou simple brin. Vous utilisez des nucléases puissantes pour dégrader complètement chaque échantillon afin d'isoler les nucléotides qui les constituent et ainsi déterminer les proportions relatives de ces nucléotides. Les résultats de vos manipulations sont les suivants. Que pouvez-vous répondre à votre ami quant à la nature de ces échantillons (ADN ou ARN, simple brin ou double brin) ?

Echantillon 1 : dGMP 13% dCMP 13% dAMP 37% dTMP 37%

Echantillon 2 : dGMP 12% dCMP 36% dAMP 47% dTMP 5%

Echantillon 3 : GMP 22% CMP 47% AMP 17% UMP 14%

### Exercice 10 (QCM)

Répondre par vrai ou faux et justifier votre réponse

#### QCM1

La molécule d'ADN :

- a- Est composée de bases azotées, de riboses et de phosphates.
- b- Contient des bases azotées pyrimidiques et puriques.
- c- Contient autant de bases azotées pyrimidiques que puriques.

#### QCM2

Concernant la double hélice d'ADN :

- a- C'est un enroulement de deux brins d'ADN parallèles.
- b- Chacun de ses brins a une extrémité 5'hydroxyle et une extrémité 3'phosphate.
- c- Chaque brin est constitué d'une séquence de bases azotées différente.
- d- L'appariement de ses brins est stabilisé par des liaisons covalentes.

#### QCM3

Les membres d'une paire chromosomique sont :

- a- Des chromosomes homologues.
- b- Des chromosomes sexuels.
- c- Hérite tous les deux de la mère.
- d- Hérite tous les deux du père.
- e- Porteurs d'une information génétique homologue

## TD 9 : La réplication de l'ADN

### Objectifs de l'enseignement

Au terme de ce TD, l'étudiant doit être capable de :

- Définir la réplication,
- Préciser les mécanismes et les caractéristiques générales du processus
- Comparer le processus chez les eucaryotes et chez les procaryotes

### Connaissances préalables recommandées pour réaliser ce TD

L'étudiant doit avoir des connaissances sur les gènes et les génomes, le dogme central de la biologie moléculaire, les différences et les similitudes entre le génome procaryote et le génome eucaryote, la structure de l'ADN, le modèle semi-conservatif, les origines de réplication, les ADN polymérasiques, la réplication continue et semi-discontinue, les protéines nécessaires à la réplication procaryote, les protéines nécessaires à la réplication eucaryote

### Mots clés

ADN, cycle cellulaire, phase S, matrice, œil de réplication, réplicon, polymérasique, exonucléasique, 5' 3', fourche, continu, discontinu, fragment d'Okazaki, enzymes, amorce, PCNA...

### Exercice 1

Ecrire les molécules filles obtenues en dupliquant la portion d'ADN suivante :

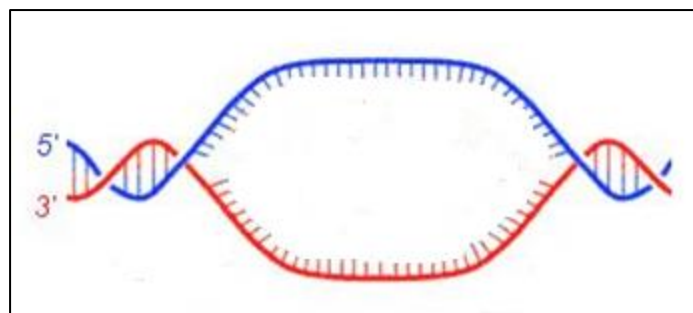
AATGCTGGCAATCCTTGAA3'

TTACGACCGTTAGGAACCTT5'

### Exercice 2

Le schéma ci-dessous représente les brins matrices dans un œil de réplication d'une molécule d'ADN.

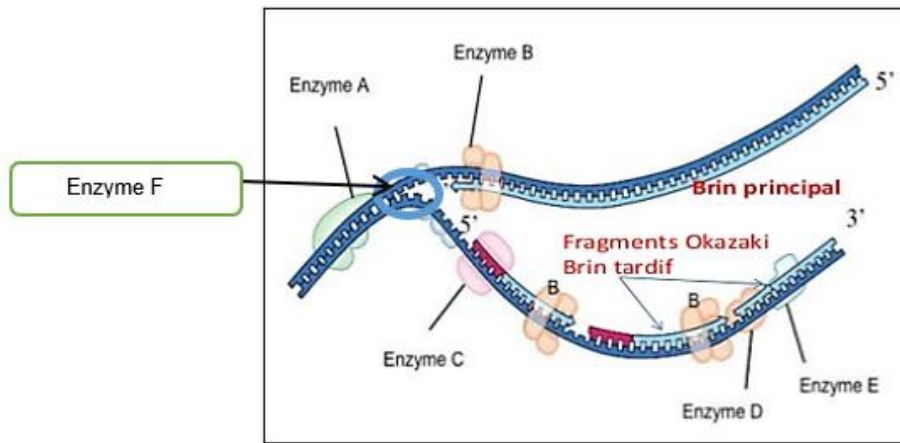
- Légender le schéma
- Indiquer le sens de la fourche de réplication
- Dessiner les brins nouvellement synthétisés et indiquer les brins continu et discontinu



### Exercice 3

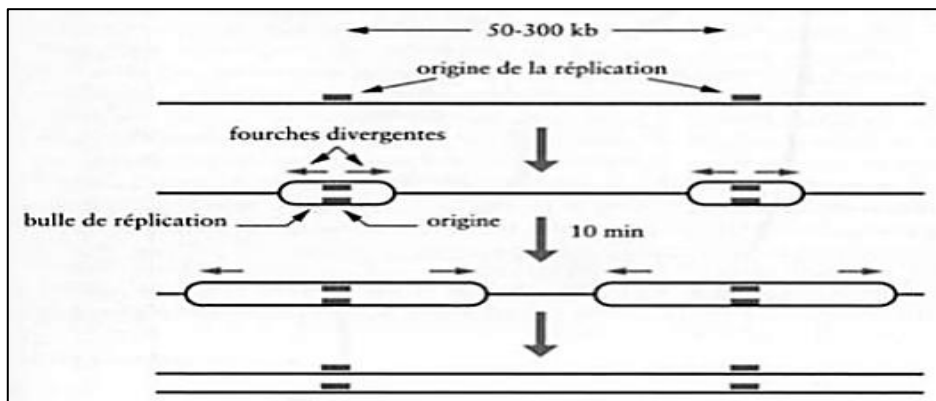
La figure suivante représente la réplication chez les procaryotes.

- Donner les noms des enzymes impliqués dans ce phénomène et indiquer leurs rôles.
- Indiquer les noms des enzymes équivalentes chez les eucaryotes



#### Exercice 4

Le phénomène représenté sur le schéma ci-dessous existe-t-il chez les organismes procaryotes ou eucaryotes ? Justifier



#### Exercice 5

Répondre par vrai ou faux tout en justifiant votre réponse

- Au cours de la réplication, une molécule d'ADN est copiée pour donner une molécule fille.
- Lors de la réplication, l'ADN polymérase commence par synthétiser de courtes amorces d'ARN.
- Les ADN polymérases I des procaryotes ont une activité 5' → 3' exonucléasique.
- La synthèse de l'ADN s'effectue dans le sens 5'-3' sur la chaîne précoce, et dans le sens 3'-5' sur la chaîne tardive.
- Les ADN polymérase eucaryotes nécessitent pour agir des cofacteurs protéiques.
- Chaque fragment d'Okazaki commence par la synthèse d'ARN.
- L'ADN ligase assure la liaison entre deux fragments contigus d'ADN simple brin.
- On appelle "ADN hélicase" la protéine séparant les deux brins appariés de la molécule d'ADN à répliquer, au niveau de la pointe de chaque fourche.

## TD 10 : La synthèse protéique (transcription et traduction)

### Objectifs de l'enseignement

Au terme de ce TD, l'étudiant doit être capable de :

- Définir la transcription, le code génétique et la traduction,
- Préciser les mécanismes et les caractéristiques générales des deux processus
- Comparer les deux processus chez les eucaryotes et chez les procaryotes

### Connaissances préalables recommandées pour réaliser ce TD

L'étudiant doit avoir des connaissances sur les gènes et les génomes, le dogme central de la biologie moléculaire, les différences et les similitudes entre le génome procaryote et le génome eucaryote, la structure de l'ADN, la structure de l'ARN, le brin sens, l'ARN polymérase, les substrats de la transcription, l'unité de transcription, le promoteur et sa structure, les modifications du transcrit primaire, le code génétique et ses caractéristiques, la structure des ribosomes, la structure de l'ARN de transfert, les étapes de la traduction, les modifications post-traductionnelles

### Mots clés

ADN, ARNm, brin codant, brin non codant, brin matrice, ARN polymérase, rNTP, 5' 3', site d'initiation, promoteur, terminateur, bulle de transcription, TATA box, exons, introns, coiffe, queue polyA, excision-épissage, codon, dégénérescence, cadre de lecture, codon d'initiation, codon stop, ribosome, ARNt, amino-acyl-ARNt-synthétase, translocation, GTP, GDP, Met....

### Exercice 1

Compléter les propositions suivantes :

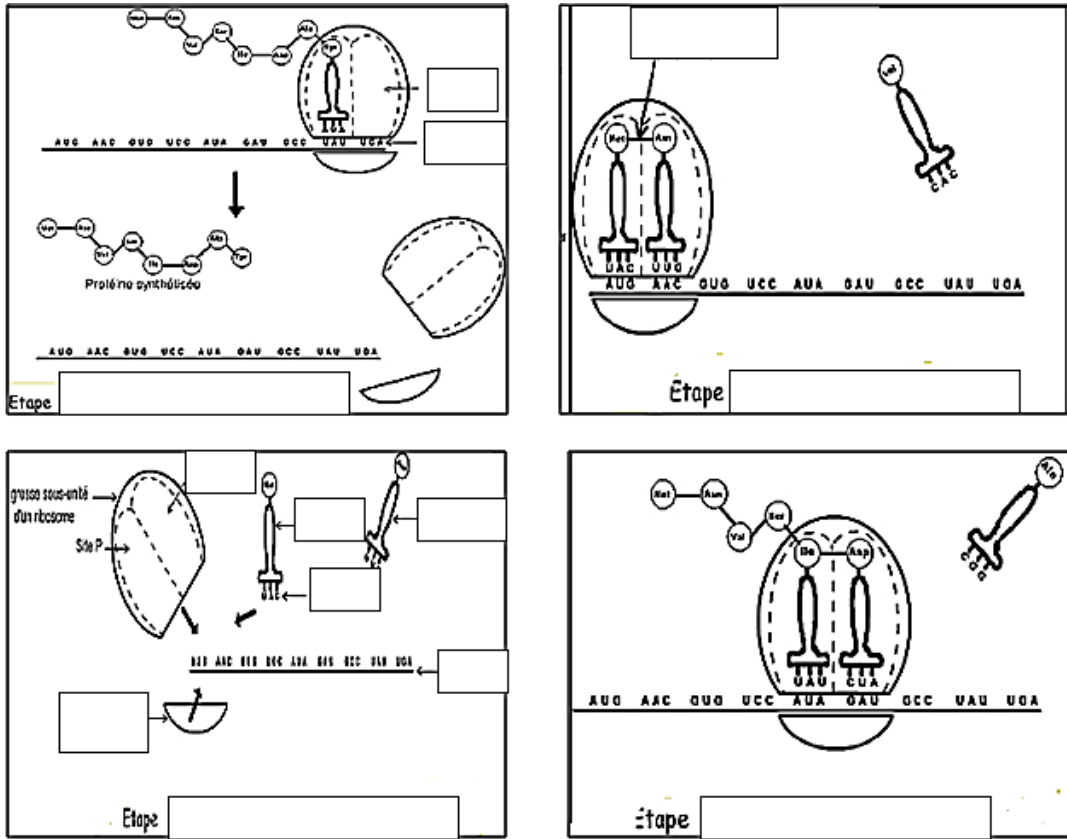
- 1- La transcription commence quand une molécule d' \_\_\_\_\_ se lie à une séquence \_\_\_\_\_ sur la double hélice d'ADN.
- 2- L'extrémité 3' de la plupart des transcrits de la polymérase II est définie par une modification, au cours de laquelle le transcrit en élongation est clivé à un site spécifique, et une \_\_\_\_\_ est ajoutée à l'extrémité 3' coupée par une polymérase distincte.
- 3- Les séquences codantes d'ARN de chaque côté de l'intron sont réunies l'une à l'autre après que la séquence intronique ait été retirée ; Cette réaction est connue sous le nom d' \_\_\_\_\_
- 4- Dans une molécule d'ARNt, l' \_\_\_\_\_ est destiné à s'apparier à une séquence complémentaire de trois nucléotides, le \_\_\_\_\_, situé sur une molécule d'ARNm.
- 5- Des enzymes appelées \_\_\_\_\_ couplent chaque acide aminé à une molécule d'ARNt appropriée pour créer une molécule d' \_\_\_\_\_
- 6- Un \_\_\_\_\_ comporte deux sites de liaison pour des molécules d'ARNt : le site P ou \_\_\_\_\_ lie la molécule d'ARNt associée à la chaîne polypeptidique en élongation, et le site A ou \_\_\_\_\_ lie une nouvelle molécule d'ARNt chargée d'un acide aminé.

### Exercice 2

- Une séquence d'acides aminés est composée de la façon suivante : Met-Val-His  
Combien d'ARNm peuvent coder cette mini-protéine ?
- Une autre séquence est composée de : Met-Val-His-Ser-Pro-Leu-Val-Phe-Asp  
Quel est le nombre d'ARNm possible dans ce cas ?

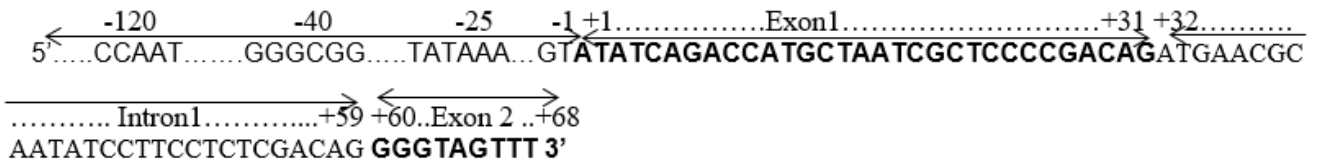
### Exercice 3

- Légender et ordonner les schémas suivants :



### Exercice 4

L'ADN génomique présenté ci-dessous contient la séquence d'un gène (brin sens) codant une enzyme A :



- Ce gène est-il d'origine eucaryote ou procaryote ? Justifier
- Donner la séquence du brin complémentaire.
- Que représente la séquence de la région de -1 à -120 ?
- Où se positionne l'ARN polymérase II sur l'ADN ?
- Citer les étapes pour passer d'un ARN pré-messager à un ARNm.



- Donner la séquence de l'ARNm mature issu de la transcription de ce gène (En précisant les modifications post-transcriptionnelles, la séquence nucléotidique, l'emplacement du codon d'initiation et du codon stop)
- Combien d'acides aminés sont codés par cet ARNm ?
- Ecrivez la séquence peptidique.

### Le code génétique

		Deuxième nucléotide								
		U		C		A		G		
Premier nucléotide	U	UUU	phényl-alanine	UCU	sérine	UAU	tyrosine	UGU	cystéine	U C A G
		UUC		UCC		UAC		UGC		
		UUA	leucine	UCA		UAA	STOP	UGA	STOP	
		UUG		UCG		UAG		UGG	tryptophane	
	C	CUU	leucine	CCU	proline	CAU	histidine	CGU	arginine	U C A G
		CUC		CCC		CAC		CGC		
		CUA		CCA		CAA	glutamine	CGA		
		CUG		CCG		CAG		CGG		
	A	AUU	isoleucine	ACU	thréonine	AAU	asparagine	AGU	sérine	U C A G
		AUC		ACC		AAC		AGC		
		AUA		ACA		AAA	lysine	AGA	arginine	
		AUG	méthionine	ACG		AAG		AGG		
	G	GUU	valine	GCU	alanine	GAU	acide aspartique	GGU	glycine	U C A G
		GUC		GCC		GAC		GGC		
		GUA		GCA		GAA	acide glutamique	GGA		
		GUG		GCG		GAG		GGG		

## TD 11 : Les mutations chromosomiques et les mutations géniques

### Objectifs de l'enseignement

Au terme de ce TD, l'étudiant doit être capable de :

- Définir un caryotype
- Différencier une mutation chromosomique d'une mutation génique
- Différencier les aberrations de structure et les aberrations de nombre
- Définir / décrire les différents types de mutations chromosomiques
- Définir / décrire les différents types de mutations géniques
- Connaître les effets phénotypiques des mutations

### Connaissances préalables recommandées pour réaliser ce TD

L'étudiant doit avoir des connaissances sur le caryotype, les chromosomes et leur structure, le code génétique, les types de mutations chromosomiques (anomalies de nombre et anomalies de structure), les types de mutations géniques, la disjonction et la non disjonction des caractères

### Mots clés

Chromosome, caryotype, duplication, délétion, inversion, translocation, aneuploïdie, polyploïdie, substitution, insertion, amplification...

### Exercice 1

La séquence suivante se trouve dans le brin matrice d'un ADN.

Séquence du brin matrice : 3'-TAC TGG CCG TTA GTT GAT ATA ACT-5'

Numérotation des nucléotides : 1  $\longrightarrow$  24

- Déterminez les acides aminés de la protéine codée par cette séquence en utilisant la grille du code génétique.
- Donnez la séquence d'acides aminés de la protéine codée par les différentes séquences mutées suivantes :
  - Une transition au nucléotide 11 :
  - Une délétion du nucléotide 7
  - Une transversion T----A en position 15
  - L'addition d'un triplet TGG après le nucléotide 6

### Exercice 2

Un chromosome comprend les segments suivants, où . représente le centromère : ABCDE.FG

Quels types de mutations chromosomiques sont-ils nécessaires pour changer ce chromosome en chacun des chromosomes suivants ? (Dans certains cas, plus d'une mutation peut être nécessaire)

- ABE.FG
- AEDCB .FG
- ABABCDE.FG
- AF.EDCBG

- ABCDEEDC.FG

### Exercice 3

L'espèce I est diploïde ( $2n=6$ ) avec les chromosomes AABBC ; l'espèce II, qui est apparentée, est diploïde ( $2n=6$ ) avec les chromosomes MMNNO. Décrivez la garniture chromosomique qu'on trouverait chez des individus porteurs des mutations chromosomiques suivantes :

- Autotriploïdie chez l'espèce I
- Allotétraploïdie impliquant les espèces I et II
- Monosomie chez l'espèce I
- Trisomie du chromosome M chez l'espèce II
- Tétrasomie du chromosome A chez l'espèce I
- Allotriploïdie impliquant les espèces I et II
- Nullisomie pour le chromosome N chez l'espèce II

## **Travaux Dirigés de Génétique**

Ce manuscrit s'adresse aux étudiants de Licence II Sciences de la Nature et de la Vie (Sciences Biologiques, Biotechnologies et Ecologie et Environnement).

Il rassemble un nombre considérable d'exercices de génétique fondamentale et de génétique moléculaire, qui traitent :

- L'analyse fonctionnelle de la dominance, de la récessivité ;
- L'analyse de la ségrégation allélique, de l'indépendance et de la liaison génétique et de la recombinaison génétique.
- Le matériel génétique, le dogme central de la biologie moléculaire et les mutations

Ce livre doit être utilisé comme un véritable outil de travail.

Il faut lire l'énoncé de chaque exercice très attentivement et tenter de tirer le maximum d'informations à partir des données. Il faut ensuite relire l'exercice en essayant de répondre à chaque question où l'accent doit être mis sur l'enchaînement des raisonnements qui permettent, à partir de données expérimentales et de connaissances théoriques, de bâtir des hypothèses et de tirer des conclusions. Il est conseillé de progresser ainsi dans l'étude de la génétique chapitre par chapitre en suivant les conseils des enseignants lors de chaque séance d'étude.

**BOULDJADJ Redouane**

**&**

**BECHKRI Sakina**

**Enseignants chercheurs à l'Université  
Frères Mentouri Constantine1**