

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE**

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE DE DJILLALI LIABES DE SIDI BEL ABBES  
FACULTE DE MEDECINE  
DEPARTEMENT DE PHARMACIE**



## **Polycopié**

# **TRAVAUX PRATIQUES DE MODULE DE BIOLOGIE CELLULAIRE**

**Achwak Fatna BENDOUIDA**

Docteur en Sciences option Biologie Cellulaire

Maître de Conférences B

---

*Polycopié destiné aux étudiants en spécialité de Docteur en pharmacie, Docteur en médecine générale et Masters en Sciences Biologiques.*

**2023-2024**

## AVANT-PROPOS

Ce support de Travaux Pratiques (TP) en Biologie Cellulaire est essentiellement destiné aux étudiants de 1<sup>ère</sup> année spécialisés en pharmacie mais peut également servir aux étudiants de Médecine et de Médecine Dentaire. D'autres spécialités peuvent y trouver un appui notamment les Sciences de la Nature et de la Vie (SNV), ... etc.

Les étudiants, ainsi que les enseignants ayant comme tâche d'enseigner le même module, pourraient y trouver un intérêt pédagogique concret car il cherche à faire le tour des notions fondamentales de la biologie, allant de la structure de la cellule, qui est l'élément constitutionnelle et de fonctionnement le plus simple aux éléments les plus compliqués, sur lesquels reposent l'essentiel des fondements modernes de la biologie cellulaire.

Les TP ont pour objectif principal l'apprentissage pratique, et particulièrement, la réalisation d'expériences qui permettent la vérification et l'enrichissement des connaissances données dans le cours théorique.

Ce travail présente les TP, qui sont au nombre de huit (08 TP). Chaque TP comprend un rappel, avec le travail demandé et un protocole détaillé. Quatre (04 TP) sont programmés par semestre, dont le premier est une initiation et manipulation du microscope optique. Le deuxième TP correspond à une étude microscopique de la cellule animale de la muqueuse buccale. Le troisième TP est consacré pour savoir les méthodes d'étude de la cellule. Le quatrième TP s'intéresse à l'étude de la division cellulaire amitotique et mitotique. Le cinquième TP vise à étudier à l'échelle microscopique le tissu épithélial de revêtement et glandulaire. Le sixième TP sert à étudier à l'échelle microscopique le tissu conjonctif spécialisé (le tissu sanguin). Le septième TP relatif à une étude microscopique du tissu musculaire. Enfin, le dernier TP décrit la division cellulaire indirecte méiotique.

Ce polycopié de TP aborde tous le programme du module de Biologie Cellulaire établi par le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.

Ce support représente une synthèse d'expérience acquise à travers ma tâche pédagogique d'enseignante du module de Biologie Cellulaire au sein du Département de Pharmacie, Faculté de Médecine TALEB Mourad à l'Université Djilali Liabès de Sidi Bel Abbès.

# SOMMAIRE

## LISTE DES FIGURES

## LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION	1
CONSIGNES IMPORTANTES CONCERNANT LES TRAVAUX PRATIQUES	3
TP N°1 : Initiation à l'utilisation du microscope optique	5
TP N°2 : Etude microscopique de la cellule animale (muqueuse buccale)	10
TP N°3 : Les méthodes d'étude de la cellule (Les techniques de microscope) Les préparations tissulaires pour microscopie optique	12
TP N°4 : Division cellulaire (Amitose et mitose)	23
TP N°5 : Etude microscopique du tissu épithélial (Revêtement et glandulaire)	32
TP N°6 : Etude microscopique du tissu sanguin	36
TP N°7 : Etude microscopique du tissu musculaire	39
TP N°8 : Division cellulaire indirecte (Méiose)	43
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	64

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1</b>	Microscope optique	6
<b>Figure 2</b>	Etapes expérimentales de réalisation du frottis buccal	10
<b>Figure 3</b>	Observation au microscope photonique de cellules eucaryotes animales de l'épithélium buccal montées au bleu de méthylène (X400)	11
<b>Figure 4</b>	Scalpel	13
<b>Figure 5</b>	Réalisation d'un petit échantillon tissulaire ensuite placé dans une cassette en plastique codée (Photos prises au service d'Anatomie pathologique, CHU de Sidi-Bel-Abbès)	15
<b>Figure 6</b>	Automate de déshydratation (Photos prises au service d'Anatomie pathologique, CHU de Sidi-Bel-Abbès)	16
<b>Figure 7</b>	Après refroidissement, on se trouve en présence d'un bloc de paraffine, dur, à l'intérieur duquel la pièce prélevée est incluse (Photos prises au service d'Anatomie pathologique, CHU de Sidi-Bel-Abbès)	17
<b>Figure 8</b>	Démoulage	17
<b>Figure 9</b>	Bloc de paraffine	17
<b>Figure 10</b>	Coupe du bloc de paraffine à l'aide d'un microtome (Photos prises au service d'Anatomie pathologique, CHU de Sidi-Bel-Abbès)	18
<b>Figure 11</b>	Obtention de ruban de coupe (Photos prises au service d'Anatomie pathologique, CHU de Sidi-Bel-Abbès)	19
<b>Figure 12</b>	Etallement (Photos prises au service d'Anatomie pathologique, CHU de Sidi-Bel-Abbès)	19
<b>Figure 13</b>	Collage (Photos prises au service d'Anatomie pathologique, CHU de Sidi-Bel-Abbès)	20
<b>Figure 14</b>	Automate de coloration (Photos prises au service d'Anatomie pathologique, CHU de Sidi-Bel-Abbès)	20
<b>Figure 15</b>	Etape de montage (Photos prises au service d'Anatomie pathologique, CHU de Sidi-Bel-Abbès)	21
<b>Figure 16</b>	Microscope optique (Photos prises au service d'Anatomie pathologique, CHU de Sidi-Bel-Abbès)	22

<b>Figure 17</b>	Jonction dermo-épidermique, coloration HES X 10	22
<b>Figure 18</b>	Division de <i>Saccaromyces Cerevisiae</i> par étirement	24
<b>Figure 19</b>	Différentes phases du cycle cellulaire	25
<b>Figure 20</b>	Métaphase	27
<b>Figure 21</b>	Compaction de l'ADN dans un chromosome mitotique	30
<b>Figure 22</b>	Différentes étapes de mitose	30
<b>Figure 23</b>	Variation de la quantité d'ADN dans une cellule lors du cycle cellulaire	31
<b>Figure 24</b>	Classification des épithéliums de revêtement selon la forme des cellules et le nombre de couches cellulaire	33
<b>Figure 25</b>	Structure de l'épithélium avec de nombreuses cellules ciliées (CC) quelques cellules glandulaires (CG), des cellules intercalaires (CI) et des cellules basales (CB); les fibres conjonctives du chorion (Ch) sont colorées en bleu	33
<b>Figure 26</b>	Glande endocrine comparée à une glande exocrine	34
<b>Figure 27</b>	Spécialisation du pôle apical	35
<b>Figure 28</b>	Réalisation du frottis sanguin	37
<b>Figure 29</b>	Muscle strié, muscle cardiaque, muscle lisse	40
<b>Figure 30</b>	Schéma simplifié représentant une méiose	43
<b>Figure 31</b>	Chromosomes sont constitués d'ADN	44
<b>Figure 32</b>	Cycle de développement d'un pluricellulaire	45
<b>Figure 33</b>	Evolution de la quantité d'ADN par cellule lors d'une duplication suivie d'une méiose	45
<b>Figure 34</b>	Micrographie de chromatine	46
<b>Figure 35</b>	Interphase (phase séparant 2 mitoses)	46
<b>Figure 36</b>	Prophase I	47
<b>Figure 37</b>	Stades de prophase	48
<b>Figure 38</b>	Stade de leptotène	48
<b>Figure 39</b>	Stade de zygotène	49
<b>Figure 40</b>	Stade de pachytène	50
<b>Figure 41</b>	Formation de chiasma	50
<b>Figure 42</b>	Stade de diplotène	51
<b>Figure 43</b>	Stade de diacinèse	52
<b>Figure 44</b>	Métaphase I Stade de diacinèse	53
<b>Figure 45</b>	Anaphase I	54
<b>Figure 46</b>	Télophase I	55
<b>Figure 47</b>	Prophase II	56

<b>Figure 48</b>	Métaphase II	57
<b>Figure 49</b>	Anaphase II	58
<b>Figure 50</b>	Télophase II	59
<b>Figure 51</b>	Transformations cytologiques lors de la méiose	60

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau I</b>	Synthèse de la division cellulaire mitotique	28
<b>Tableau II</b>	Différentes étapes qui constituent la mitose	29
<b>Tableau III</b>	Aspects et les caractéristiques des différentes cellules colorées	38
<b>Tableau IV</b>	Division cellulaire méiotique réductionnelle et équationnelle	61
<b>Tableau V</b>	Comparaison entre la mitose et la méiose	62
<b>Tableau VI</b>	Mitose VS Méiose	63

## INTRODUCTION

**L**es scientifiques étudient les êtres vivants depuis plus de 400 ans. Au début, leurs observations étaient faites à l'œil nu. Plus tard, l'invention du microscope leur a permis d'observer des cellules pour la première fois. 1595 : **Zacharias Janssen**, fabricant de lunette hollandais a eu l'idée de superposer deux lentilles afin de grossir de très petites choses. 1665 : **Robert Hooke** et **Antoine van Lee** apportent quelques modifications à l'idée de **Zacharias Janssen** et développent les premiers microscopes qui leur permettent d'observer des choses qui étaient jusqu'alors invisibles à l'œil nu. 1677 : **Antoine van Lee** observe sous microscope des "compartiments" dans une tranche de liège que Hooke nomme cellules sans élaborer de théorie quant à leur nature. 1839 : **Theodor Schwann** et **Matthias Jakob Schleiden** découvrent que les plantes et les animaux sont faits de cellules, concluant que la cellule est l'unité commune de structure et de développement : naissance de la théorie cellulaire. 1858 : **Louis Pasteur** réfute la théorie de la génération spontanée, croyance selon laquelle, des formes de vie peuvent apparaître spontanément. 1858 : **Rudolf Virchow** résume la théorie cellulaire sous sa forme définitive « Là où apparaît une cellule, il doit y avoir eu une autre cellule auparavant ». Ainsi, après avoir observé plusieurs êtres vivants différents au microscope, les scientifiques ont compris que les êtres vivants sont tous constitués de cellules et que chaque cellule est issue d'une cellule mère. Ces conclusions ont mené les scientifiques à élaborer la théorie cellulaire [1].

Plusieurs niveaux universitaires ont besoin d'information sur la biologie cellulaire qui est une discipline fondamentale dont l'objectif primordial est de maîtriser l'utilisation de microscope, acquérir des notions de bases en cytologie, physiologie cellulaire, histologie et cytogénétique et surtout familiariser les étudiants bacheliers en Techniques-Maths avec le monde vivant. Depuis toujours, l'approche expérimentale et les techniques associées sont au cœur de cette discipline.

Aussi, l'étudiant va construire progressivement cette performance complexe, en maîtrisant des savoirs, en mettant en œuvre des savoir-faire et en le faisant avec un savoir-être de professionnel.

À la fin de ce programme l'étudiant sera capable de :

- **En termes de connaissances**, pour apprendre de manière pratique les notions théoriques de biologie cellulaire acquises en baccalauréat.
- **En termes de savoir-faire**, pour être capable d'utiliser le microscope et savoir comment faire la mise au point microscopique. Aussi, pour être capable de comparer entre toutes les cellules et tous les types de tissus du corps humain.
- **En termes de savoir-être**, surmonter tous les problèmes rencontrés lors de la manipulation tels que la cassure des lames cyto-histologiques.

# CONSIGNES IMPORTANTES CONCERNANT LES TRAVAUX PRATIQUES

## ▪ **Habillement et comportement au sein du laboratoire**

- Les étudiants doivent se présenter obligatoirement à leurs séances de TP. Les absences doivent être justifiées.
- Pour assurer un bon déroulement des TPs, les étudiants doivent respecter rigoureusement leurs affectations.
- L'accès au laboratoire est strictement interdit sans blouse.
- Au sein du laboratoire et en cours des séances, il est interdit de :
  - Manger, boire et mâcher le Schwingum.
  - Parler au téléphone.
- Les étudiants doivent remettre un compte-rendu pour chaque TP. Une note de zéro sera attribuée pour les étudiants qui ne remettront pas leurs comptes-rendus.

## ▪ **Règlement intérieur des laboratoires de biologie cellulaire**

Il est impérativement important de savoir :

- La réalisation des expériences du TP peut se faire par binôme ou trinôme selon le nombre des étudiants présents et des instruments nécessaires pour la réalisation du TP, mais le compte-rendu doit être individuel ;
- Au début de chaque séance, l'étudiant doit lire soigneusement le travail à faire mentionné sur le tableau ;
- Lors de toutes les séances du TP, l'étudiant doit se munir de matériel : feuilles blanches 21/27, crayon, crayon de couleur, taille crayon, gomme, règle, trombone ou graveuse.

## ▪ **Présentation des comptes-rendus**

- Le compte-rendu du TP se doit être rédigé entièrement au crayon et en recto. Il comprend la 1ère feuille « la page de garde » (En haut et à gauche : l'étudiant doit mentionner son nom et prénom, en haut et à droite : l'étudiant doit mentionner la date, au milieu : l'étudiant doit mentionner le titre de TP) ;
- L'étudiant doit expliquer en quelques lignes l'objectif visé par chaque manipulation ;
  - Le dessin doit représenter l'image issue par l'outil d'observation qui est dans la majorité des cas le microscope (agrandir l'image en lui conservant ses proportions) ;
  - Le grossissement utilisé doit être mentionné dans chaque dessin ;

- La légende complète doit être mentionnée dans chaque dessin, écrite d'une manière lisible, ordonnée et écrite d'un seul côté avec des flèches parallèles ;
  - Le titre doit être complet et comprend tous les mots clés (Types des cellules, types des tissus ...) ;
  - L'interprétation : l'étudiant doit interpréter scientifiquement en quelques lignes ce qu'il observe microscopiquement.
- **Avant de quitter le laboratoire**
- Eteindre les lampes des microscopes, débrancher les prises et ranger soigneusement les microscopes à leurs places.
  - Nettoyer les paillasses, ranger les chaises et déposer le compte-rendu du TP.

# TP N°1 : Initiation à l'utilisation du microscope optique

## 1. Objectifs

À l'issue de cette séance, les étudiants seront capables de connaître :

- La composition du microscope optique et son principe de fonctionnement ainsi sa méthode d'utilisation ;
- Le calcul du grossissement.

## 2. Rappels théoriques

### 2.1. Introduction

Les microscopes ont permis aux savants de découvrir les secrets du monde animal, végétal et minéral. Ensuite il a permis l'étude de la biologie, des maladies et de travailler enfin sur la cellule humaine.

<https://mesurelab.fr/activit/pst/microscope.htm>

### 2.2. Définition

Le microscope optique ou microscope photonique est un instrument d'optique muni d'un objectif et d'un oculaire qui permet de grossir l'image d'un objet de petites dimensions (ce qui caractérise son grossissement) et de séparer les détails de cette image (le pouvoir de résolution) afin qu'il soit observable par l'œil humain [2].

### 2.3. Domaines d'utilisation

- ✓ Il est utilisé en **biologie** pour observer les cellules,
- ✓ Il est utilisé en **histologie** pour observer les tissus,
- ✓ Il est utilisé en **pétrographie** pour reconnaître les roches,
- ✓ Il est utilisé en **métallurgie** et en métallographie pour examiner la structure d'un métal ou d'un alliage (Un **alliage** est la combinaison d'un élément métallique avec un ou plusieurs autres éléments chimiques par fusion) [2, 3].

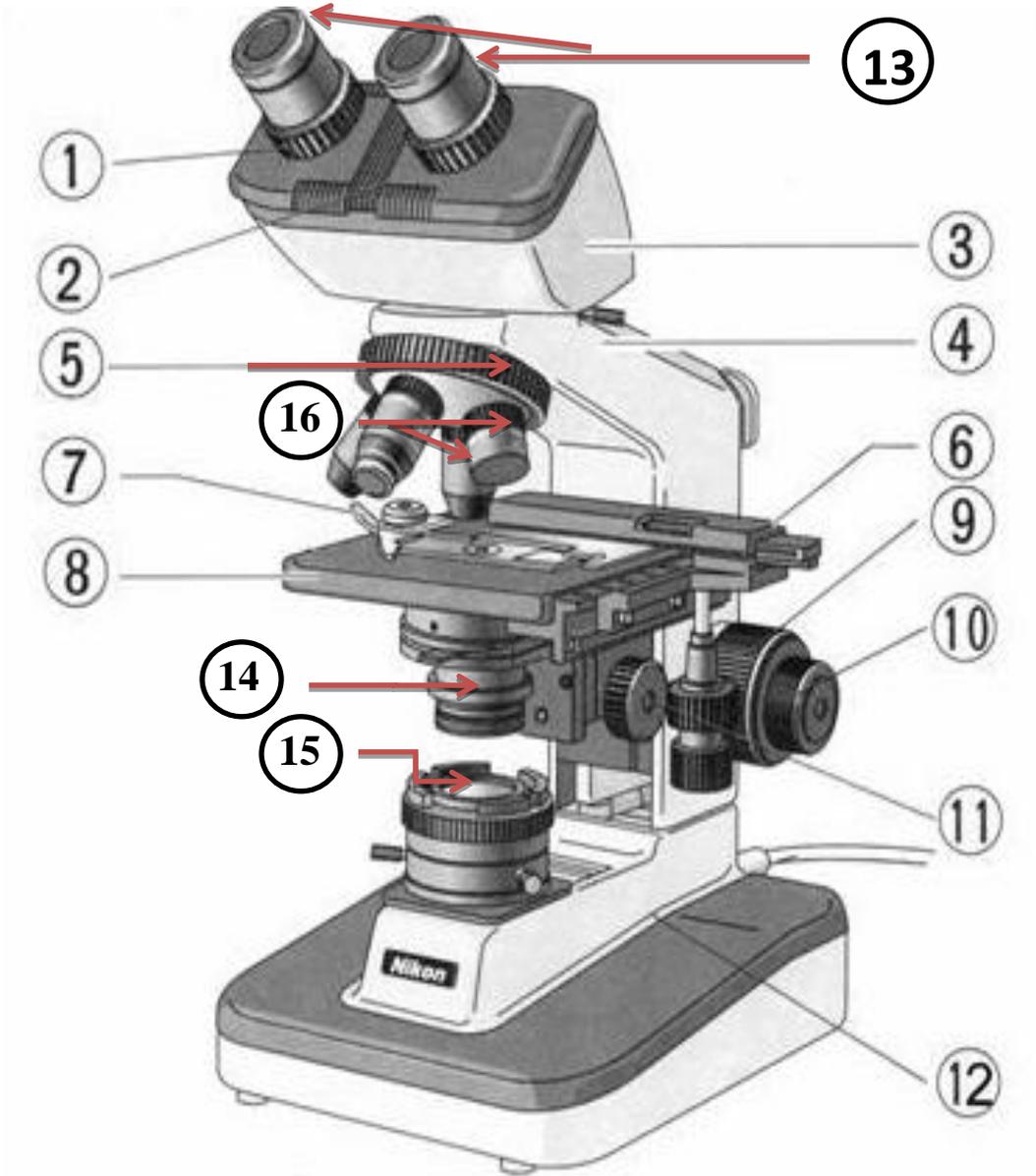


Fig.1 : Microscope optique [4]

## 2.4. Composition du microscope optique

Le microscope optique comprend une partie mécanique et une partie optique.

Partie mécanique :

### A. Statif :

- 4- La potence : Partie rigide portant des vis de réglage (les vis macro et micrométriques) ;
- 8- La platine porte-objet : Support des préparations microscopiques. A son centre existe une ouverture pour le passage des rayons lumineux ;
- 12- Le pied : Support de l'ensemble.

### B. Tube :

- 3- Diapositif porte-oculaire (Tube binoculaire) ;
- 5- Diapositif porte-objectif (Tourelle porte-objectif ou revolver), il supporte plusieurs objectifs qui se substituent par rotation.

### C. Vis de mise au point :

- 6- Vis de positionnement (droite-gauche) et (avant-arrière) ;
- 9- Vis macrométrique de mouvements rapides ;
- 10- Vis micrométrique de mouvements lents ;
- 11- Vis de réglage de la hauteur du condenseur.

**NB : Les éléments suivants appartiennent aussi à la partie mécanique qui est constitué de tous les éléments mobiles.**

- 1- Oculaire de réglage ;
- 2- Glissière de réglage de l'écartement inter-papillaire qui permet d'adapter leur écartement en fonction des yeux de l'observateur ;
- 7- Chariot de fixation et de positionnement de la lame porte-objet (de droite à gauche et d'avant en arrière).

Partie optique :

- 13- **Oculaire** : Il peut être unique (monoculaire) ou double (binoculaire). Un oculaire est toujours constitué de deux lentilles ;
- 16- **Objectif** : Constitué de plusieurs lentilles. Notre microscope possède plusieurs objectifs vissés sur le revolver et ils sont de grossissement divers. Objectifs 4, 10 et 40 sont dits « à sec » dans ce cas la lentille frontale de l'objectif est séparée de la préparation par de l'air. L'objectif 100 est dit « à immersion » car on interpose entre la lentille frontale et la préparation un liquide (l'huile de cèdre ou l'huile à

immersion). L'avantage de l'immersion c'est de supprimer la réfraction et la réflexion des rayons lumineux à la sortie de la lamelle avec une amélioration de la netteté des images.

Système d'éclairage :

Au microscope est adjoint un système d'éclairage qui est fixé sous la platine. L'étude des objets se fait donc en lumière transmise :

14- **Condenseur** c'est un système de lentille qui fait condenser la lumière avec diaphragme qui permet de régler l'ouverture du cône lumineux;

15- **Lampe** : Source lumineuse réglée par le rhéostat.

**NB : Les éléments appartenant à la partie optique est constitué de tous les éléments fabriqués en lentille [5].**

## **2.5. Microscope électronique**

Un **microscope électronique** (ME) est un type de microscope qui utilise un faisceau de particules d'électrons pour illuminer un échantillon et en créer une image très agrandie. Les microscopes électroniques ont un plus grand pouvoir de résolution que les microscopes optiques qui utilisent des rayonnements électromagnétiques. Ils peuvent obtenir des grossissements beaucoup plus élevés allant jusqu'à 5 millions de fois, alors que les meilleurs microscopes optiques sont limités à un grossissement de 2500 fois [6].

## **2.6. Utilisation du microscope**

### **2.6.1. Mise en place de la lame et mise au point**

- . Brancher et allumer le microscope; descendre la platine ;
- . Enclencher l'objectif de plus faible grossissement (x 4, souvent marqué par un liseré rouge) ;
- . Placer la lame à observer en centrant la préparation ;
- . Remonter la platine à l'aide de la vis macrométrique tout en regardant la position de celle ci afin de ne pas casser la lame;
- . Redescendre la platine à l'aide de la vis macrométrique tout en regardant dans l'oculaire;
- . Dès que l'image devient plus ou moins nette, faire la mise au point à l'aide de la vis micrométrique;
- . Régler la quantité de lumière à l'aide du diaphragme [7].

### 2.6.2. Exploration et choix de l'objectif adéquat

. Rester au faible grossissement pour explorer la préparation en déplaçant la lame, et repérer la (les) structure(s) à observer. Attention à les distinguer des bulles d'eau, bulles d'air, traces de colle et autres artefacts !

. Déplacer la lame pour positionner la (les) structure(s) intéressante(s) au centre du champ visuel;

. Enclencher un objectif de plus fort grossissement en faisant pivoter le porte-objectifs et faire une nouvelle mise au point à l'aide de la vis micrométrique [7].

### 2.6.3. Erreurs à éviter

- Mettre les doigts sur l'oculaire ou sur les objectifs (risque d'empreinte) ;
- Retirer l'oculaire de son tube, dévisser les objectifs (risque de casse et d'encrassement) ;
- Faire la mise au point avec la vis macrométrique (gros risque de casse) ;
- Déplacer le microscope (risque de dérèglement et de casse) [8].

### 2.7. Calcul du grossissement

$$G = G_{\text{objectif}} \times G_{\text{oculaire}} \times 1.25$$

Exemple 1 : pour objectif 4  $\longrightarrow G = 4 \times (8 \times 1.25) = 40 \times$  (Objectif à sec)

Exemple 2: pour objectif 100  $\longrightarrow G = 100 \times (8 \times 1.25) = 1000 \times$  (Objectif à immersion) [9].

## TP N°2 : Etude microscopique de la cellule animale (muqueuse buccale)

### 1. Objectifs

À l'issue de présent TP, les étudiants seront capables de savoir :

- Utiliser le microscope optique, qui est outil principal utilisé pour tous les TP ;
- Réaliser d'une préparation microscopique ;
- La structure des cellules humaines eucaryotes.

### 2. Matériels et produits utilisés

- Coton tige ;
- Lame et lamelle ;
- Colorant vital : Bleu de Méthylène ;
- Microscope optique.

### 3. Réalisation d'une préparation microscopique (Frottis buccal)

- Racler l'intérieur de la bouche avec le coton-tige sans se blesser ;
- Tapoter le coton tige au centre de la lame ;
- Jeter immédiatement le coton-tige ;
- Appuyer légèrement sur la pipette ;
- Plonger la pipette dans le colorant ;
- Relâcher la pression exercée avec les doigts : le colorant monte dans la pipette ;
- Déposer une goutte de colorant bleu de Méthylène qui colore les noyaux à cause de sa forte affinité avec l'ADN et si besoin une goutte d'eau ;
- Déposer la lamelle sur le bord du liquide, en la prenant par les côtés pour éviter les traces de doigts ;
- Incliner la lamelle à 45°. Lorsque la goutte commence à s'étaler sous la lamelle, laisser tomber délicatement la lamelle ;
- Si du liquide déborde : le retirer avec une feuille de papier absorbant bien plane ;
- Préparer le microscope :
  - Lumière ;
  - Petit objectif ;
  - Descendre la platine.
- Disposer la lame de manière à ce que la préparation soit au centre de la lumière ;
- Remonter tout en haut la platine afin d'observer la cellule humaine eucaryote au microscope optique du faible puis au fort grossissement [10].



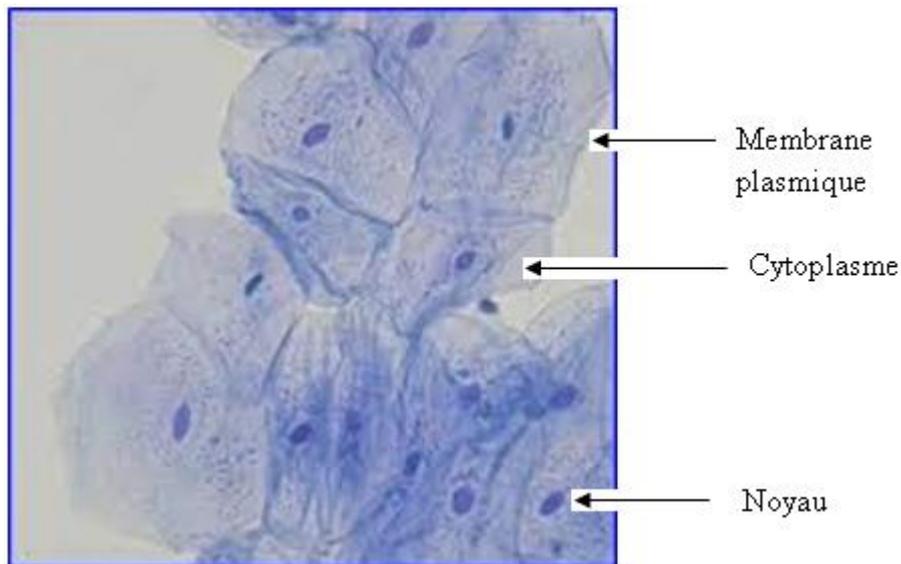
Fig.2 : Etapes expérimentales de réalisation du frottis buccal [8]

#### 4. Résultats obtenus

On observe une structure arrondie délimitée par une membrane plasmique → Cellule. Cette cellule comporte une structure centrale de forme ronde, le noyau → Cellule eucaryote.

La forme arrondie de la cellule, l'absence de paroi entourant la membrane plasmique, l'absence de vacuole et de plaste permettent de conclure que c'est une cellule animale.

A ces grossissements, on distingue de petites inclusions granuleuses à l'intérieur du cytoplasme. Elles correspondent aux divers organites cellulaires, mais on ne peut les voir qu'au microscope électronique à transmission [11].



**Fig.3** : Observation au microscope photonique de cellules eucaryotes animales de l'épithélium buccal montées au bleu de méthylène (X400) [12]

## **TP N°3 : Les méthodes d'étude de la cellule (Les techniques de microscope)**

### **Les préparations tissulaires pour microscopie optique**

#### **1. Objectifs**

- Au terme de cette séance, les étudiants seront capables de comprendre les différentes méthodes utilisées pour étudier les tissus.

#### **2. Introduction**

Pour observer un échantillon cellulaire on a besoin d'une couche fine et mince des cellules étalées entre lame et lamelle comme le frottis buccal après la coloration qui va mettre en évidence les différentes particules cellulaires (Bleu de méthylène qui colore les noyaux en bleu violet). Mais si l'échantillon est épais et massif, il y a toute une technique spécifique nommée la technique de fixation et de coupe des échantillons pour qu'on puisse faire une observation microscopique [13].

Les étapes de cette technique sont comme suite :

1. Prélèvement ;
2. Fixation ;
3. Déshydratation ;
4. Paraffinage ;
5. Coupe au microtome ;
6. Etalement ;
7. Déparaffinage ;
8. Coloration ;
9. Déshydratation ;
10. Montage et observation microscopique.

#### **3. Qu'est-ce qu'une technique de fixation et de coupe des échantillons?**

L'obtention de coupes minces, transparentes de tissus des organes observables au microscope optique.

#### **4. Quels sont les intérêts de technique de fixation et de coupe des échantillons ?**

Elle permet de faire l'anatomie des organes, de connaître la structure des tissus à l'état normal et même de comprendre le dysfonctionnement des tissus à l'état pathologique pour découvrir et définir les anomalies tissulaires.

## 5. Quelles sont les différentes étapes de cette technique microscopique ?

### 5.1. Prélèvement

On utilise des instruments bien tranchants (le Scalpel), afin de ne pas écraser les tissus et donc d'éviter la formation d'artefacts.



**Fig.4 : Scalpel [14]**

#### 5.1.1. Les différents types de prélèvement

- a. Les tissus à l'état normal
- b. Les tissus à l'état pathologique : les prélèvements adressés à l'anatomopathologiste sont d'origines diverses.
  - Biopsie ;
  - Biopsie extemporanée (ou biopsie préopératoire) ;
  - Pièce opératoire.

**NB :** Le prélèvement peut se faire sur un cadavre (le plus rapidement possible après le décès).

- **Biopsie :**

C'est un prélèvement d'un petit fragment qui permet une analyse au microscope de l'anomalie puis un diagnostic histologique [15].

- **Biopsie extemporanée (ou biopsie préopératoire) :**

C'est un examen réalisé dans des délais réduits (moins de 30minutes) pratiqué pendant une intervention et dont les résultats immédiats peuvent modifier la poursuite de l'intervention [15].

- **Pièce opératoire :**

La pièce opératoire désigne tout ce qui est retiré lors d'une chirurgie (tumeur + tissu sain autour d'elle, ganglions, etc.). A l'issue de la chirurgie, toute pièce opératoire est envoyée au service de pathologie afin d'être analysée et d'établir un diagnostic [15].

## **5.2. Fixation**

Elle a pour but la conservation des tissus dans un état aussi proche que possible de leur état vivant. Elle s'effectue en plongeant les prélèvements dans un liquide fixateur. Le fixateur le plus commun en microscopie optique et le plus utilisé dans le monde est le formol 4 à 8 %.

Son principe repose sur le fait qu'il réagit avec les groupements aminés des protéines. La durée de fixation est variable et la quantité de fixateur utilisée doit être au moins dix fois plus importante que le volume de tissu à fixer : quelques heures suffisent donc pour fixer les petits fragments [15, 16].

### **5.2.1. Intérêts de la fixation**

- Immobilisation des constituants tissulaires/cellulaires ;
- Préviend l'autolyse cellulaire ;
- Préviend de la putréfaction bactérienne post-mortem ;
- Permet la technique histologique et les colorations ultérieures [17].

### **5.2.2. Rôle du fixateur**

- Précipitation, polymérisation, coagulation des protéines ;
- Il fixe les cellules à cause de la fragilité et l'instabilité des particules cellulaires ;
- Blocage des réactions enzymatiques.
- Il protège l'échantillon contre les bactéries et les virus qui peuvent l'envahir.

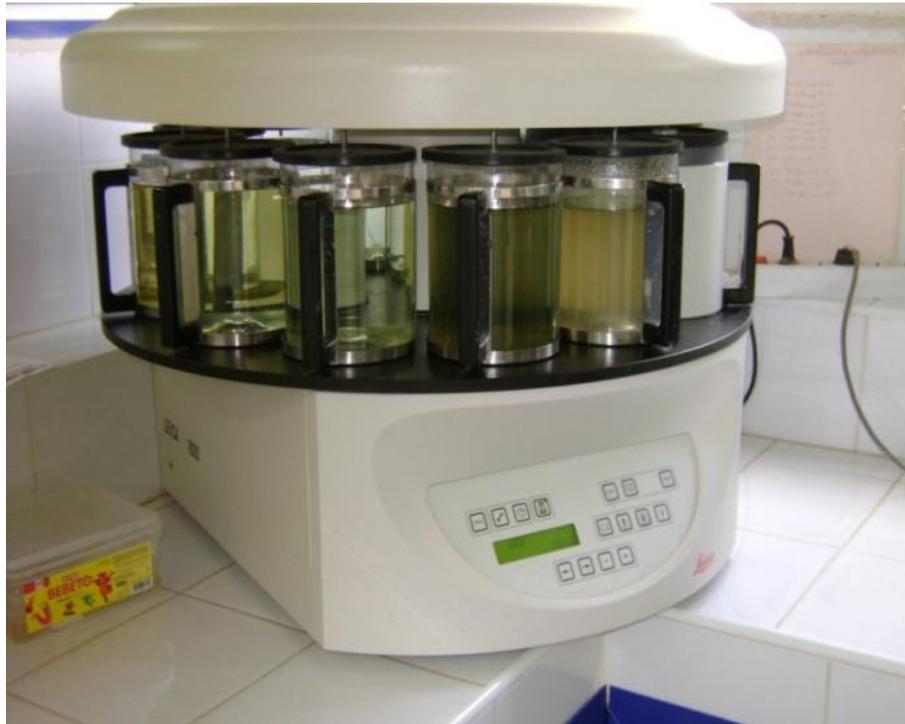
*Les prélèvements sont déposés dans des cassettes en plastique*



**Fig. 5** : Réalisation d'un petit échantillon tissulaire ensuite placé dans une cassette en plastique codée (Photos prises au service d'Anatomie pathologique, CHU de Sidi-Bel-Abbès, photos prises en 2017).

### **5.3. Déshydratation**

Pour utiliser la paraffine (résine blanche opaque) qui est hydrophobe, le prélèvement doit d'abord subir une déshydratation (par immersion dans des bains d'éthanol de degré croissant (70%, 80%, 90%, 95%, 99%, 100%) puis dans des bains de xylène. L'intérêt de la déshydratation est d'éliminer le fixateur. L'éthanol est ensuite remplacé par un solvant miscible à la paraffine : il s'agit soit de xylène, soit de toluène (hydrocarbures aromatiques). Ces substances éliminent l'éthanol. On place les cassettes dans un support, celui-ci doit être plongé dans le premier bain de l'appareil de déshydratation et passer alors automatiquement d'un bain à l'autre [18, 19].



**Fig.6 : Automate de déshydratation (Photos prises au service d'Anatomie pathologique, CHU de Sidi-Bel-Abbès, photos prises en 2017).**

#### **5.4. Enrobage (Paraffinage Et Moulage)**

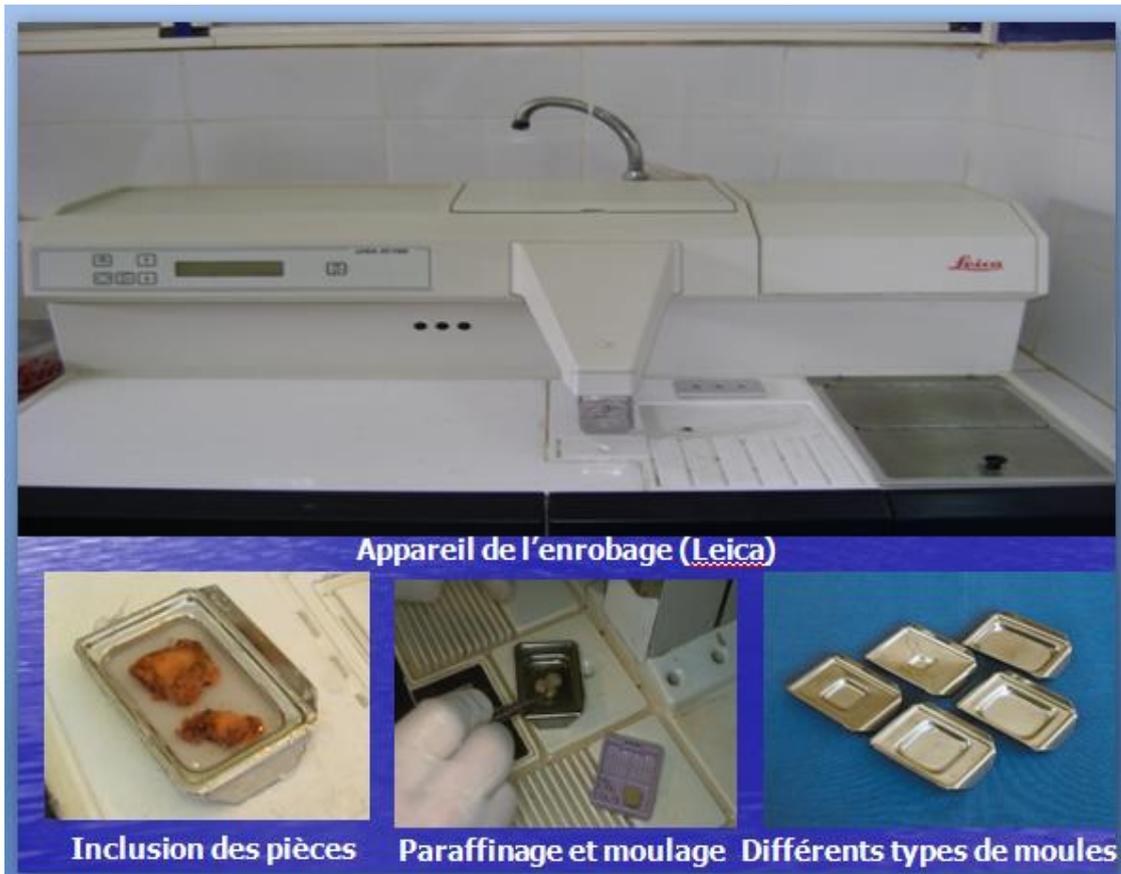
L'enrobage a pour but de permettre la manipulation du tissu et la réalisation de coupes fines et régulières.

L'appareil de l'enrobage est constitué de trois parties :

1<sup>ère</sup> Partie: elle contient différents types des moules ;

2<sup>ème</sup> Partie: elle est caractérisée par une température élevée, elle possède un robinet de paraffine sous forme liquide chauffée à 56°C (Le milieu d'inclusion le plus utilisé) L'enrobage à chaud ;

3<sup>ème</sup> Partie: par contre, cette partie présente de très basses températures comprises entre -9° et -10° L'enrobage à froid [19].



**Fig.7 :** Après refroidissement, on se trouve en présence d'un **bloc de paraffine**, dur, à l'intérieur duquel la pièce prélevée est incluse (**Photos prises au service d'Anatomie pathologique, CHU de Sidi-Bel-Abbès, photos prises en 2017**).



**Fig. 8 :** Démoulage



**Fig. 9 :** Bloc de paraffine

(Photos prises au service d'Anatomie pathologique, CHU de Sidi-Bel-Abbès, photos prises en 2017)

## 5. 5. Coupe Au Microtome

Les coupes sont réalisées par microtomie ou cryotomie. La coupe est une étape importante de la préparation des lames car elle conditionne la bonne observation de l'échantillon en microscopie. Les échantillons inclus en paraffine sont coupés de façon transversale avec un microtome, en fines tranches de 5 micromètres. Les lames de verre sont recouvertes d'une solution contenant un additif permettant d'optimiser l'accroche de la coupe déposée sur la lame. Les lames sont ensuite placées sur des plaques chauffantes afin d'aider au bon étalement de l'échantillon. Le liquide résiduel est retiré à la main après réchauffement de la lame. Les lames sont ensuite séchées à température ambiante [20].



**Fig.10 : Coupe du bloc de paraffine à l'aide d'un microtome (Photos prises au service d'Anatomie pathologique, CHU de Sidi-Bel-Abbès, photos prises en 2017).**



**Fig.11 : Obtention de ruban de coupe (Photos prises au service d'Anatomie pathologique, CHU de Sidi-Bel-Abbès, photos prises en 2017).**

### **5.6. Étalement et collage des coupes sur des lames de verre**

Les coupes sont étalées sur des lames propres et le collage se fait en plaçant les lames sur une plaque chauffante de **45 à 60°C** pendant 15 min, puis les lames sont séchées dans une étuve à 30°C pendant 2h.



**Fig.12 : Etalement (Photos prises au service d'Anatomie pathologique, CHU de Sidi-Bel-Abbès, photos prises en 2017).**



**Fig.13 : Collage (Photos prises au service d'Anatomie pathologique, CHU de Sidi-Bel-Abbès, photos prises en 2017).**

### **5.7. Déparaffinage et réhydratation**

L'échantillon est déparaffiné et réhydraté au préalable afin de permettre aux colorants polaires d'imprégner les tissus. Ainsi, les différents colorants peuvent entrer en contact avec les éléments à colorer en fonction de leur affinité [20].

### **5.8. Coloration**

La plupart des tissus sont transparents. Cette étape a pour but de mettre en évidence les constituants qu'on désire les observer ou les étudier.

On utilise en routine une coloration tri-chromique (Hématoxyline, éosine et safran) qui dure 23 min.

- 🌿 Hématoxyline colore en violet les structures acides (comme les noyaux riches en acides nucléiques).
- 🌿 Eosine colore en rose les structures basiques (comme le cytoplasme).
- 🌿 Safran colore en jaune orangé le collagène [17].



**Fig.14 : Automate de coloration (Photos prises au service d'Anatomie pathologique, CHU de Sidi-Bel-Abbès, photos prises en 2017).**

## 5.9. Déshydratation

Cette étape est très rapide, réalisée avec une déshydratation par bain d'alcool à degré croissant, puis un passage au xylol pour rendre les préparations plus transparentes au microscope.

## 5.10. Montage

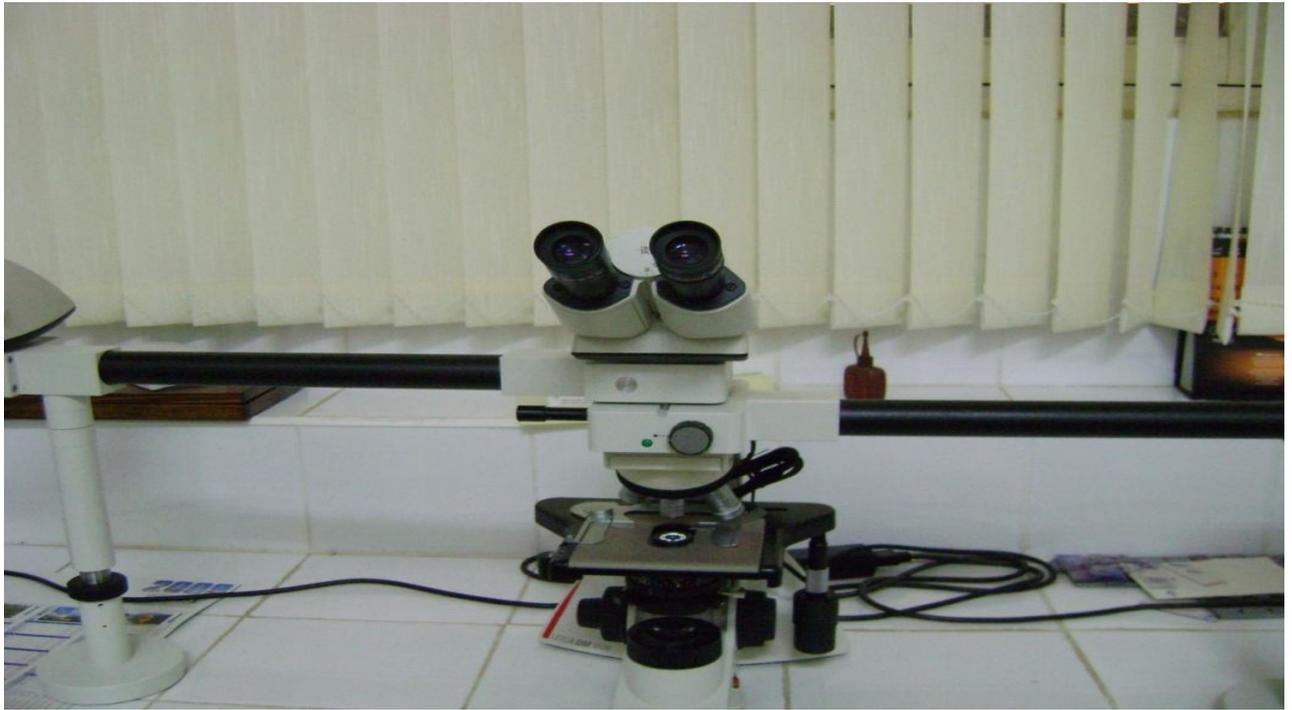
Le montage entre lame et lamelle est nécessaire pour l'examen au microscope. La coupe colorée est protégée par une lamelle de verre collée au baume de canada (une résine synthétique qui colle la préparation, dont l'indice de réfraction est voisin de celui du verre). Les lames montées peuvent être conservées pendant plusieurs dizaines voire plusieurs centaines d'années [17].



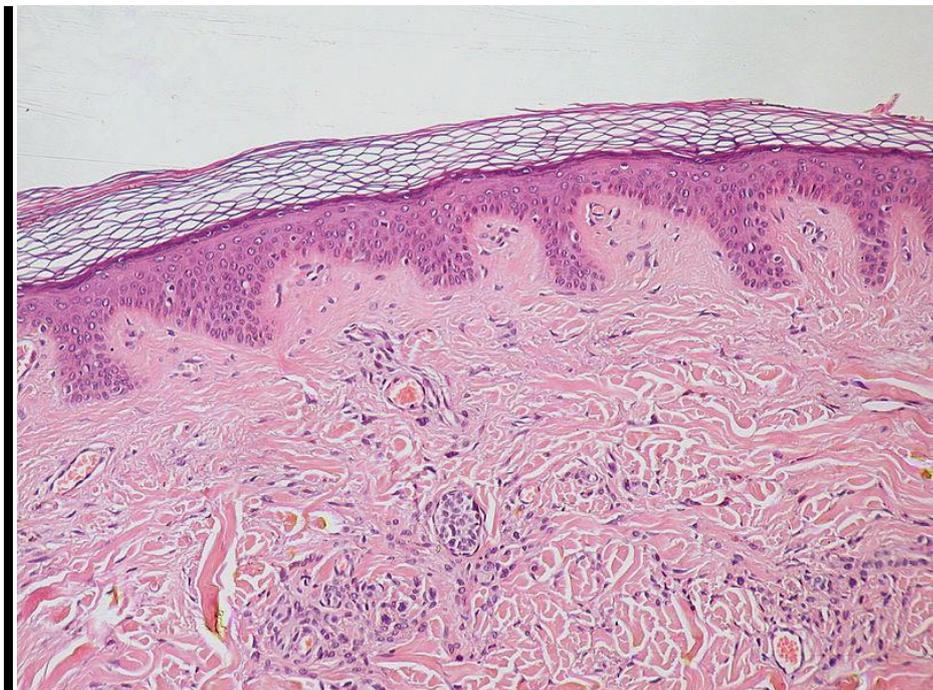
**Fig.15 : Etape de montage (Photos prises au service d'Anatomie pathologique, CHU de Sidi-Bel-Abbès, photos prises en 2017).**

### 5.11. Observation microscopique

On obtient, ainsi, une préparation histologique (ou par abus de langage : une lame histologique) prête à être observée au microscope optique.



**Fig.16 : Microscope optique (Photos prises au service d'Anatomie pathologique, CHU de Sidi-Bel-Abbès, photos prises en 2017).**



**Fig.17 : Jonction dermo-épidermique, coloration HES X 10 [21]**

## TP N°4 : Division cellulaire (Amitose et mitose)

### 1. Objectifs

Au terme de présent TP, les étudiants seront capables de :

- ➔ Savoir l'ameitose ;
- ➔ Pouvoir faire la différence entre les caractéristiques des différentes sous-phases du cycle cellulaire ;
- ➔ Chercher à déterminer les caractéristiques de la mitose qui permettent la transmission conforme de l'information génétique d'une cellule mère aux deux cellules filles.

### 2. Introduction

- Le corps humain est un organisme pluricellulaire, il est constitué par des différents types de cellules. Chaque cellule commence son existence à l'état de cellule unique. Ces cellules se multiplient grâce à un processus appelé division cellulaire. Il y a deux modes de division:
  - **Division directe ou ameitose ;**
  - **Division indirecte (mitose : division asexuée et méiose : division sexuée).**

### 3. Types de division cellulaire

#### 3.1. Division directe

L'ameitose s'effectue par étranglement du cytoplasme et du noyau d'une cellule sans duplication ni répartition chromosomique préalable, la membrane nucléaire ne disparaît pas, contrairement à ce qui se passe dans la mitose. Les deux cellules obtenues sont dissemblables. Processus rare, l'ameitose s'observe dans les proliférations cellulaires actives comme le cancer.

**Cette ameitose se fait selon deux modes :**

- ➔ **L'étirement ou étranglement**
- ➔ **Clivage**

#### 3.1.1. Division par étranglement

La cellule s'allonge, le noyau s'étire et se coupe en son milieu aminci ; le cytoplasme compris entre les deux nouveaux noyaux s'étire et se rompt à son tour.

**Exemple :** Leucocytes (globule blanc) et *Saccaromyces Cerevisiae* (champignon).



**Fig.18 : Division de *Saccaromyces Cerevisiae* par étirement [22, 23]**

### 3.1.2. Division par clivage

- On assiste à une fissure étroite et perpendiculaire qui se traduit par une grande casse du noyau et qui finit par séparer ce dernier en deux (EX : Fibroblaste ; globule blanc (polynucléaire))
- La division amitotique du noyau peut être accompagnée ou suivie de la division du cytoplasme.

### 3.2. Division indirecte (mitose)

- La mitose c'est la multiplication d'une cellule mère en deux cellules filles. Il s'agit d'une duplication asexuée contrairement à la méiose.
- Du grec mitos qui signifie le filament (référence à l'aspect des chromosomes en microscopie) [24].

**Rôle :** Renouvellement des cellules mortes, croissance, cicatrisation.

## 4. Cycle cellulaire

Un cycle cellulaire typique dure de l'ordre de 24h. Il comprend 2 périodes :

- L'interphase, constituée de 3 phases : G<sub>1</sub> ; S ; G<sub>2</sub>
- Mitose: est la période de division cellulaire. Elle dure (1 à 2 h) [25].

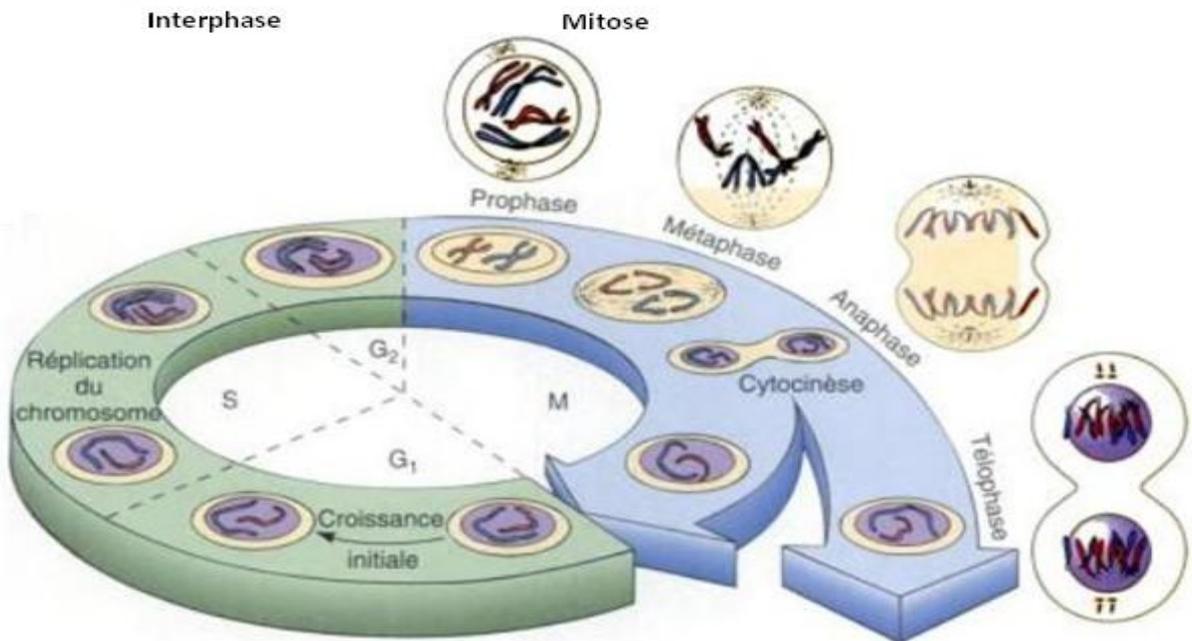


Fig.19 : Différentes phases du cycle cellulaire [26]

### 4.1. Interphase

#### 4.1.1. Phase G<sub>1</sub> (8-12 h)

C'est la croissance de la cellule issue de la division précédente. La cellule croît et effectue les fonctions pour lesquelles elle est programmée génétiquement : synthèse protéique, etc. Cette phase détermine la taille finale des cellules filles issues de la mitose

#### 4.1.2. Phase S (6-8 h)

Dédoublement d'ADN (Synthèse de nouvelle molécule d'ADN).

Au cours de laquelle le matériel chromosomique (pour l'instant sous forme de chromatine) est doublé par réplication. Chaque filament de chromatine s'est dédoublé en deux filaments qui restent collés en une sorte de croix (cette croix est appelée le "chromosome" c'est-à-dire deux chromatides collées par leur centromères).

#### 4.1.3. Phase G<sub>2</sub> (3-6 h)

Repos pour une préparation. Où la cellule se comporte comme lors de la phase G<sub>1</sub>.

## **4.2. Mitose**

Au sens strict, la mitose est la période du cycle cellulaire pendant laquelle les chromosomes sont bien visibles.

Cette division indirecte porte à la fois sur le noyau (Caryocinèse) et sur les divers constituants du cytoplasme (Cytocinèse). Bien que le déroulement de la mitose soit continu, on peut arbitrairement distinguer 4 phases :

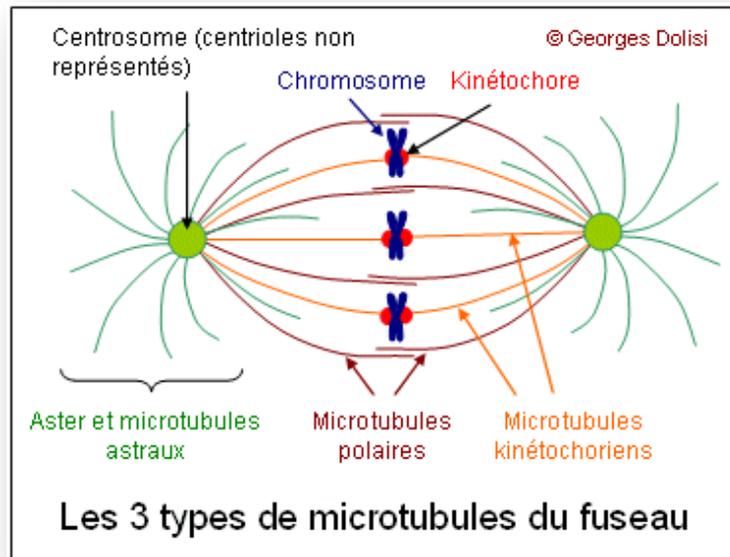
### **4.2.1. Prophase**

C'est une phase d'organisation ou de préparation de la division cellulaire. La membrane cytoplasmique modifie sa perméabilité ; les échanges diminuent. Le noyau et le cytoplasme subissent des changements pendant la prophase. Lors de cette phase, le matériel génétique (ADN), qui en temps normal est présent dans le noyau sous la forme de chromatine se condense, se sépare et se spiralise en structures très ordonnées et individualisées appelées chromosomes (se présente en 2 chromatides), Ils s'épaississent et se raccourcissent.

Ces derniers se fissurent longitudinalement et se dédoublent pour former 4 chromatides. Le centrosome se dédouble en 4 centrioles (diplosome). Les 4 centrioles se séparent durant la prophase, formant deux centrosomes qui migrent chacun vers un pôle de la cellule. La membrane nucléaire disparaît, les nucléoles deviennent flous, et s'évanouissent. Cette phase dure 10min [27].

### **4.2.2. Métaphase**

- ✓ Formation du fuseau achromatique.
- ✓ Les centromères se modifient par l'adjonction d'une structure dense qui forme kinétochore.
- ✓ Les chromatides liées au fuseau achromatique par leurs centromères, se disposent selon un plan équatorial (ou se placent sur la plaque équatoriale). Elle dure entre 25-30 min [27].



**Fig.20 : Métaphase [28]**

#### 4.2.3. Anaphase

- ✓ Est une phase très rapide de la mitose.
- ✓ A la suite du clivage des centromères, chacune des chromatides d'un chromosome migre séparément vers les pôles opposés de la cellule.
- ✓ A la fin de l'anaphase chaque chromatide – sœur constitue un chromosome et chaque pôle contient autant de chromosome fils qu'il en existait initialement chez la cellule mère. Cette phase dure 3 à 8 min (10min) [27].

#### 4.2.4. Télophase

Appelée aussi Cytocinèse, Cytodiérèse ou encore Cytokinèse, elle agit après la mitose.

- ✓ Disparition du fuseau achromatique.
- ✓ Les enveloppes nucléaires se constituent à partir des fragments de l'enveloppe nucléaire de la cellule mère et de portions de membrane fournies par le réticulum endoplasmique
- ✓ Apparition des nucléoles.
- ✓ Les chromosomes perdent progressivement leur individualité (se déspiralisent pour former la chromatine).

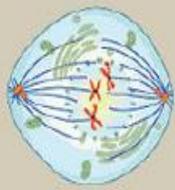
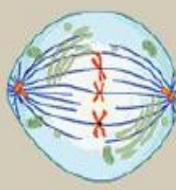
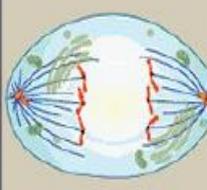
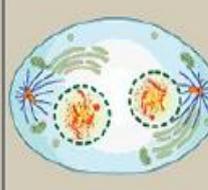
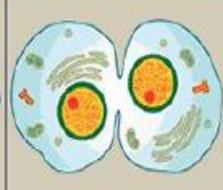
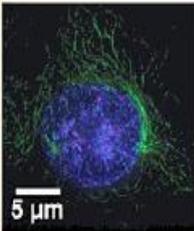
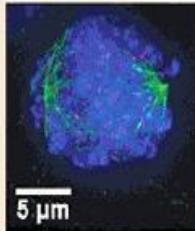
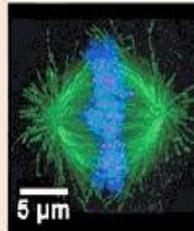
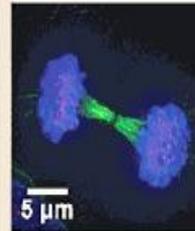
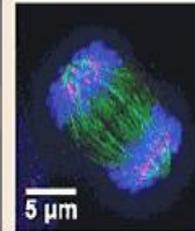
Cytocinèse débute pendant la télophase avec l'apparition du sillon de division, une invagination de la surface cellulaire à l'endroit occupé précédemment par la plaque équatoriale ; la cellule semble subir un étranglement centripète duquel naîtront deux nouvelles cellules complètes et séparées qui porte chacune le même nombre de

chromosome que la cellule mère. Cette phase dure 25 -35 min [27].

**TABLEAU I : Synthèse de la division cellulaire mitotique [29].**

<b>Réplication de l'ADN</b>	Se déroule pendant l'interphase, avant le début de la division nucléaire.
<b>Nombre de divisions</b>	Une seule division comprenant une prophase, une prométaphase, une métaphase, une anaphase et une télophase.
<b>Nombre de cellules filles et composition génétique</b>	Deux cellules filles, chacune étant diploïde ( $2n$ ) et génétiquement presque identique à la cellule mère.
<b>Rôle dans l'organisme animal</b>	Développement d'un adulte pluricellulaire à partir du zygote; production de cellules pour la croissance et la régénération des tissus.

**Tableau II : Différentes étapes qui constituent la mitose [30].**

Prophase	Prométaphase	Métaphase	Anaphase	Télophase	Cytocinèse
					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'ADN se condense et les chromosomes deviennent visibles (chacun est formé de 2 chromatides sœurs)</li> <li>• Les fibres du fuseau mitotique se forment entre les deux centrosomes de la cellule</li> <li>• L'enveloppe nucléaire se désagrège</li> <li>• Les centrosomes se déplacent vers les pôles opposés de la cellule</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'ADN des chromosomes continue à se condenser</li> <li>• Les kinétochores se forment sur les centromères des chromosomes</li> <li>• Des microtubules s'allongent à partir des 2 centrosomes et vont s'attacher aux kinétochores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les chromosomes sont localisés au milieu de la cellule, formant la plaque métaphasique.</li> <li>• Les chromatides sœurs sont attachés à des microtubules différents venant de pôles opposés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le centomère de chaque chromosome est coupé en deux</li> <li>• Les chromatides sœurs s'éloignent l'une de l'autre, tirée chacune vers l'un des pôles de la cellule. Elles sont maintenant appelées chromosomes des cellules filles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les chromosomes arrivent aux pôles de la cellule et leur ADN commence à se décondenser</li> <li>• Des membranes nucléaires s'organisent autour de chaque groupe de chromosomes</li> <li>• Les microtubules reliés aux kinétochores se désagrègent</li> <li>• Les fibres du fuseau mitotique continuent à écarter les pôles l'un de l'autre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cas des cellules animales: un sillon de clivage se forme pour séparer les deux cellules filles</li> <li>• Cas des cellules végétales: une nouvelle paroi se forme au milieu de la cellule mère et elle finit par être divisée en deux</li> </ul>
					

mitosis-chart-fr du fuseau mitotique s'étirent et allongent la cellule

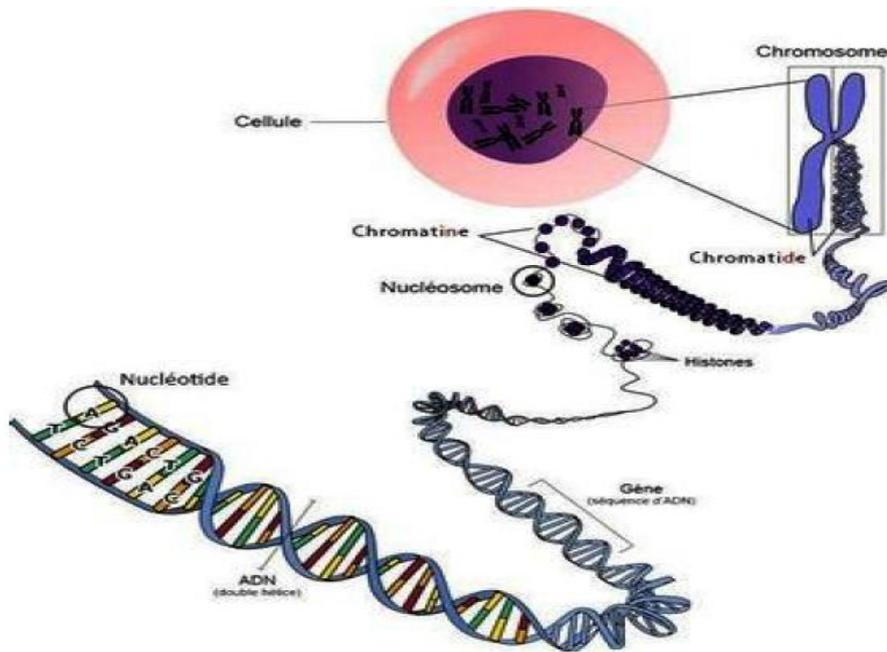


Fig.21 : Compaction de l'ADN dans un chromosome mitotique [31]

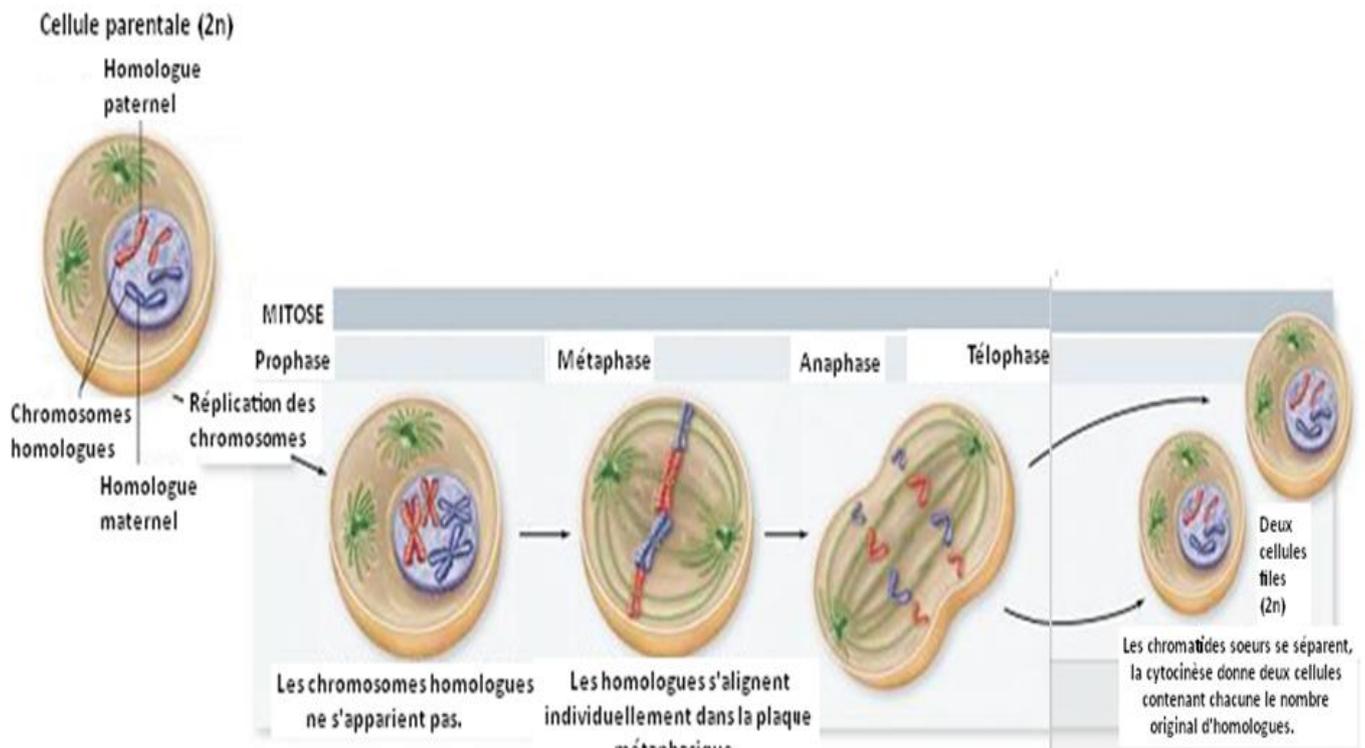
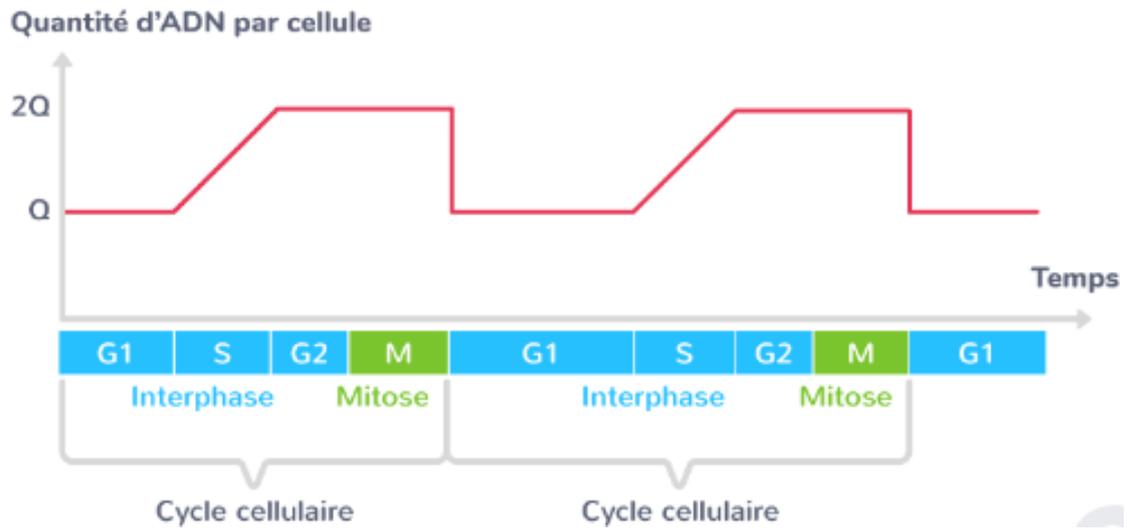


Fig.22 : Différentes étapes de mitose [32]



**Fig.23 : Variation de la quantité d'ADN dans une cellule lors du cycle cellulaire [33]**

## TP N°5 : Etude microscopique du tissu épithélial (Revêtement et glandulaire)

### 1. Objectifs

- Au terme de cette séance, les étudiants seront capables de différencier entre les différents sous-types de tissu épithélial de revêtement et glandulaire.

### 2. Rappels théoriques

#### 2.1. Qu'est ce qu'un tissu ?

C'est un ensemble de cellules ayant la même structure et la même fonction.

#### 2.2. Définition du tissu épithélial

Le tissu épithélial regroupe l'ensemble des épithéliums de l'organisme. On appelle épithélium un tissu formé de cellules : juxtaposées • étroitement unies entre elles (donc sans interposition de • substance fondamentale comme c'est le cas dans le tissu conjonctif); reposant sur une membrane basale et • impliquées dans une ou plusieurs fonctions • physiologiques communes [34].

#### 2.3. Rôles

Il assure double fonction. Revêtement. **Ex** : Épiderme. Sécrétion : **Ex** : Glande endocrine.

#### 2.4. Classification

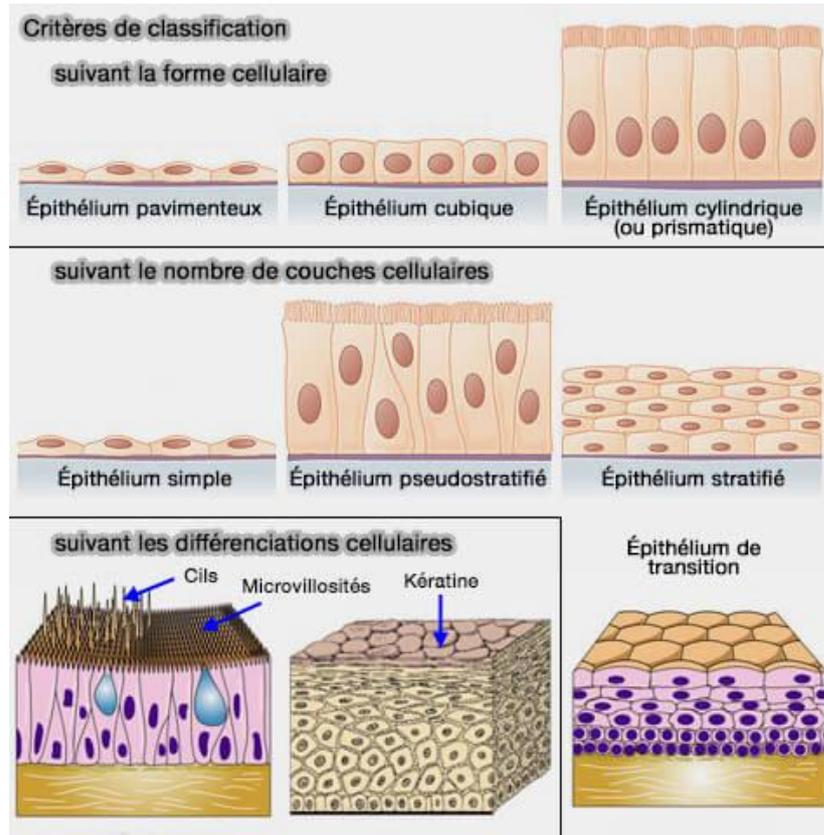
##### 2.4.1. Classification de tissus épithéliaux de revêtement

2.4.1.a. Selon la forme des cellules :

- a. Cellules plus larges que hautes —————> Cellules pavimenteuses ;
- b. Cellules aussi larges que hautes —————> Cellules cubiques ;
- c. Cellules plus hautes que larges —————> Cellules prismatiques ou cylindriques [35].

2.4.1.b. Selon le nombre de couches de cellules :

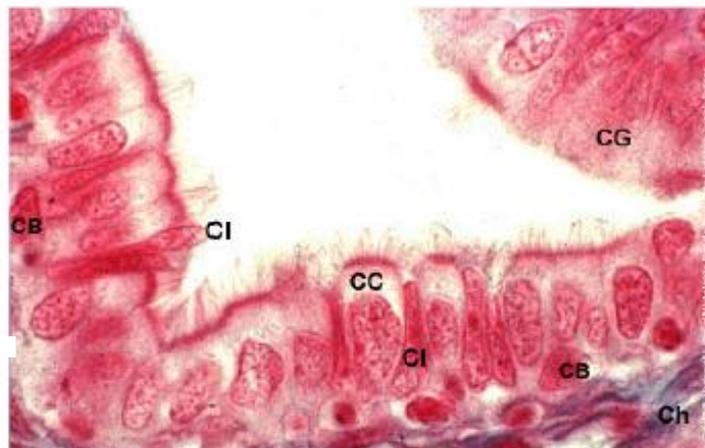
- d. Une seule couche —————> épithélium simple (unistratifié) ;
- e. Plusieurs couches —————> épithélium stratifié ;
- f. Noyaux des différentes cellules qui se trouvent à différents niveaux  
→ épithélium pseudostratifié [34].



**Fig.24 : Classification des épithéliums de revêtement selon la forme des cellules et le nombre de couches cellulaires [36]**

2.4.1.c. Selon la spécialisation du pôle apical:

- Présence ou absence de cils ou de stéréocils. **Ex :** Cellules ciliées sur l'épithélium des trompes de Fallope [37].



**Fig.25 : Structure de l'épithélium avec de nombreuses cellules ciliées (CC) quelques cellules glandulaires (CG), des cellules intercalaires (CI) et des cellules basales (CB); les fibres conjonctives du chorion (Ch) sont colorées en bleu [38]**

### 2.4.2. Classification de tissus épithéiaux glandulaires

Les cellules des épithéliums glandulaires sont groupées en glandes, elles élaborent des substances et les rejettent hors d'elles (glandes sudoripares). Les épithéliums glandulaires sont classés selon :

#### 2.4.2. a. Leur mode de sécrétion :

- ❖ Glande exocrine avec un ou plusieurs canaux excréteurs dans lequel elle déverse ses produits de sécrétion. **Ex:** épiderme, glandes digestives, génito-urinaires, glandes de l'appareil respiratoire ;
- ❖ Glande endocrine son produit de sécrétion n'est pas collecté par un canal excréteur, mais libéré dans le sang, dans la lymphe ou dans les espaces extracellulaires ;
- ❖ Glande mixte (Amphicrines) à la fois endocrine et exocrine. **Ex:** Pancréas [39].

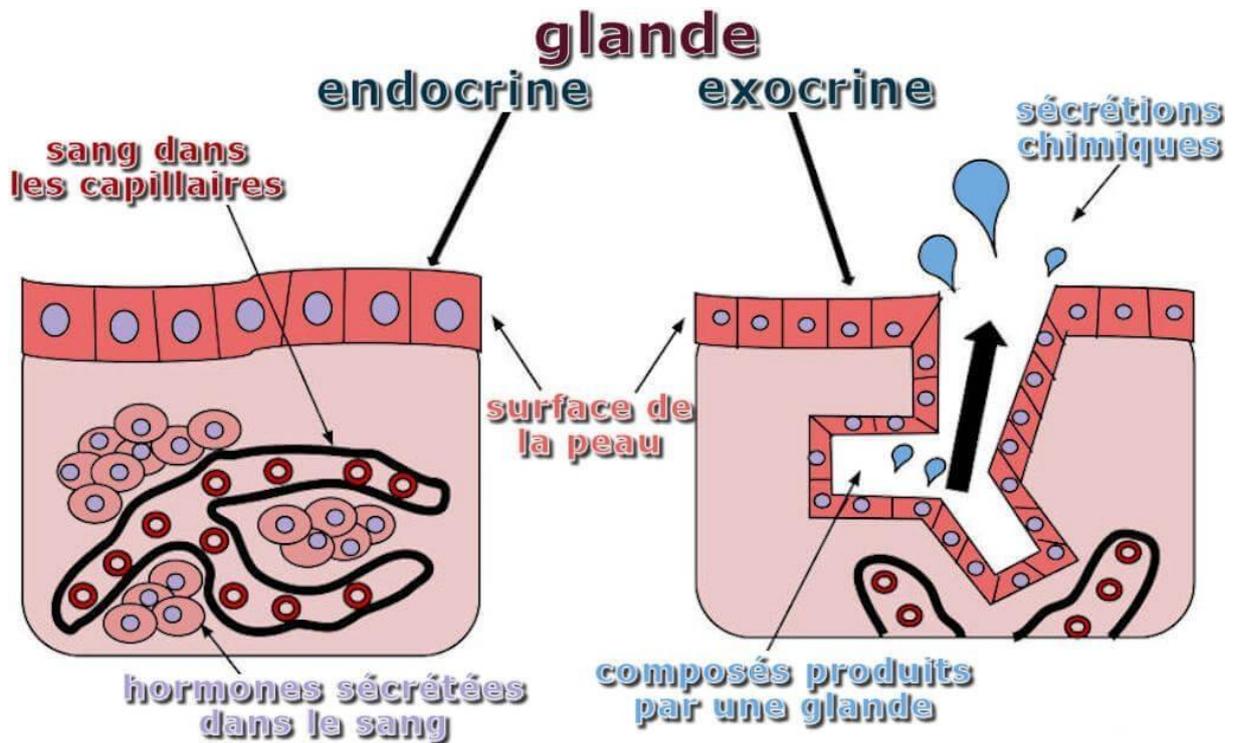
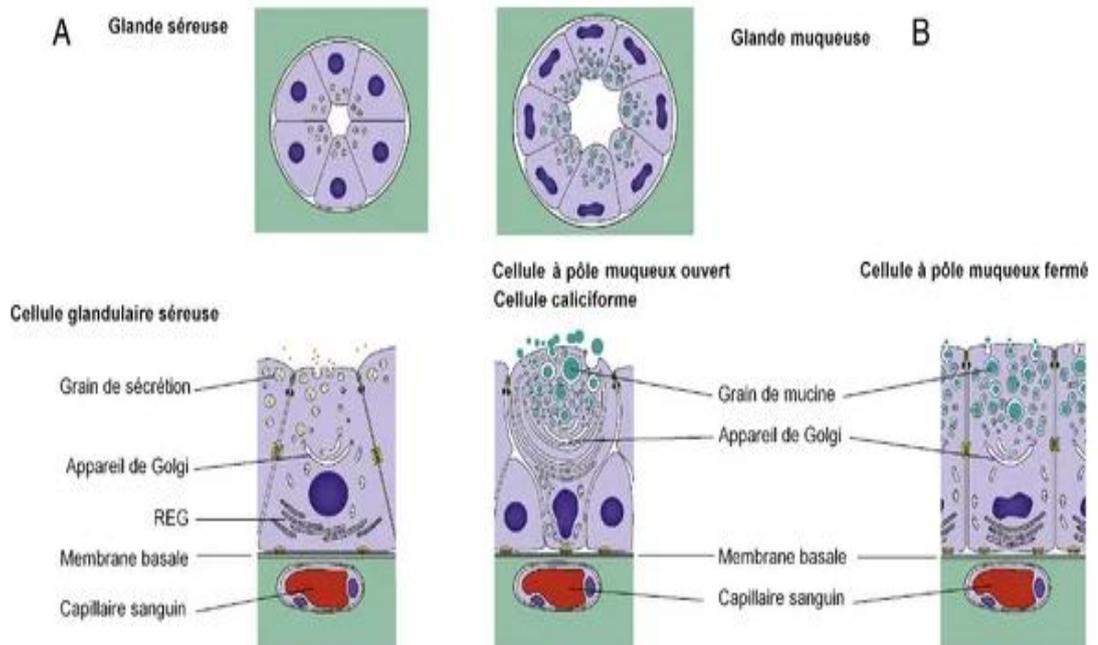


Fig.26 : Glande endocrine comparée à une glande exocrine [40]

### 2.4.2.b. Selon la spécialisation du pôle apical :

Cellule à pôle ouvert appelé caliciforme (**Ex:** Épithélium de l'appareil respiratoire, intestin). Cellule à pôle fermé (**Ex:** Épithélium gastrique) [41].



**Fig.27 : Spécialisation du pôle apical [42]**

## **TP N°6 : Etude microscopique du tissu sanguin**

### **1. Objectifs**

À l'issu de cette séance, les étudiants seront capables de connaître :

- Les étapes de réalisation d'un frottis sanguin ;
- La composition du sang.

### **2. Rappels théoriques**

#### **2.1. Introduction**

Le sang est essentiel au bon fonctionnement de l'organisme, ainsi une quelconque modification des paramètres sanguins quantitatifs et qualitatifs traduit un dysfonctionnement dans l'organisme. La réalisation d'analyses sanguines de contrôle est donc extrêmement importante : c'est pourquoi c'est une des premières étapes d'un diagnostic médical [43].

#### **2.2. Principe**

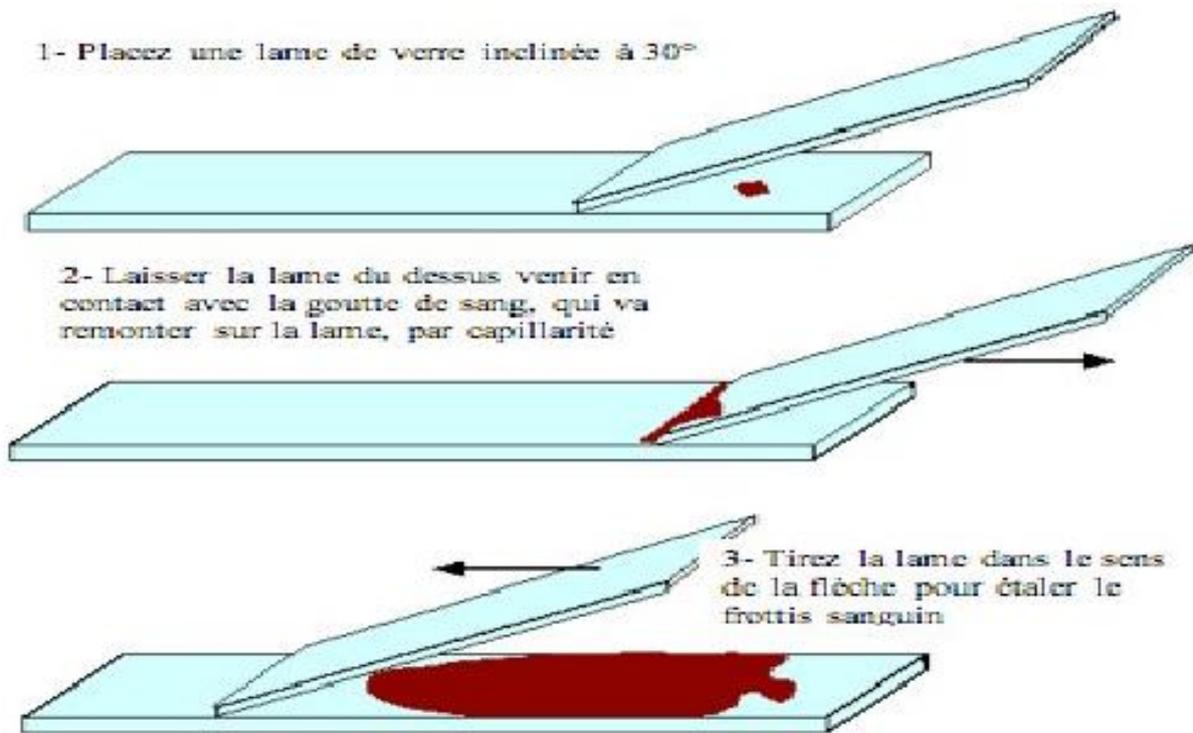
Contrairement à la plupart des préparations qui sont observables directement entre lame et lamelle, le sang ne peut pas être étudié directement. En effet,

- le sang laissé à l'air libre coagule.
  - les hématies sont trop nombreuses pour être comptées directement.
  - les différents leucocytes sont difficiles à distinguer.
- Les études sanguines passent donc par des techniques adaptées :
- prélèvement du sang avec un anticoagulant.
  - coloration des cellules pour distinguer les différents leucocytes.

→ **Coloration de May Grünwald et Giemsa (MGG) [43].**

#### **2.3. Réalisation du frottis sanguin**

- Déposer une goutte de sang la plus petite possible à l'extrémité d'une lame avec une pipette Pasteur.
- Placer sur la goutte une seconde lame inclinée à 30° de façon à ce que le sang s'étale sous la première lame par capillarité.
- Faire glisser la lame maintenue à 30° le long de la lame pour étaler uniformément la goutte.



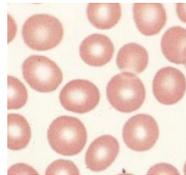
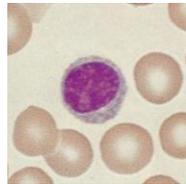
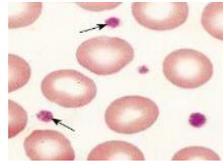
**Fig.28 : Réalisation du frottis sanguin [44]**

- Sécher la lame en l'agitant dans l'air.
- Ajouter le fixateur May-Grünwald et laisser agir pendant 5 min et bien égoutter sur un support.  
NB: May-Grünwald fixe les frottis par son alcool méthylique et colore les éléments acidophiles et les granulations spécifiques des leucocytes.
- Rincer la lame à l'eau de robinet.  
- Ajouter le colorant Giemsa dilué au 1/10<sup>ème</sup> et laisser agir pendant 30 min pour le Giemsa rapide et 45 min pour Giemsa lent et bien égoutter sur un support.  
NB: Giemsa colore surtout les noyaux et les parties azurophiles.
- Rincer la lame à l'eau de robinet.
- Laisser sécher verticalement [45-47].

#### 2.4. Résultats

- Globules rouges (Hématies ou érythrocytes) et globules blancs (Leucocytes) ;
- Plaquettes ;
- Polynucléaires et granulocytes (Neutrophile, Eosinophile, Basophile)
- Mononucléaires et agranulocytes (Lymphocyte et Monocyte) [43].

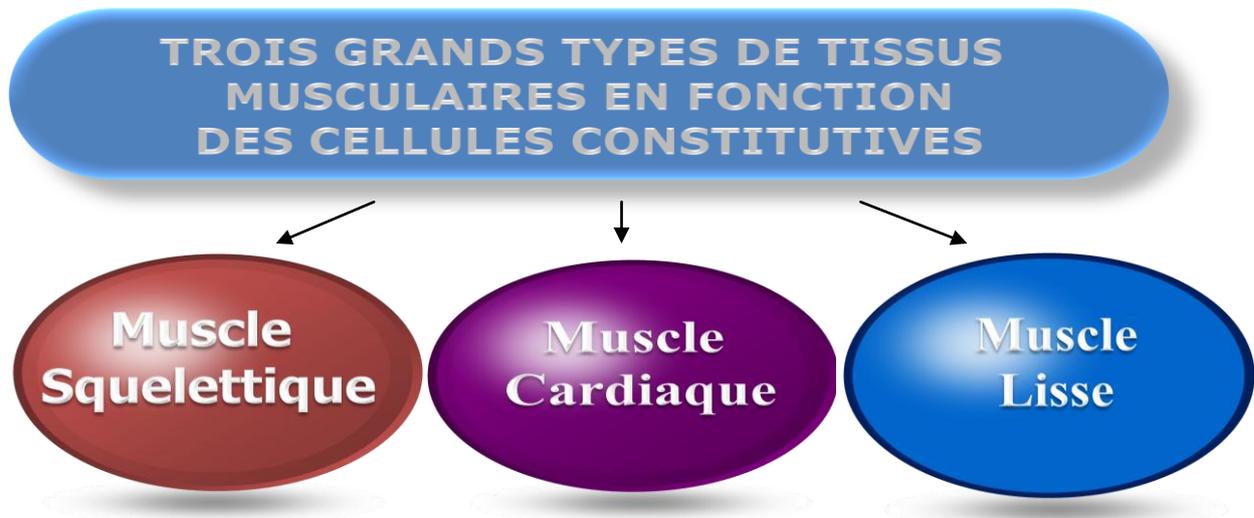
**Tableau III: Aspects et les caractéristiques des différentes cellules colorées [48]**

Cellule		Forme	Aspect au microscope optique après coloration	Particularités
<b>Globules rouges</b> (7 µm)		ronde		Cellules : - <b>sans noyau</b> - en forme de disques biconcaves
<b>Globules blancs</b>	<b>Granulocyte Neutrophile</b> (10-15 µm)	arrondie		Cellules : - à noyau plurilobé - à cytoplasme contenant de nombreuses granulations parfois très colorées et masquant le noyau.
	<b>Granulocyte Eosinophile</b> (10-15 µm)	arrondie		
	<b>Granulocyte basophile</b> (10-12 µm)	arrondie		
	<b>Lymphocyte</b> (7-15 µm)	arrondie		Cellules : - à gros noyau sphérique et très colorable - sans granulations cytoplasmiques.
	<b>Monocyte</b> (15-30 µm)	irrégulière		Cellules : - à noyau clair en forme de haricot - fines granulations.
<b>Plaquettes</b> (3-5 µm)		Irrégulière (discoïde)		-Sans noyau -très nombreuses -violet

## TP N°7 : Etude microscopique du tissu musculaire

### 1. Objectif

Au terme de ce TP, les étudiants seront capables de différencier entre les différents sous-types du tissu musculaire.



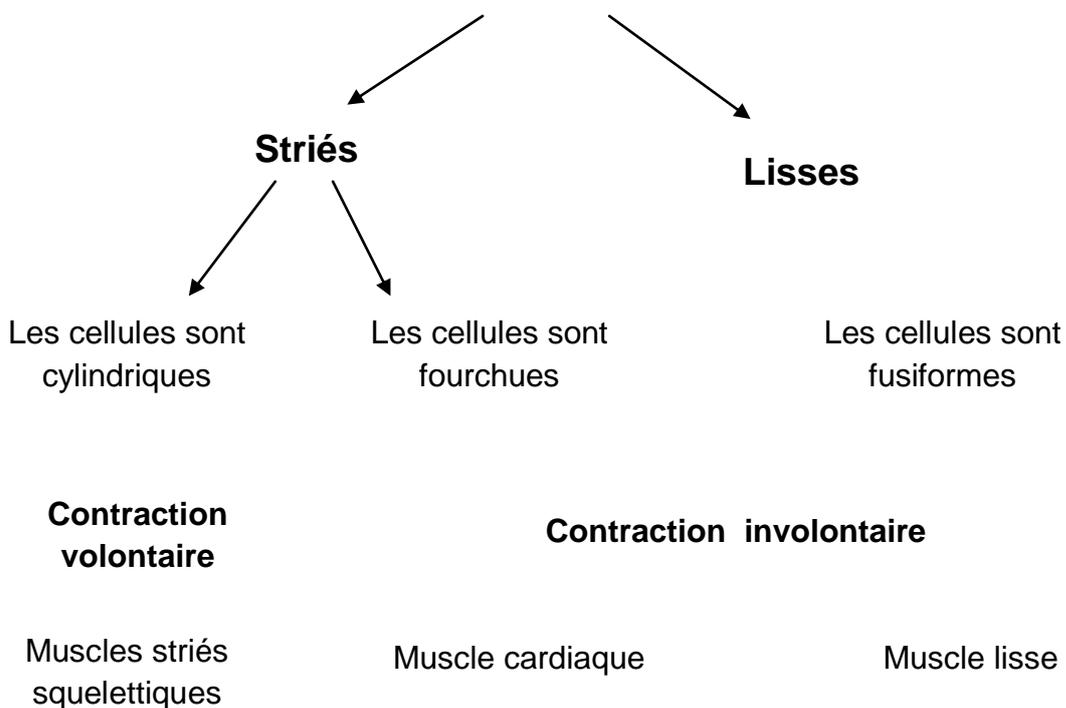
### 2. Rappels théoriques

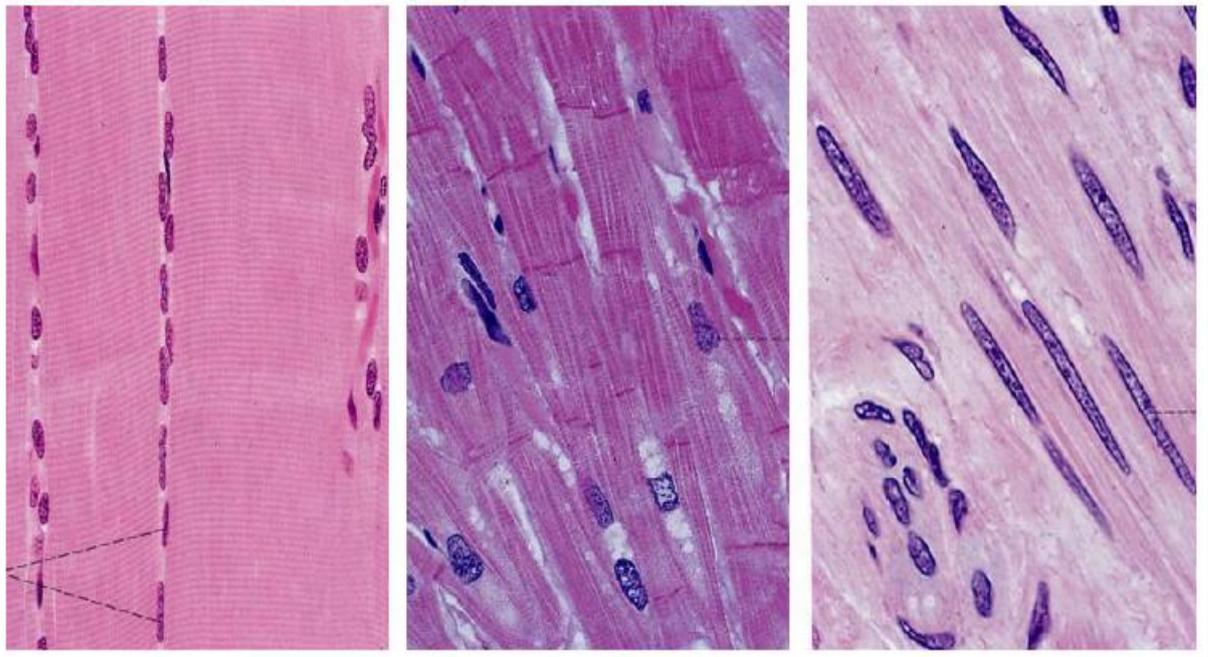
#### 2.1. Définition

Quelle que soit sa localisation, un tissu musculaire est constitué de cellules contractiles.

#### 2.2. Types de tissus musculaires

Les myocytes (ou cellules musculaires) peuvent être :





**Fig.29 : Muscle strié, muscle cardiaque, muscle lisse [49]**

## **2.3. Caractéristiques**

### **2.3.1. Muscles squelettiques**

Les muscles striés squelettiques assurent la fonction de locomotion. Ils permettent, en déplaçant des segments de membres, de marcher, courir, sauter. Ils sont capables de réagir rapidement aux événements environnants. Par exemple, grâce à leur rapidité, il est possible de retirer sa main au contact du feu ou de se baisser pour éviter un obstacle. Les muscles squelettiques assurent aussi la fonction de préhension et de manipulation. Ils permettent d'attraper et de manipuler des objets, de taper sur un clavier... L'utilisation des organes des sens dépend, en partie, des muscles striés squelettiques. Ainsi, dans la vision, ce sont les muscles oculomoteurs qui orientent les globes oculaires. La contraction des muscles faciaux permet d'exprimer des sentiments tels que la joie ou la colère. Ils jouent un rôle important dans la mimique. C'est le fonctionnement des muscles squelettiques qui détermine notre posture. Grâce à des ajustements infimes et permanents, souvent inconscients, nous pouvons conserver une posture : rester assis ou debout, tenir notre tête... Non seulement, les muscles squelettiques déplacent des segments de membres (bras/avant-bras/ main...), mais ils participent aussi à la stabilisation des articulations du squelette (épaule, genou...). La contraction musculaire produit de la force (mouvement, maintien de posture...), mais aussi de

la chaleur. Cette chaleur contribue à maintenir l'organisme à une température adéquate. Ainsi, lorsqu'il fait froid, le frisson permet de produire de la chaleur.

Le système musculaire de l'homme est constitué d'environ 670 muscles. Une cinquantaine de muscles est retrouvée dans chacun des membres, environ 170 au niveau de la tête et du cou, environ 200 dans le tronc. Une centaine de muscles sont annexés aux divers appareils et organes. Chez l'adulte, la masse musculaire représente environ 40% du poids du corps. Le muscle quadriceps de la cuisse pèse 2 à 3 kg ; les plus petits, ceux qui sont associés à la chaîne des osselets dans l'oreille interne, pèsent quelques milligrammes seulement. Les muscles squelettiques s'insèrent en général sur les os au niveau d'empreintes d'insertion. Ils peuvent aussi s'insérer sur des cartilages ou sur des lames fibreuses superficielles ou profondes : les aponévroses. Les deux extrémités d'un muscle long sont fixées aux structures osseuses par l'intermédiaire des tendons. Le muscle strié squelettique est par définition le muscle qui, par l'intermédiaire du tendon, se fixe au squelette et permet le mouvement de celui-ci dans une direction bien définie grâce à sa fonction essentielle de contraction. Il a été décrit, avec les premières observations au microscope optique sur du tissu en coupe longitudinale, comme étant un tissu présentant des striations à la fois transversales et longitudinales. Les fibres musculaires sont des cellules plurinucléées de forme polygonale dont les noyaux se situent en périphérie de la fibre, accolée à la membrane sarcoplasmique. Une fibre musculaire squelettique est un syncytium vrai c'est à dire un ensemble de protoplasmes ayant fusionnés entre eux. La fibre musculaire striée squelettique présente donc les caractéristiques fonctionnelles d'une cellule géante (1-5 cm de long, 10-100µm de diamètre) [50, 51].

### **2.3.2. Muscle cardiaque**

Le muscle strié cardiaque est un muscle creux constitué de myocytes de contraction involontaire, rythmique et automatique qui forment un réseau tridimensionnel dans le myocarde. Les cardiomyocytes ont une forme de cylindre dont les extrémités forment des bifurcations avec les cellules adjacentes formant ce réseau tridimensionnel. Ils possèdent chacun un noyau central allongé dans le sens du grand axe de la cellule. Les striations observées dans le sarcoplasme des cardiomyocytes sont semblables à celles observées dans le muscle strié squelettique. Les extrémités des fibres adjacentes sont accolées l'une à l'autre au niveau d'une structure appelée disque intercalaire [52].

### **2.3.3. Muscles lisses**

Les muscles lisses sont présents dans la paroi de nombreux organes (tous les vaisseaux sanguins sauf les plus petits, intestins, utérus...). Ils forment des couches denses qui tapissent la paroi interne des vaisseaux et des organes creux et ne montrent pas de stries transversales. Ils sont constitués de cellules fusiformes mononucléées de taille variable (20 à 200  $\mu\text{m}$ ) dont le noyau est en position centrale, les fibres musculaires lisses. Ces cellules sont soit isolées dans le tissu conjonctif, soit regroupées en tunique musculaire (vaisseaux, tube digestif) ou en muscles (muscle érecteur du poil). Généralement, les faisceaux des fibres lisses des tuniques musculaires sont organisés en deux couches superposées : une couche circulaire et une couche longitudinale. L'orientation de ces couches est définie par l'orientation des fibres musculaires lisses par rapport à l'axe de l'organe [53].

## TP N°8 : Division cellulaire indirecte (Méiose)

### 1. Objectifs

À l'issue de cette séance, les étudiants seront capables :

- De mettre en relation l'état des chromosomes avec les différentes phases de la division cellulaire méiotique réductionnelle et équationnelle.
- D'acquérir des connaissances en biologie cellulaire pour une bonne compréhension des notions de bases de la génétique à savoir la génétique conventionnelle.

### 2. Introduction

La méiose et la mitose se ressemblent beaucoup. La principale différence est que, dans la méiose, la cellule subit deux divisions subséquentes.

La première division, appelée **méiose I ou division réductionnelle**, sépare les paires de chromosomes, ce qui diminue de moitié le nombre de chromosomes. À la fin de la première division, chaque cellule possède donc 23 chromosomes.

La deuxième division, appelée **méiose II ou division équationnelle**, consiste à scinder les chromosomes en deux à partir de leur point d'attache. Il en résulte donc quatre cellules filles haploïdes. En effet, la méiose a pour principale fonction la reproduction sexuée [54].

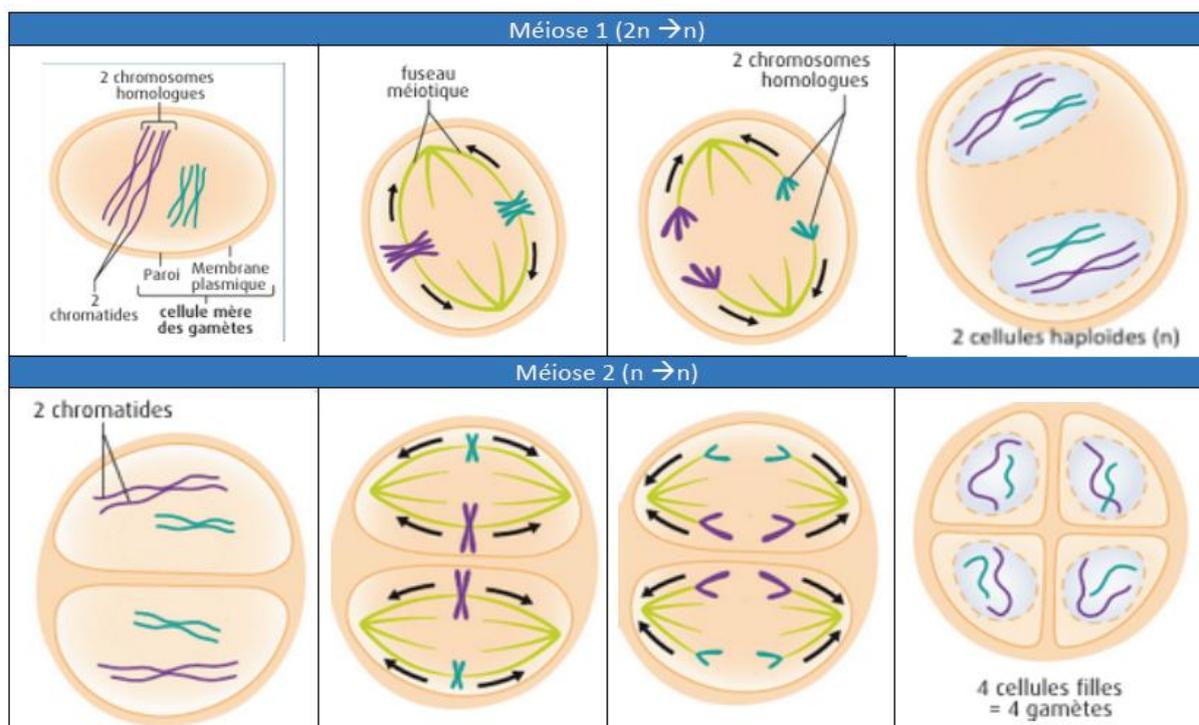
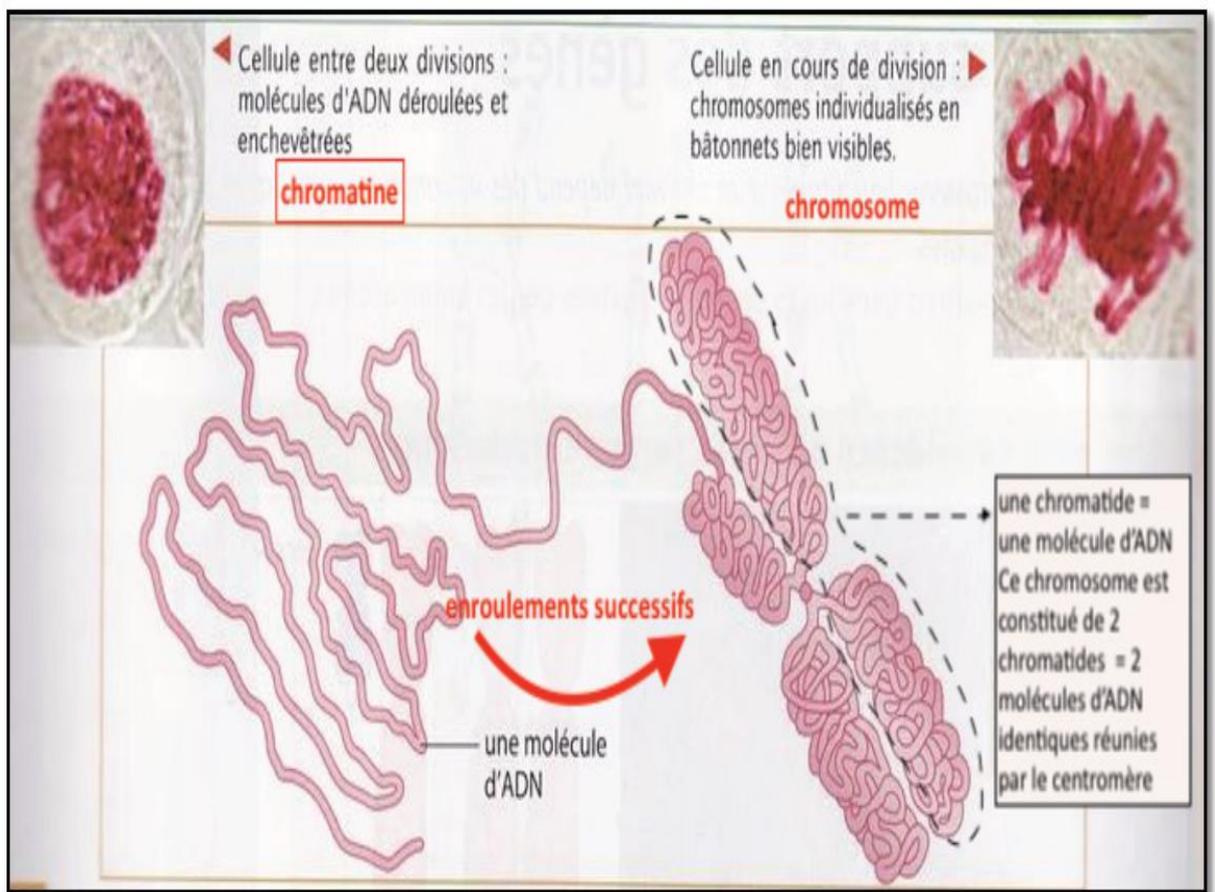


Fig.30 : Schéma simplifié représentant une méiose [55]

Avant d'entamer la division cellulaire, la cellule mère doit copier son ADN pour ainsi donner à chacune des cellules filles les 23 paires de chromosomes qu'elle contient. Il s'agit du processus de réplication de l'ADN. Pendant ce processus, la molécule d'ADN se déroule et se sépare en deux. De nouvelles bases azotées viennent se greffer à chacun des brins d'ADN (cytosine avec guanine et adénine avec thymine). On se retrouve ainsi avec deux copies identiques d'ADN. Ce processus a lieu autant avant une mitose qu'une méiose [56].



**Fig.31 : Chromosomes sont constitués d'ADN [55]**

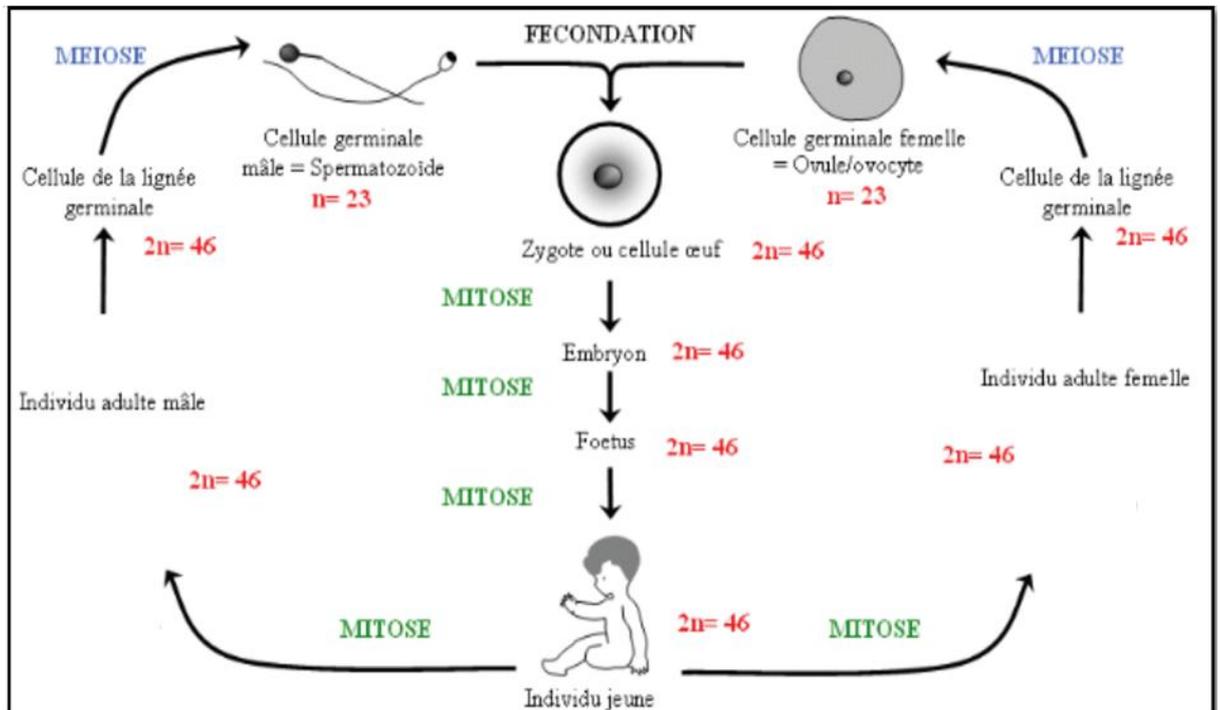


Fig.32 : Cycle de développement d'un pluricellulaire [55]

### 3. Définition

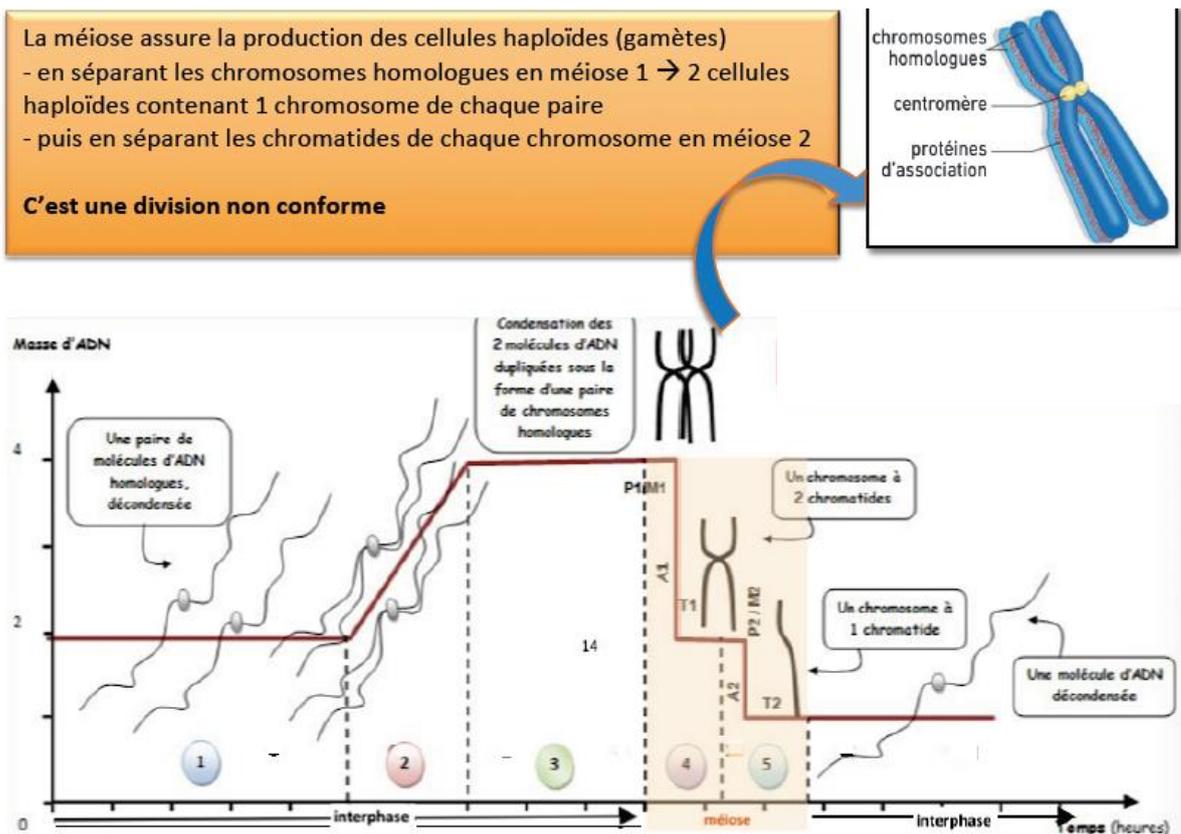


Fig.33 : Evolution de la quantité d'ADN par cellule lors d'une duplication suivie d'une méiose [55]

### 3.1. Division réductionnelle (Méiose 1)

#### 3.1.1. Interphase I

À cette étape, la chromatine se réarrange, et chaque chromosome se réplique. Le résultat est deux chromatides sœurs identiques génétiquement, et ce, pour chaque chromosome. Il y aura aussi un dédoublement de la paire de centrioles pour former deux paires [55].

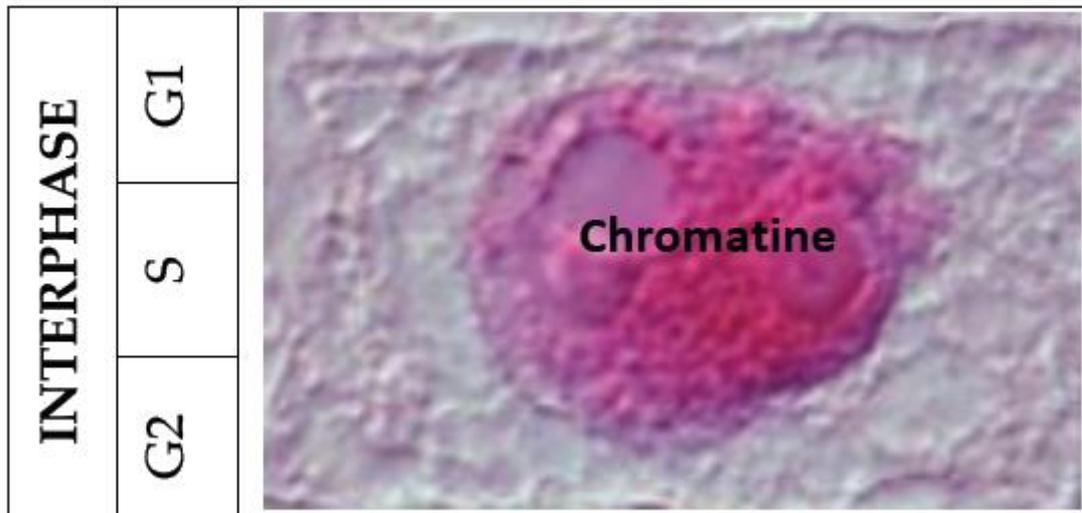


Fig.34 : Micrographie de chromatine [56]

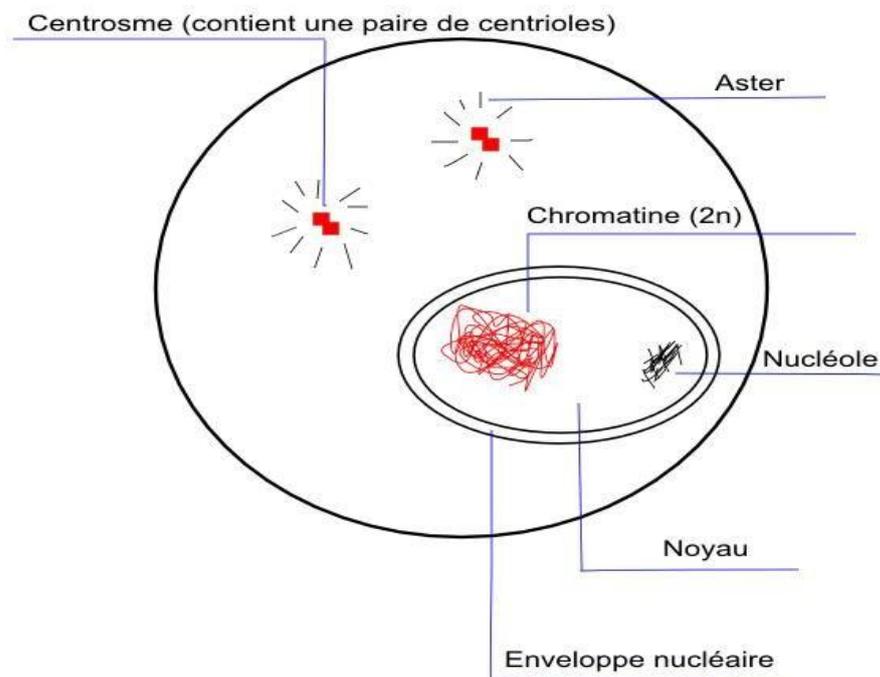


Fig.35 : Interphase (phase séparant 2 mitoses) [55]

### 3.1.2. Prophase I

Les principaux changements subis par la cellule lors de la prophase I.

- Les filaments de chromatine répliquée se condensent dans le noyau pour former des paires de chromatides sœurs. Elles rejoignent leur paire homologue pour former des tétrades.
- Des enjambements ont lieu.
- L'enveloppe nucléaire se dégrade et les tétrades sont évacuées dans le cytoplasme de la cellule.
- Les centrosomes et leurs centrioles se dirigent vers les pôles opposés de la cellule.
- Les microtubules commencent à se former près des centrioles.
- Les kinétochores commencent à interagir avec les microtubules [58].

La première division

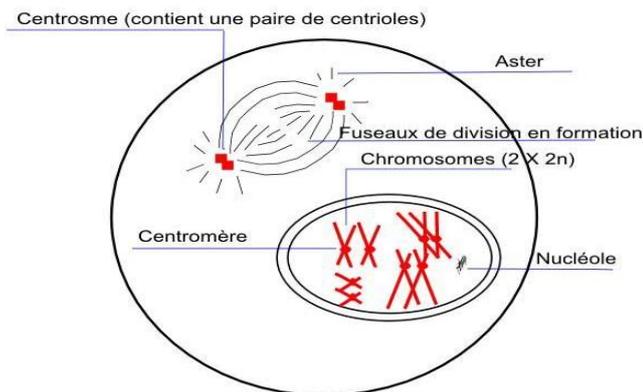
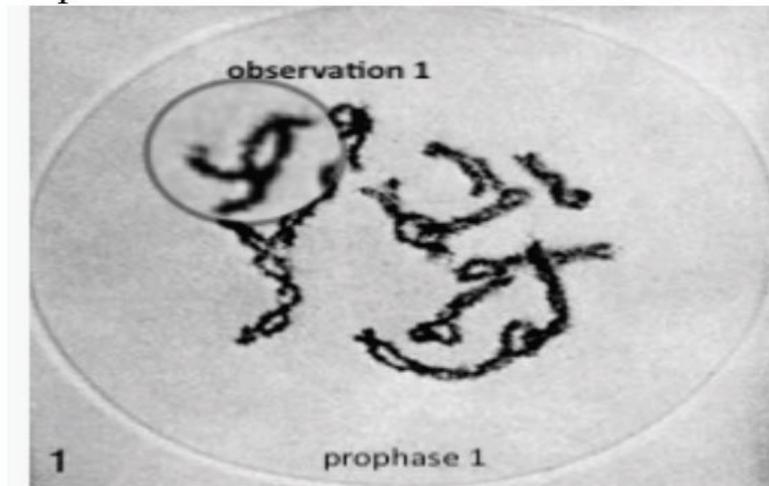


Fig.36 : Prophase I [55, 57]

Prophase comprend cinq stades successifs :

Les stades : leptotène, zygotène, pachytène, diplotène et diacinèse.

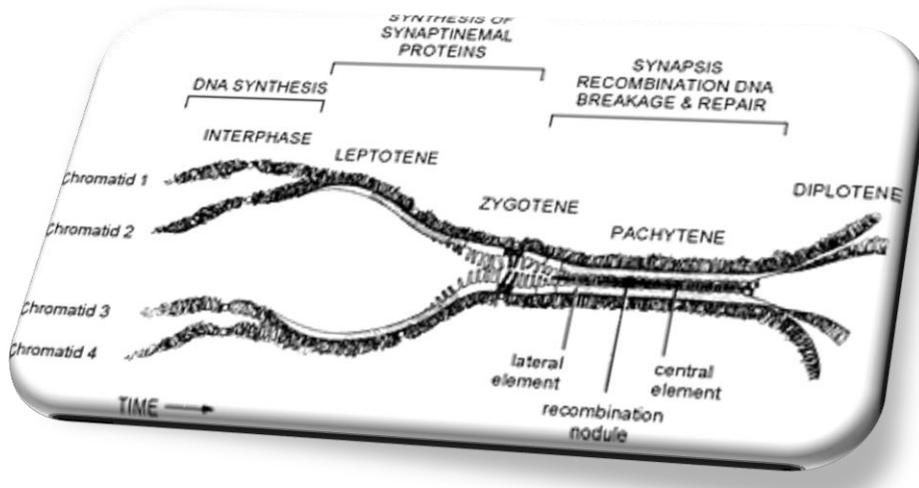


Fig.37 : Stades de prophase [59]

### 3.1.2.a. Stade de leptotène

- ➔ La prophase I commence au stade leptotène, quand chaque chromosome apparaît s'être condensé pour passer de sa conformation interphasique à l'état de long filament possédant un axeprotéinique central.
- ➔ Chaque chromosome est attaché par ses deux extrémités à l'enveloppe nucléaire via une structure particulière appelée plaque d'attachement. Bien que chaque chromosome se soit répliqué et soit constitué de deux chromatides-soeurs, ces chromatides sont étroitement accolées et chaque chromosome semble donc être unique (les chromatides ne deviendront visibles qu'en fin de prophase, soit au stade diplotène, soit lors de la diacinèse.
- ➔ Nucléole reste présent [60].

Centromère Chromosome répliqué



Fig.38 : Stade de leptotène [61]

### 3.1.2.b. Stade de zygotène

- On considère que le stade leptotène est terminé et que le stade zygotène de la prophase commence dès que la synapsis, ou appariement étroit entre les deux homologues, est initié.
- La synapsis commence souvent par un rapprochement des extrémités homologues des 2 chromosomes au niveau de l'enveloppe nucléaire, qui progresse, comme une fermeture éclair, à partir des deux extrémités, alignant les 2 chromosomes homologues l'un en face de l'autre. Chaque gène serait donc juxtaposé à son gène homologue situé sur le chromosome opposé.
- Au moment de l'appariement des homologues, leurs axes protéiniques à structure en cordage sont rassemblés pour former les deux éléments latéraux en forme d'échelle qu'est le complexe synaptonémal.
- Chaque paire de chromosomes qui en résulte en prophase méiotique I est généralement appelée bivalent, mais puisque chaque chromosome homologue de la paire est constitué de deux chromatides-soeurs étroitement accolées, il est plus exact de parler de tétrade, autre terme couramment employé [60].

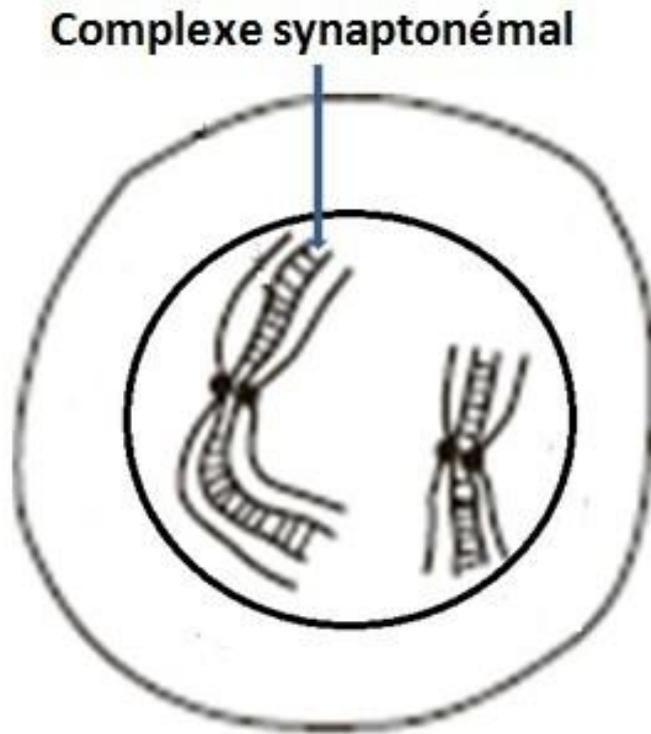


**Fig.39 : Stade de zygotène [61]**

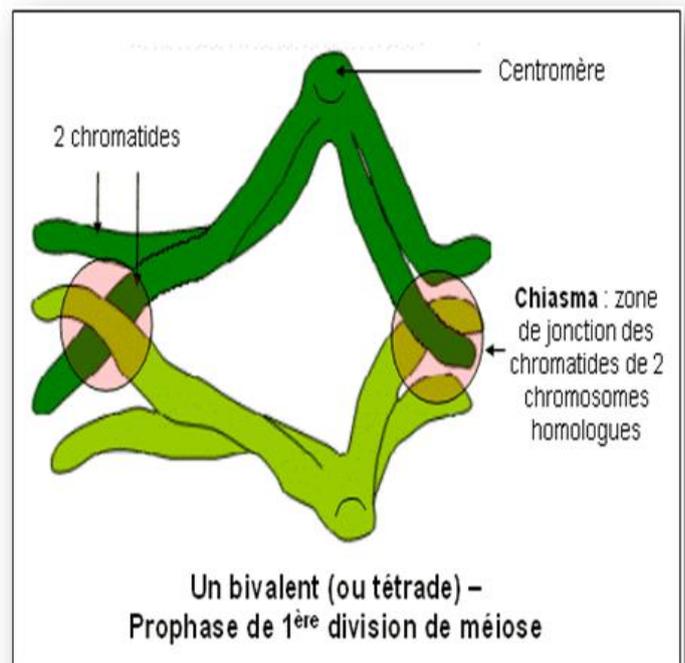
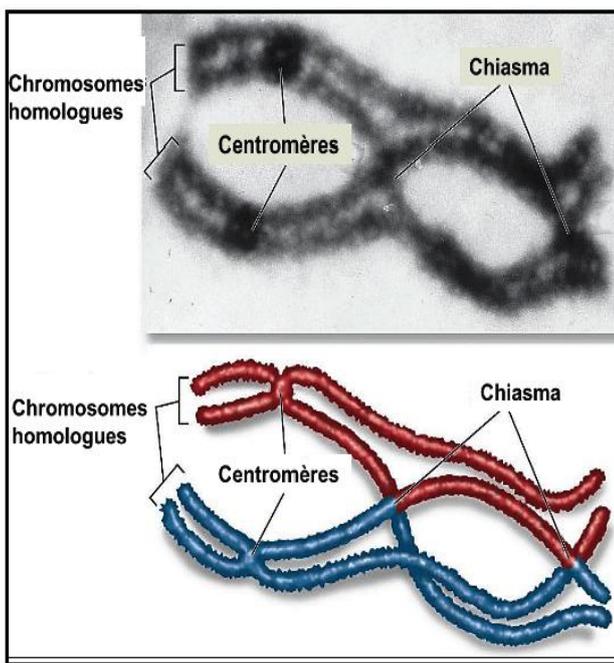
### 3.1.2.c. Stade de pachytène (pachys : épais ou paquet)

- Dès que l'appariement est achevé sur toute la longueur du chromosome, on dit que les cellules sont entrées dans le stade pachytène de la prophase, où elles peuvent rester pendant des jours. A ce stade, des nodules de recombinaison apparaissent par intervalles sur les complexes synaptonémaux, et l'on pense qu'ils interviennent dans les échanges chromosomiques.
- Ces échanges aboutissent à la formation d'enjambements entre les deux chromatides non-soeurs, c'est-à-dire l'une de chacun des deux chromosomes homologues appariés.

Bien qu'invisibles au stade pachytène, chacun de ces enjambements apparaîtra plus tard sous la forme d'un chiasma [60].



**Fig.40 : Stade de pachytène [61]**



**Fig.41 : Formation de chiasma [55, 62]**

### 3.1.2.d. Stade de diplotène

La dissociation des paires marque le début du stade diplotène de la prophase méiotique. Le complexe synaptonémal se dissout, permettant aux deux chromosomes homologues de chaque bivalent de s'éloigner à une certaine distance l'un de l'autre. Cependant, chaque bivalent reste relié au niveau d'un ou de plusieurs chiasmas, qui matérialisent les sites où a eu lieu un enjambement. Dans les ovocytes (ovules en développement), le diplotène peut durer des mois ou des années, puisque c'est à ce stade que les chromosomes se décondensent et amorcent la synthèse de l'ARN pour fournir à l'œuf ses matériaux de réserve [60].



**Fig.42 : Stade de diplotène [61]**

### 3.1.2.e. Stade diacinèse

- Le nucléole et la membrane nucléaire se dissolvent
- La cellule passe imperceptiblement du diplotène à la diacinèse, étape qui fait la transition avec la métaphase, au moment où la synthèse d'ARN cesse et les chromosomes se condensent, s'épaississent et se détachent de l'enveloppe nucléaire.
- Les quatre chromatides séparées de chaque bivalent sont nettement visibles, les chromatides-sœurs de chaque paire étant reliées par leurs centromères, alors que les chromatides non-sœurs ayant subi un enjambement sont reliées par les chiasmas [60].

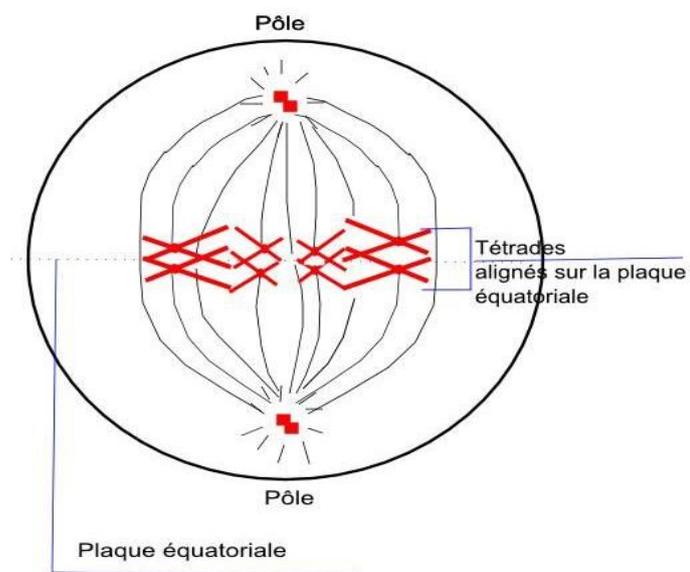
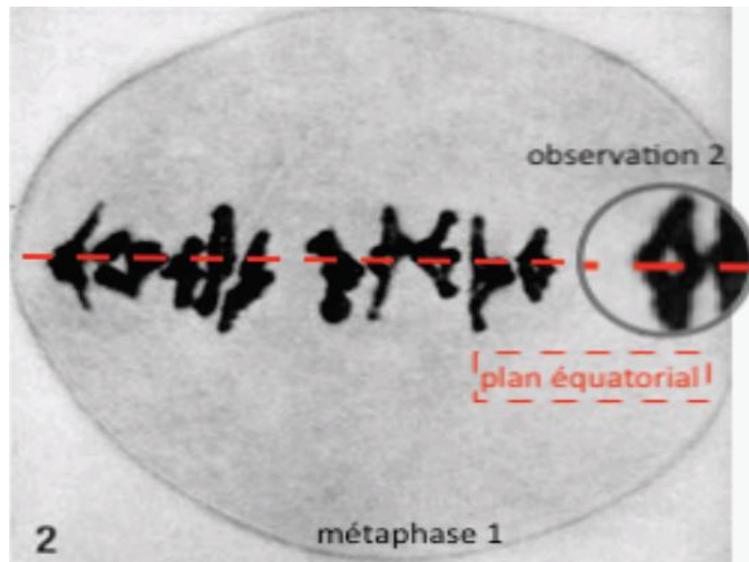


**Fig.43 : Stade de diacinèse [61]**

### **3.1.3. Métaphase I**

Les principaux changements subis par la cellule lors de la métaphase I.

- Les kinétochores se fixent aux microtubules.
- Les microtubules s'organisent en une structure allongée appelée *fuseau méiotique*.
- Les tétrades de chromosomes homologues s'alignent au hasard sur la plaque équatoriale au centre de la cellule [58].

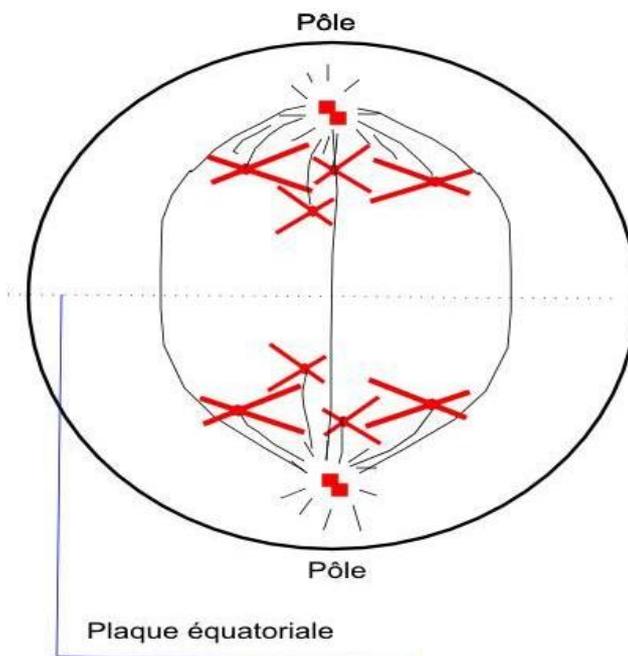
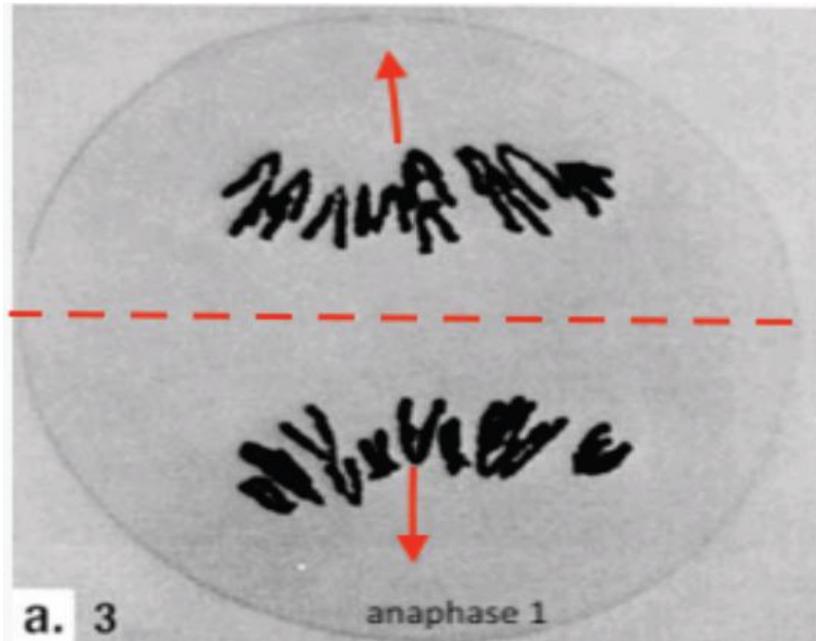


**Fig.44 : Métaphase I [55, 57]**

### 3.1.4. Anaphase I

Les principaux changements subis par la cellule lors de l'anaphase I.

- Les chromosomes homologues se séparent, mais les chromatides sœurs restent liés par leur kinétochore.
- Les chromatides sœurs sont entraînés le long des microtubules vers chaque pôle de la cellule.
- La cellule est légèrement allongée, c'est le signe que la première cytokinèse débute [58].



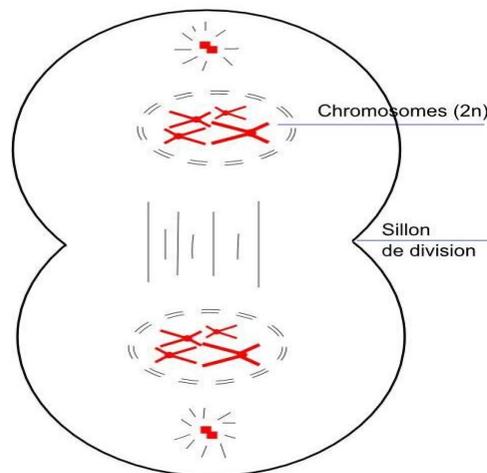
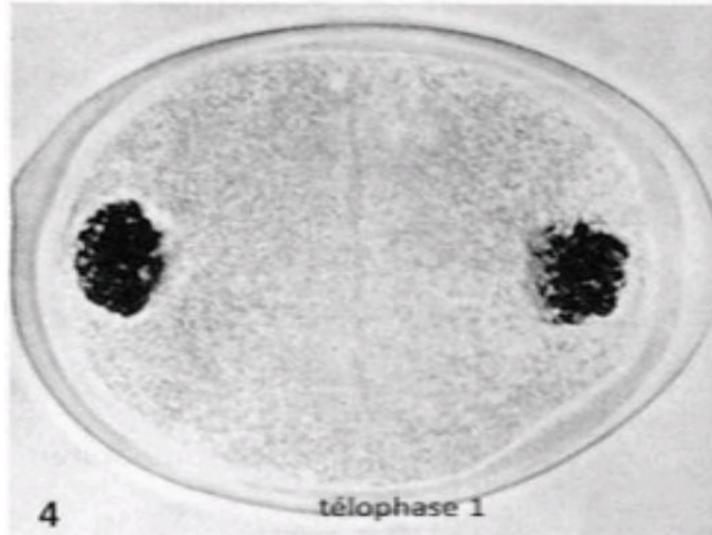
**Fig.45: Anaphase I [55, 57]**

### 3.1.5. Télophase I et cytokinèse

Les principaux changements subis par la cellule lors de la télophase I.

- L'enveloppe nucléaire se reforme autour des deux nouveaux noyaux.
- Les microtubules se désintègrent.
- La première cytokinèse se poursuit et se complète peu de temps après la télophase I.

- Lorsque la première cytokinèse est complétée, on obtient deux cellules filles haploïdes (n),(n), dont l'ADN est organisé en paires de chromatides sœurs.
- Toutefois, à cause du phénomène d'enjambement, les chromatides sœurs ne sont plus nécessairement identiques entre elles [58].



**Fig.46 : Télaphase I [55, 57]**

### 3.2. Division équationnelle (Méiose 2)

#### 3.2.1. Prophase II

Les principaux changements subis par la cellule lors de la prophase II.

- L'enveloppe nucléaire se dégrade pour évacuer les chromatides sœurs dans le cytoplasme.
- Les centrosomes et leurs centrioles se dirigent vers les pôles opposés de la cellule.
- Les kinétochores des chromatides sœurs commencent à interagir avec les microtubules [58].

#### La deuxième division

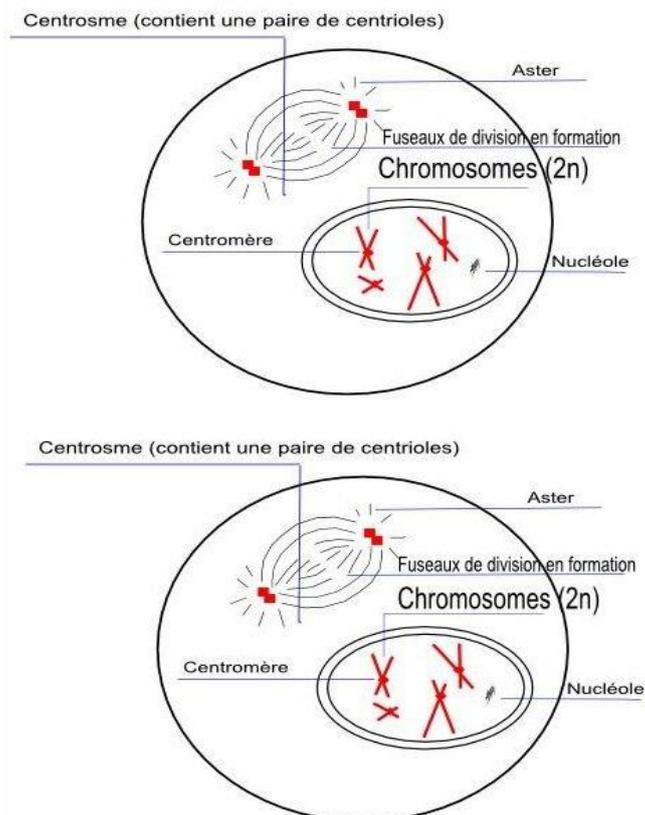
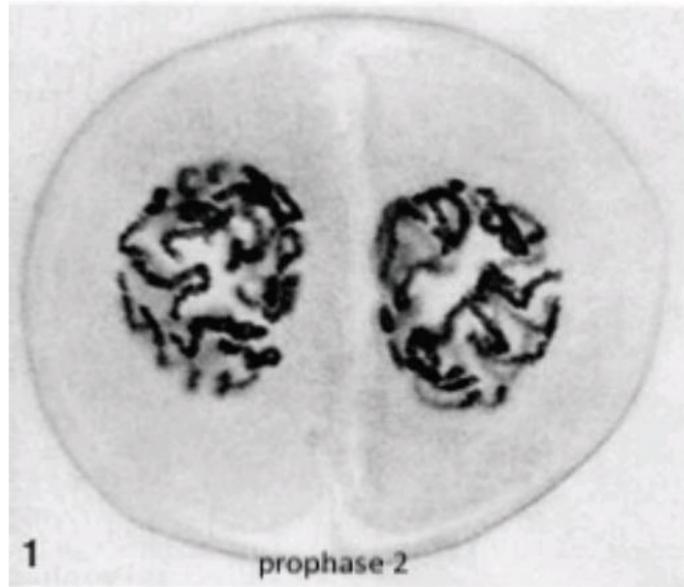
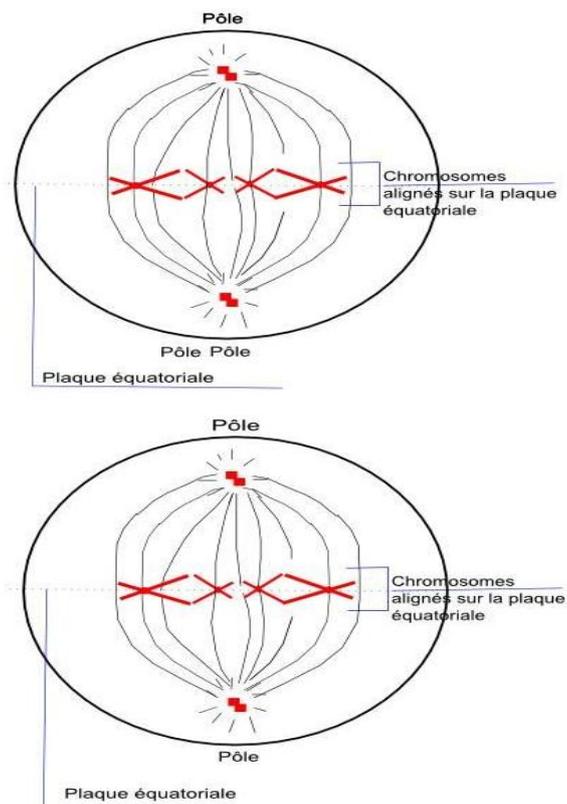
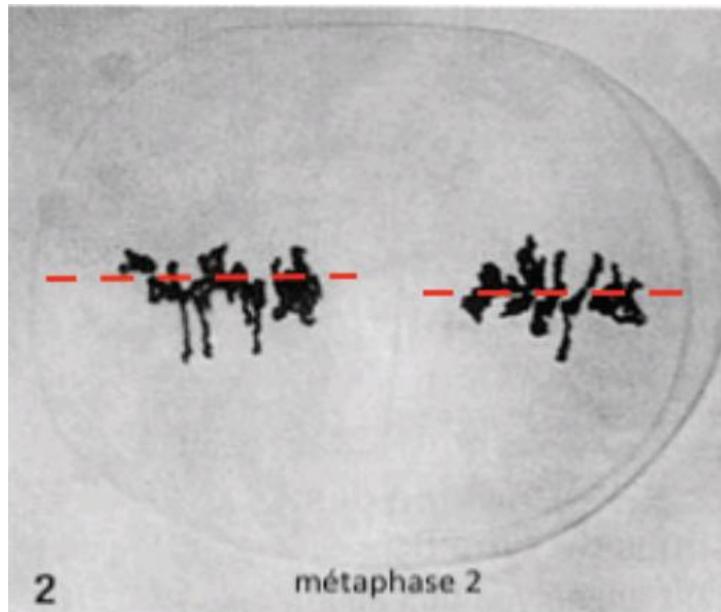


Fig. 47 : Prophase II [55, 57]

### 3.2.2. Métaphase II

Les principaux changements subis par la cellule lors de la métaphase II.

- Les kinétochores sont fixés aux microtubules.
- Les microtubules s'organisent en une structure allongée appelée *fuseau méiotique*.
- Les chromatides sœurs s'alignent au hasard sur la plaque équatoriale[58].



**Fig. 48 : Métaphase II [55, 57]**

### 3.2.3. Anaphase II

Les principaux changements subis par la cellule lors de l'anaphase II.

- Les kinétochores des chromatides sœurs se séparent.
- Les chromatides sont entraînés le long des microtubules vers chaque pôle de la cellule.
- La cellule est légèrement allongée, c'est le signe que la deuxième et dernière cytokinèse débute [58].

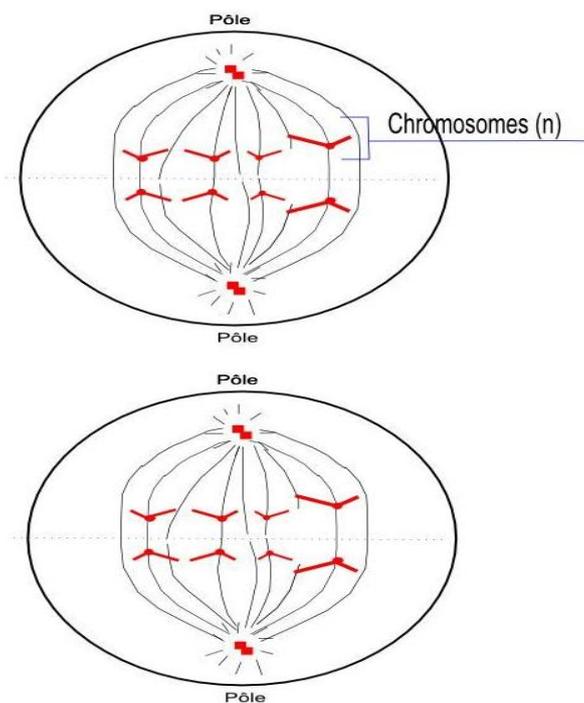
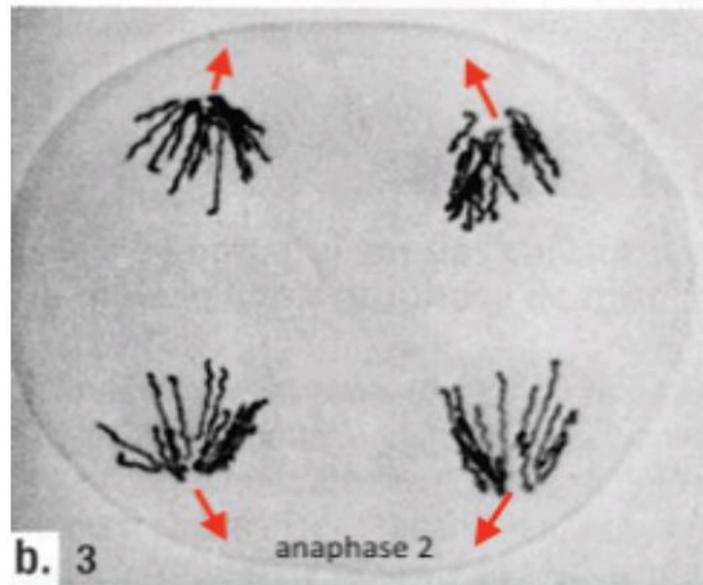
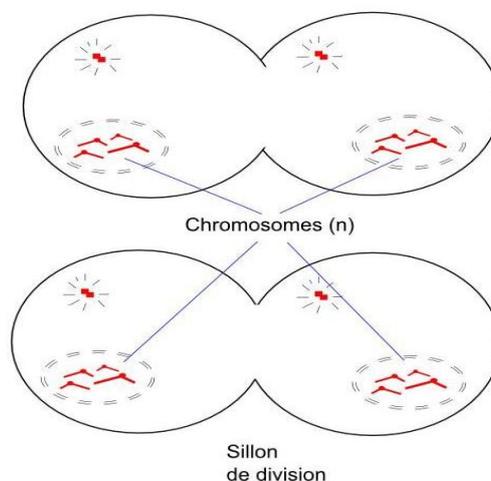
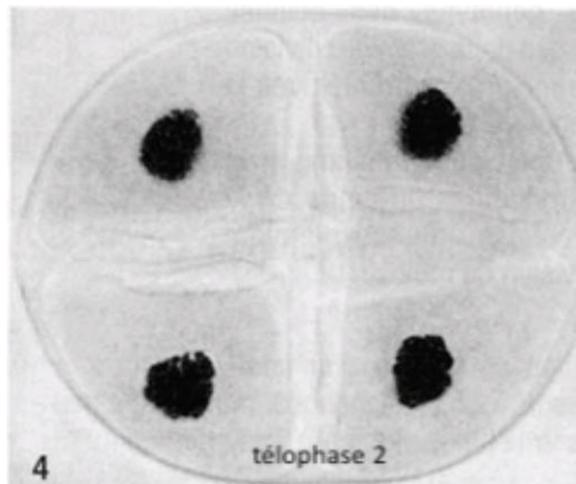


Fig.49 : Anaphase II [55, 57]

### 3.2.4. Télophase II et cytokinèse

Les principaux changements subis par la cellule lors de la télophase II.

- Les chromatides se déroulent en chromatine.
- Une enveloppe nucléaire se forme autour de deux nouveaux noyaux.
- Les microtubules se désintègrent.
- La deuxième cytokinèse se poursuit et se complète peu de temps après la télophase II.
  - Lorsque la deuxième cytokinèse est complétée, on obtient quatre cellules filles haploïdes (n)(n) génétiquement différentes de la cellule mère diploïde (2n),(2n), en plus d'être génétiquement différentes entre elles.
  - En continuant de se développer et de se spécialiser, ces cellules haploïdes (n)(n) pourront devenir des gamètes [58].



4 cellules filles haploïdes

**Fig.50 : Télophase II [55, 57]**

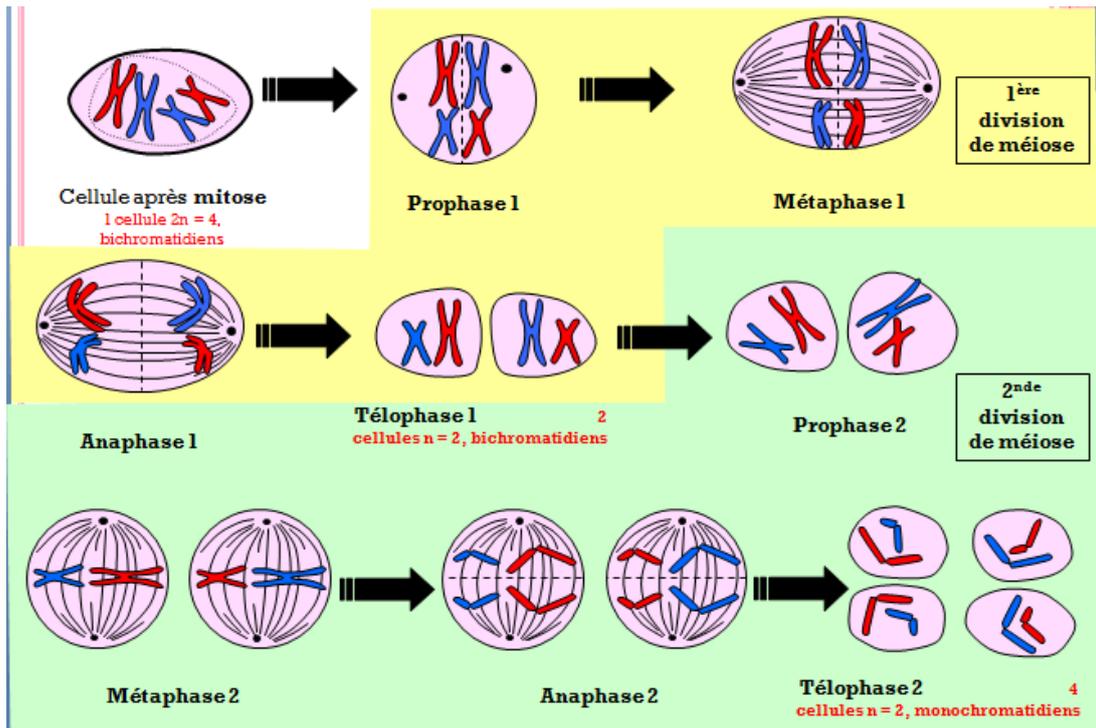
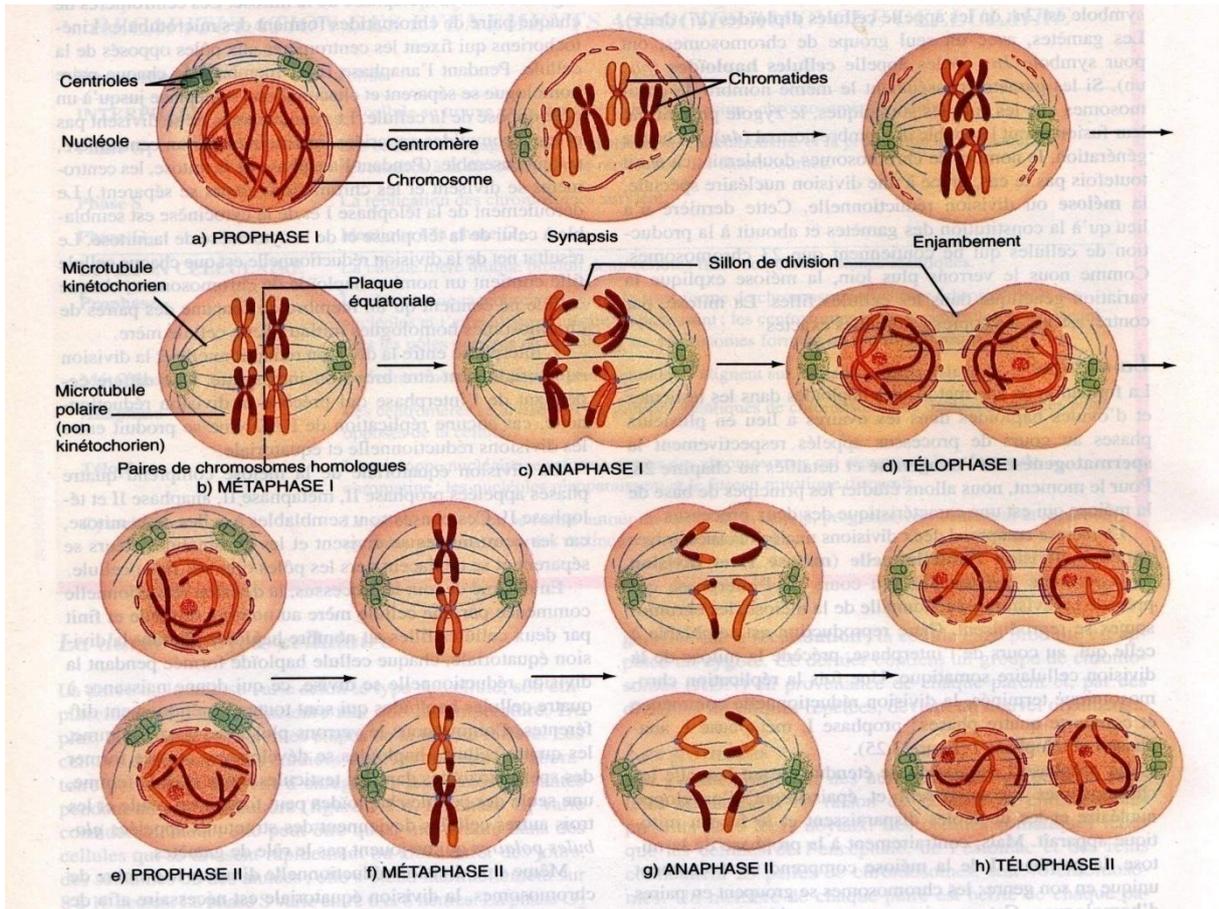
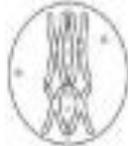


Fig.51 : Transformations cytologiques lors de la méiose [63, 64]

**Tableau IV: Division cellulaire méiotique réductionnelle et équationnelle [55]**

Légendes : (A : haploïde/diploïde ; B : nombre de chromosomes ; C : nombre de chromatides par chromosome)

Description des caractéristiques Principales de chaque étape		Photographies numériques observations au MO	Schémas Représentation de 2 paires de chromosomes ( $2n = 4$ )
<b>1<sup>ère</sup> division de méiose : La division réductionnelle</b>			
<b>Prophase I</b>			
A	$2n$		
B	$4c$		
C	2		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Individualisation et appariement des chromosomes homologues « tétrade ou bivalent »</li> </ul>			
<b>Métaphase I</b>			
A	$2n$		
B	$4c$		
C	2		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Alignement des chromosomes homologues dans le plan équatorial</li> <li>les chromosomes homologues se font face 2 à 2</li> </ul>			
<b>Anaphase I</b>			
A	$2n \text{ à } n$		
B	$4c \text{ à } 2c$		
C	2		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Disjonction puis séparation des chromosomes homologues</li> <li>Un lot haploïde migre vers chacun des pôles de la cellule.</li> </ul>			
<b>Télophase I</b>			
A	$n$		
B	$2c$		
C	2		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Formation de 2 cellules haploïdes avec <math>n</math> chromosomes doubles</li> </ul>			

**Résultat : 2 cellules haploïdes contenant  $n$  chromosomes (1 de chaque paire) à 2 chromatides**

Description des caractéristiques Principales de chaque étape		Photographies numériques observations au MO	Schémas Représentation de 2 paires de chromosomes ( $2n = 4$ )
<b>2<sup>ème</sup> division de méiose : La division équationnelle</b>			
<b>Prophase II</b>			
A	$n$		
B	$2c$		
C	2		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Préparation des chromosomes pour la 2<sup>ème</sup> division</li> </ul>			
<b>Métaphase II</b>			
A	$n$		
B	$2c$		
C	2		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Alignement des chromatides sœurs dans le plan équatorial</li> <li>Les chromatides sœurs se font face</li> </ul>			
<b>Anaphase II</b>			
A	$n$		
B	$2c \text{ à } c$		
C	$2 \text{ à } 1$		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Disjonction puis séparation des chromatides sœurs</li> <li>Un lot haploïde migre vers chacun des pôles de la cellule</li> </ul>			
<b>Télophase II</b>			
A	$n$		
B	$c$		
C	1		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Formation de 4 cellules haploïdes avec <math>n</math> chromosomes simples</li> </ul>			

**Résultat : 4 cellules haploïdes contenant  $n$  chromosomes (1 de chaque paire) à 1 chromatide**

Chez les organismes présentant une reproduction sexuée, une phase haploïde et une phase diploïde alternent.

Le maintien constant du nombre de chromosomes caractéristique de l'espèce est assuré par deux processus biologiques complémentaires :

-la méiose ( $2n \rightarrow n$ ) et

-la fécondation ( $n+n \rightarrow 2n$ ).

**Tableau V : Comparaison entre la mitose et la méiose [65]**

	Mitose	Méiose
Se produit dans	Toutes les cellules du corps	Cellules génitrices des gamètes, dans les organes reproducteurs
Nombre de cellules obtenues pour chaque cellule mère	Deux	Quatre
Nombre de chromosomes de la cellule mère	Diploïde ( $2n$ )	Diploïde ( $2n$ )
Nombre de chromosomes des cellules fils	Diploïde ( $2n$ )	Haploïde ( $n$ )
Fonction	Croissance, rénovation des cellules et des tissus. Maintien de la vie de l'individu.	Continuité de l'espèce. Augmentation de la variabilité génétique
Division cellulaire	Une	Deux
Recombinaison génétique	Il n'en existe pas	Oui
Cellules obtenues	Tous les types cellulaires	Gamètes

**Tableau VI: Mitose VS Méiose [55]**

Propriété	Mitose	Méiose
Duplication de l'ADN	Se produit pendant l'interphase, avant le début de la mitose.	Se produit pendant l'interphase, avant le début de la méiose I.
Nombre de divisions	Une seule, comprenant une prophase, une métaphase, une anaphase et une télophase.	Deux divisions, chacune comprenant une prophase, une métaphase, une anaphase et une télophase.
Appariement des homologues	Absente.	Se produit pendant la prophase I; s'accompagne d'un enjambement entre les chromatides non sœurs. Les chiasmata ainsi formés maintiennent les paires ensemble en raison de la cohésion des chromatides sœurs.
Nombre de cellules filles et composition génétique	Deux cellules diploïdes ( $2n$ ) génétiquement identiques à la cellule mère.	Quatre cellules haploïdes ( $n$ ) qui contiennent la moitié du nombre de chromosomes de la cellule mère et qui sont génétiquement différentes les unes des autres et de la cellule mère.
Rôle dans l'organisme animal	Développement d'un adulte multicellulaire à partir d'un zygote; production de cellules servant à la croissance et à la réparation des tissus, et, chez certaines espèces, à la reproduction asexuée.	Production de gamètes; réduction du nombre de chromosomes de moitié et réalisation d'une variabilité génétique des gamètes.

**Mitose**

**Produit 2 cellules identiques et identiques à la cellule mère**

**Méiose**

**MÉIOSE I**

**Prophase I**

Chiasma (site d'enjambement)

Paires de chromosomes homologues liés ensemble par un chiasma et par la cohésion des chromatides sœurs

**Métaphase I**

Alignement des paires de chromosomes homologues sur la plaque équatoriale

**Anaphase I**

**Télophase I**

Séparation des chromosomes homologues pendant l'anaphase I; les chromatides sœurs restent liés à leur contomère.

Haploïde  $n = 3$

**MÉIOSE II**

Les chromatides sœurs se séparent pendant l'anaphase II.

**Produit 4 cellules haploïdes, toutes différentes**

## Références bibliographiques

- [1]. <https://fr.scribd.com/document/588264295/BC-2021-2022> consulté le 14/10/2023
- [2]. <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Microscope-optique.html> consulté le 15/01/2024
- [3]. <https://www.futura-sciences.com/sante/definitions/medecine-microscope-optique-7773/> consulté le 15/01/2024
- [4]. <http://t71spc.free.fr/2/sante/seq3/act1/lumiere/microscopie.html> consulté le 14/10/2023
- [5]. [https://www.afl-lichenologie.fr/Afl/Microscopie/Microscope\\_descript\\_01.htm](https://www.afl-lichenologie.fr/Afl/Microscopie/Microscope_descript_01.htm) consulté le 15/01/2024
- [6]. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Microscope\\_%C3%A9lectronique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Microscope_%C3%A9lectronique) consulté le 15/01/2024
- [7]. <https://tkcollege.fr/wp-content/uploads/2020/12/Correction-Microscope.pdf> consulté le 15/01/2024
- [8]. [https://lyc-claudel-vaureal.ac-versailles.fr/IMG/pdf/Utiliser\\_un\\_microscope.pdf](https://lyc-claudel-vaureal.ac-versailles.fr/IMG/pdf/Utiliser_un_microscope.pdf) consulté le 15/01/2024
- [9]. <https://microptique.com/blogs/articles-microscopes/calcul-grossissement-microscope> consulté le 15/01/2024
- [10]. [https://pedagogie.ac-toulouse.fr/svt/sites/svt.disciplines.ac-toulouse.fr/files/fiches\\_techniques/observer/pour\\_preparer\\_lobservaion/ft\\_prelevement\\_cellules\\_buccales.pdf](https://pedagogie.ac-toulouse.fr/svt/sites/svt.disciplines.ac-toulouse.fr/files/fiches_techniques/observer/pour_preparer_lobservaion/ft_prelevement_cellules_buccales.pdf) consulté le 15/01/2024
- [11]. <https://www.fichier-pdf.fr/2016/02/24/tp1/> consulté le 15/01/2024
- [12]. <https://www.devoirat.net/sciences-svt/cours-sciences-svt/2%C3%A8me-ann%C3%A9e/> consulté le 15/01/2024
- [13]. <https://www.snv.jussieu.fr/bmedia/ATP/histo.htm> consulté le 15/01/2024
- [14]. <https://www.cronicajalisco.com/notas-escalpelo-97834-2020> consulté le 14/10/2023
- [15]. <https://archives.uness.fr/sites/campus-unf3s-2014/anatomie-pathologique/poly-anatomie-pathologique.pdf> consulté le 15/01/2024
- [16]. <https://www.clinisciences.com/achat/cat-fixateurs-pour-histologie-5362.html> consulté le 15/01/2024

- [17]. <http://dspace.univ-medea.dz/bitstream/123456789/8788/1/cour%2013%20polycopi%C3%A9%20Initiation%20aux%20techniques%20d%E2%80%99histopathologie%20et%20de%20cytopathologie%20-%20M1%20-Bachene%20Mohamed%20Sadek.pdf> consulté le 15/01/2024
- [18]. <https://histomics.institutducerveau-icm.org/service/preparation-des-echantillons/> consulté le 15/01/2024
- [19]. <https://www.snv.jussieu.fr/bmedia/ATP/histo.htm> consulté le 15/01/2024
- [20]. <https://qima-lifesciences.com/preparation-des-echantillons-et-des-lames/> consulté le 15/01/2024
- [21]. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Jonction\\_dermo-%C3%A9pidermique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Jonction_dermo-%C3%A9pidermique) consulté le 14/10/2023
- [22]. <https://www.thecanadianencyclopedia.ca/fr/article/levure> consulté le 15/10/2023
- [23]. [https://fr.vikidia.org/wiki/Saccharomyces\\_cerevisiae](https://fr.vikidia.org/wiki/Saccharomyces_cerevisiae) consulté le 15/10/2023
- [24]. <https://invitrolab.fr/articles.php?lng=fr&pg=275&mnuid=206&tconfig=0> consulté le 15/01/2024
- [25]. <https://www.svt-tanguy-jean.com/uploads/1/2/0/4/120408978/tb-6-cycle-cellulaire.pdf> consulté le 15/01/2024
- [26]. <https://www.slideserve.com/onslow/la-mitose> consulté le 15/10/2023
- [27]. [https://fac.umc.edu.dz/vet/Cours\\_Ligne/cours\\_23\\_24/Cytogenetique\\_A1/SOL\\_TD\\_DIVISIONS\\_CELLULAIRES.pdf](https://fac.umc.edu.dz/vet/Cours_Ligne/cours_23_24/Cytogenetique_A1/SOL_TD_DIVISIONS_CELLULAIRES.pdf) consulté le 15/01/2024
- [28]. <http://gfme.free.fr/nouveaux/azixa.html> consulté le 15/10/2023 consulté le 15/01/2024
- [29]. <https://forums.futura-sciences.com/biologie/750308-difference-entre-meiose-mitose.html> consulté le 15/01/2024
- [30]. <https://askabiologist.asu.edu/divisions-cellulaire> consulté le 15/10/2023 consulté le 15/01/2024
- [31]. <https://www.studocu.com/fr/document/sorbonne-universite/biologie-cellulaire/structure-et-organisation-de-la-chromatine/52989710> consulté le 15/01/2024
- [32]. <https://slideplayer.com/slide/5990259/> consulté le 15/10/2023
- [33]. <https://www.kartable.fr/ressources/svt/cours/la-replication-de-ladn/50740> consulté le 15/10/2023

- [34].[https://facmed-univ-oran.dz/ressources/fichiers\\_produits/fichier\\_produit\\_2188.pdf](https://facmed-univ-oran.dz/ressources/fichiers_produits/fichier_produit_2188.pdf) consulté le 15/01/2024
- [35].[https://fac.umc.edu.dz/vet/documents/Cours%20et%20Td/LES%20EPITHELIUMS%20\(1\).pdf](https://fac.umc.edu.dz/vet/documents/Cours%20et%20Td/LES%20EPITHELIUMS%20(1).pdf) consulté le 15/01/2024
- [36]. <https://www.vetopsy.fr/histologie/epitheliums/epitheliums-revetement-simples.php> consulté le 15/01/2024
- [37].<https://facmed.univ-constantine3.dz/wp-content/uploads/2022/11/%C3%A9pith%C3%A9lium-de-rev%C3%AAtement.pdf> consulté le 15/01/2024
- [38].<http://medfes1.free.fr/Forum/2emannee/Cm/Embryologie/MicrosoftWord-appgenitalfem.pdf> consulté le 15/10/2023
- [39].<https://fac.umc.edu.dz/snv/faculte/BA/2022/HISTO-Tissu%20epith%C3%A9lium.%20M1%20Pr.%20ZERIZER.pdf> consulté le 15/01/2024
- [40].<https://www.aquaportail.com/dictionnaire/definition/2490/glande> consulté le 15/10/2023
- [41].<https://fmedecine.univ-setif.dz/ProgrammeCours/Histo%20Cours%20de%20Biologie%20cellulaire1ere%20ann%C3%A9e%20pharmacie.pdf> consulté le 15/01/2024
- [42].<https://clemedicine.com/23-epitheliums-glandulaires/> consulté le 15/01/2024
- [43].[https://elearning.univ-msila.dz/moodle/pluginfile.php/166014/mod\\_resource/content/1/TPcellulesanguines.pdf](https://elearning.univ-msila.dz/moodle/pluginfile.php/166014/mod_resource/content/1/TPcellulesanguines.pdf)
- [44].<https://www.lapvso.com/comment-realiser-un-frottis-sanguin/> consulté le 15/10/2023
- [45]. <https://www.lapvso.com/comment-realiser-un-frottis-sanguin/> consulté le 15/01/2024
- [46].[https://pedagogie.ac-toulouse.fr/svt/sites/svt.disciplines.ac-toulouse.fr/files/fiches\\_techniques/observer/pour\\_preparer\\_lobserver/ft\\_frottis\\_sanguin\\_0.pdf](https://pedagogie.ac-toulouse.fr/svt/sites/svt.disciplines.ac-toulouse.fr/files/fiches_techniques/observer/pour_preparer_lobserver/ft_frottis_sanguin_0.pdf) consulté le 15/01/2024
- [47]. <https://planet-vie.ens.fr/thematiques/les-elements-figures-du-sang-realisation-d-un-frottis-sanguin> consulté le 15/01/2024
- [48].[http://elearning.univ-biskra.dz/moodle2019/pluginfile.php/80135/mod\\_resource/content/1/2%20Tissu%20](http://elearning.univ-biskra.dz/moodle2019/pluginfile.php/80135/mod_resource/content/1/2%20Tissu%20)

sanguin.pdf consulté le 15/01/2024

[49]. <https://slideplayer.fr/slide/13385719/> consulté le 15/10/2023

[50].[https://www.afm-](https://www.afm-telethon.fr/sites/default/files/legacy/le_systeme_musculaire_squelettique_0309.pdf)

[telethon.fr/sites/default/files/legacy/le\\_systeme\\_musculaire\\_squelettique\\_0309.pdf](https://www.afm-telethon.fr/sites/default/files/legacy/le_systeme_musculaire_squelettique_0309.pdf)  
consulté le 15/01/2024

[51].<https://www.institut-myologie.org/enseignement/connaissances-sur-le-muscle/les-differents-types-de-muscles/#squelettique> consulté le 15/01/2024

[52].<https://www.institut-myologie.org/enseignement/connaissances-sur-le-muscle/les-differents-types-de-muscles/#cardiaque> consulté le 15/01/2024

[53].<https://www.institut-myologie.org/enseignement/connaissances-sur-le-muscle/les-differents-types-de-muscles/#lisse> consulté le 15/01/2024

[54].[https://elearning.univ-](https://elearning.univ-bejaia.dz/pluginfile.php/821497/mod_resource/content/1/Cours%206_Cycle%20cellulaire_la%20m%C3%A9iose.pdf)

[bejaia.dz/pluginfile.php/821497/mod\\_resource/content/1/Cours%206\\_Cycle%20cellulaire\\_la%20m%C3%A9iose.pdf](https://elearning.univ-bejaia.dz/pluginfile.php/821497/mod_resource/content/1/Cours%206_Cycle%20cellulaire_la%20m%C3%A9iose.pdf) consulté le 15/01/2024

[55]. [http://beaussier.mayans.free.fr/IMG/pdf/cours\\_mitose\\_meiose.pdf](http://beaussier.mayans.free.fr/IMG/pdf/cours_mitose_meiose.pdf) consulté le 15/01/2024

[56]. <https://quizlet.com/84068711/biologie-humaine-questions-connaissances-requises-flash-cards/> consulté le 15/01/2024

[57]. <https://slideplayer.fr/slide/1600891/> consulté le 12/05/2022

[58].<https://www.alloprof.qc.ca/fr/eleves/bv/sciences/les-etapes-de-la-meiose-notions-avancees-s1531> consulté le 15/01/2024

[59]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/books/NBK279031/> consulté le 15/10/2023

[60].[https://fmedecine.univ-](https://fmedecine.univ-setif.dz/ProgrammeCours/1%C3%A8re.embryo.Gam%C3%A9togen%C3%A8se.pdf)

[setif.dz/ProgrammeCours/1%C3%A8re.embryo.Gam%C3%A9togen%C3%A8se.pdf](https://fmedecine.univ-setif.dz/ProgrammeCours/1%C3%A8re.embryo.Gam%C3%A9togen%C3%A8se.pdf)  
consulté le 15/01/2024

[61].<https://fac.umc.edu.dz/snv/faculte/tc/2023/TD%20N%C2%B01-chapitre%20II-%20D%C3%A9roulement%20de%20la%20m%C3%A9iose%20Dr.ZOUAGHI%20YOUCEF-UFMC1-2022-2023.pdf> consulté le 15/01/2024

[62].<http://svtmortain.fr/wp-content/uploads/2016/12/La-m%C3%A9iose.pdf> consulté le 15/10/2023 consulté le 15/01/2024

[63].[https://fmedecine.univ-](https://fmedecine.univ-setif.dz/ProgrammeCours/1%C3%A8re.embryo.Gam%C3%A9togen%C3%A8se.pdf)

[setif.dz/ProgrammeCours/1%C3%A8re.embryo.Gam%C3%A9togen%C3%A8se.pdf](https://fmedecine.univ-setif.dz/ProgrammeCours/1%C3%A8re.embryo.Gam%C3%A9togen%C3%A8se.pdf)  
consulté le 15/10/2023

[64]. <https://svtlyceedevenne.files.wordpress.com/2012/03/cours-cycles-haplo-diplo.ppt> consulté le 15/01/2024

[65] .<https://www.projetecolo.com/difference-entre-meiose-et-mitose-54.html> consulté le 15/01/2024