



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université ABOUBEKR BELKAID-TLEMCEM

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers



## Département *DE BIOLOGIE*

LABORATOIRE DE BIOLOGIE MOLECULAIRE APPLIQUEE ET

IMMUNOLOGIE – BIOMOLIM

### MEMOIRE

Par :

**NADRI Kheira**

*En vue de l'obtention du*

**Diplôme de master en Immunologie**

**Effet du cycle menstruel sur la numération leucocytaires et le système  
du complément.**

Soutenu le 25 Juin 2023, devant le jury composé de :

<b>Président</b>	<b>Mr AZZI Nouredine</b>	<b>MAA</b>	<b>Université de Tlemcen</b>
<b>Encadrant</b>	<b>MME DJELTI Farah</b>	<b>MCB</b>	<b>Université de Tlemcen</b>
<b>Examineurs</b>	<b>MME HADDOUCHI farah</b>	<b>MCB</b>	<b>Université de Tlemcen</b>

**Année universitaire 2022 / 2023**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## **REMERCIEMENTS**

*Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à ma directrice de mémoire, **Madame DJELTI Farah**. Je la remercie de m'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé.*

*Nous remercions les membres de jury, chacun de son nom, d'avoir acceptés juger et examiner notre travail.*

*Nous désirons aussi de remercier le professeur **Aribi Mourad**, qui nous a fourni les outils nécessaires à la réussite de notre étude universitaire dans son laboratoire.*

*Un grand merci à Mme **Messali Rbia** qui n'est pas hésité à nous aider dans ce travaille.*

*J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions et ont accepté de me rencontrer et de répondre à mes questions durant mes recherches.*

*Je remercie mon très **cher père ABDELKADER**, qui a toujours été là pour moi. Je remercie, mes frères Morad et Yazid pour leurs encouragements.*

*Enfin, je remercie mes amis Ibissem, Sarah , kawther et khoulod qui ont toujours été là pour moi. Leur soutien inconditionnel et leurs encouragements ont été d'une grande aide.*

*À tous ces intervenants, je présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude.*

# Table de matière

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction

Synthèse bibliographique

<b>1</b>	<b>Le cycle menstruel .....</b>	<b>4</b>
1.1.	Généralités.....	4
1.2.	Principaux organes intervenant dans le cycle menstruel.....	4
1.3.	Effets des hormones sur le cycle menstruel .....	7
1.4.	Les phases du cycle menstruel .....	7
1.4.1.	Cycle ovarien.....	7
1.4.2.	Cycle utérin .....	8
1.5.	Inflammation au cours de cycle menstruel.....	9
<b>2.</b>	<b>Le sang .....</b>	<b>11</b>
2.1.	Généralités.....	11
2.2.	Les constituants de sang.....	11
2.3.	Les éléments figurés du sang et leurs formations.....	11
2.4.	Formation des cellules sanguines.....	12
2.4.1.	Hématopoïèse.....	12
2.4.2.	Les érythrocytes (globules rouges) .....	15
2.4.3.	Les thrombocytes (plaquettes) .....	16
2.5.	Les variations des éléments figurés de sang.....	17
2.5.1.	Les variations des globules blancs.....	17
2.6.	Système de complément.....	17

2.6.1. Définition .....	17
2.6.2. Voies d'activation du complément .....	18
2.6.2.1. Voie classique .....	18
2.6.2.2. Voie des lectines .....	18
2.6.2.3. Voie alternative .....	18
<b>3. Matériels et méthodes .....</b>	<b>22</b>
3.1. Zone et population étudiée .....	22
3.2. Considérations éthiques.....	23
3.3. Analyses hématologiques.....	23
3.3.1. Prélèvements sanguins et Préparation des échantillons .....	23
3.3.2. Hémogramme .....	23
3.4. Analyses immunologiques .....	24
3.4.1. Dosage de CH50 .....	24
3.5. Analyses statistiques .....	24
<b>4. Résultats et Interprétation .....</b>	<b>26</b>
4.1. Taux des neutrophiles chez les femmes en menstruation et hors menstruation.....	26
4.2. Taux de basophiles chez les femmes en menstruation et hors menstruation .....	26
4.3. Taux des éosinophiles chez les femmes en menstruation et hors menstruation.....	27
4.4. Taux des lymphocytes chez les femmes en menstruation et hors menstruation .....	27
4.5. Taux des leucocytes chez les femmes en menstruation et hors menstruation.....	28
4.6. Taux d'hémoglobines chez les femmes en menstruation et hors menstruation .....	28
4.7. Taux monocytes chez les femmes en menstruation et hors menstruation.....	29
4.8. Taux CH50 chez les femmes en menstruation et hors menstruation .....	29
<b>5. Discussion .....</b>	<b>31</b>
<b>6. Conclusion et perspectives... ..</b>	<b>32</b>

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Les organes intervenants dans la menstruation. ....	5
<b>Figure 2</b> :Cycle ovarien et utérin. ....	9
<b>Figure 3</b> :Les éléments figurés de sang.....	12
<b>Figure 4</b> : Schéma représente le processus d'hématopoïèse. ....	14
<b>Figure 5</b> : Les trois voies différentes d'activation du complément : voie alternative, voie classique et voie des lectines. ....	18
<b>Figure 6</b> : Dossage de CH50 .....	24
<b>Figure 7</b> : Taux Des neutrophiles en % hors menstruation et en menstruation. ....	26
<b>Figure 8</b> : Taux de basophile en % avant et après menstruation.....	26
<b>Figure 9</b> : Taux d'éosinophile avant et après menstruation. ....	27
<b>Figure 10</b> : Taux des lymphocytes avant et après menstruation. ....	27
<b>Figure 11</b> : Pourcentage de leucocytes avant et après menstruation.....	28
<b>Figure 12</b> : Taux des hémoglobines en % avant et après menstruation. ....	28
<b>Figure 13</b> : Taux des monocytes en % avant et après menstruation. ....	29
<b>Figure 14</b> : Taux des CH50 en % avant et après menstruation.....	29

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1:</b> L'effets des hormones sur le cycle menstruel.....	7
<b>Tableau 2:</b> les caracteristiques d'echantillons etudie.....	22

## Liste des abréviations

**ABO** : système de ABO.

**B12** : la vitamine b12 ou la cobalamine.

**CH50** : complément hémolytiques total.

**CMH** : complexe majeur d'histocompatibilité.

**CO2** : dioxyde de carbone.

**CRP** : protéine c- réactive.

**EDTA** : acide éthylène diamine tetra-acétique .

**FNS** : formule sanguine complète.

**FSH** : hormone de stimulation folliculaire.

**GNRH** : hormone de libération des gonadotrophines hypophysaires.

**LH** : hormone lutéinisante.

**LLC** : la leucémie lymphoïde chronique.

**MHC** : masque a haute concentration.

**MMP** : Métalloprotéinase matricielle.

**NK** : naturel killer.

**PH** : potentiel hydrogène.

**RH** : rhésus.

**TC**: cellule t cytotoxique.

**TH**: lymphocyte helper.

**VIH** : virus de l'immunodéficience humaine.

## Résumé

Le cycle menstruel est un processus biologique qui se produit au niveau du système reproducteur féminin. Il implique une série de changements physiologiques qui préparent le corps à une éventuelle grossesse. Le cycle menstruel est un processus inflammatoire lié à l'immunité innée, mais cette liaison n'est pas encore bien illustrée. L'objectif de mon travail consiste évaluer l'effet des menstruations sur les variations du système de complément et sur la numération de différentes lignées leucocytaires chez la femme saine au cours des différentes phases du cycle menstruel.

Nos résultats ont montré une augmentation significative du taux de CH50 qui est un marqueur de la voie classique du système de complément, ainsi qu'une variation significative de quelques lignées leucocytaires au cours des menstruations.

On conclue que les différentes phases du cycle menstruel influencent la numération leucocytaire ainsi que la voie classique du système de complément.

**Mots clé :** Leucocytes, cycle menstruelle, système de compléments.

## **Abstract**

The menstrual cycle is a biological process that takes place in the female reproductive system. It involves a series of physiological changes that prepare the body for a possible pregnancy. The menstrual cycle is an inflammatory process linked to innate immunity, but this link is not yet well illustrated. The aim of this study was to evaluate the effect of menstruation on variations in the complement system and on the counts of different leukocyte lineages in healthy women during different phases of menstrual cycle.

Our results showed the presence of a significant increase in CH50, a marker of the classical pathway of the complement system, as well as a significant variation in some leukocyte lineages count during menstruation.

We conclude that the different phases of the menstrual cycle influence leukocyte count as well as the classical pathway of the complement system.

**Key words:** Leukocytes, menstrual cycle, complement system.

## الملخص

الدورة الشهرية هي عملية بيولوجية تحدث على مستوى الجهاز التناسلي للأنثى. وهي تنطوي على سلسلة من التغيرات الفسيولوجية التي تؤدي الجسم للحمل المحتمل

دورة الطمث هي عملية بيولوجية تحدث في الجهاز التناسلي للأنثى. أنه ينطوي على سلسلة من التغيرات الفسيولوجية التي تعد الجسم للحمل في نهاية المطاف. الدورة الشهرية هي عملية انقباضية مرتبطة بالمناعة الفطرية ، لكن هذا الارتباط لم يوضح جيدا بعد. الهدف من عملي هو تقييم تأثير الحيض على الاختلافات في النظام المناعي وعلى عدد الكريات البيض المختلنة لدى النساء الأصحاء أثناء الدورة الشهرية.

أظهرت نتائجنا زيادة كبيرة في مستويات CH50 ، وهي علامة على المسار المكمل الكلاسيكي لنظام المناعة، بالإضافة إلى اختلال كبير في بعض خطوط الكريات البيض أثناء الحيض.

استنتج أن المراحل المختلنة لدورة الطمث تؤثر على عدد خلايا الدم البيضاء وكذلك المسار الكلاسيكي لنظام المناعة.

**الكلمات المفتاحية:** الكريات البيض، الدورة الشهرية، النظام المناعي

A decorative graphic of a scroll with a black outline and a light gray shadow, positioned horizontally across the middle of the page. The scroll is unrolled, with the top and bottom edges curving upwards at the ends. The text is centered within the scroll's frame.

# **Revue de la littérature**

A decorative horizontal scroll graphic with a black outline and rounded ends. The scroll is unrolled in the center, with the text 'Introduction générale' written inside. The top and bottom edges of the scroll have small circular details suggesting the binding or the edge of the paper.

# **Introduction générale**

## **Introduction générale**

---

Le cycle menstruel décrit tous les évènements qui préparent, chaque mois dans le corps d'une femme adulte à une éventuelle grossesse.

Chaque mois un ovule est libéré à partir d'un ovocyte par un processus dite l'ovulation, au même temps la paroi de l'utérus épaisse préparant à la grossesse, si la fécondation n'a pas lieu la muqueuse de l'utérus est extraite dans les saignements menstruels.(Walker, 1997)

Les règles débutent à la puberté et cessent définitivement avec la ménopause. Elles surviennent lorsque l'implantation d'un embryon échoue, ce qui entraîne une diminution de la progestérone produite par le corps jaune et des perturbations au niveau du tissu endométrial externe, entraînant un écoulement utérin. Un faible taux de progestérone peut indiquer une absence d'ovulation, la prise d'une contraception orale, une grossesse extra-utérine ou un risque accru de fausse-couche en cas de grossesse, ainsi qu'une dominance en ostéogènes, des changements qui sont fondamentalement associés à la nature inflammatoire. L'accumulation de leucocytes libère des enzymes métalloprotéinases matricielles (MMP) dans les tissus, entraînant une rupture tissulaire..(Ma et al., 2021)

Les leucocytes ainsi que le système du complément jouent un rôle important dans la défense de l'organisme contre les microorganismes infectieux et les substances étrangères, surtout au cours des menstruations ; ces changements peuvent conduire à une protection immunitaire accrue contre les agents pathogènes à un moment où la fécondation et l'implantation.(Mihm et al., 2011a; Nowak et al., 2016)

L'objectif de ce travail consiste à évaluer l'effet des menstruations sur la variation de la voie classique du système de complément et de la numération des différentes lignées leucocytaires chez les femmes saines au cours des différentes phases du cycle menstruel.



# **Le cycle menstruel**

# **Le cycle menstruel**

---

## **1 Le cycle menstruel**

### **1.1 Généralités**

Le système de reproduction féminin, subit des changements cycliques réguliers qui ont pour la préparation périodique à la grossesse et à la fécondation, qui est caractérisé par des saignements vaginaux périodiques résultant de l'élimination de la muqueuse utérine (menstruation). La durée du cycle varie considérablement, mais la moyenne est de 28 jours entre le début d'une menstruation et le début de la suivante. Le cycle commence à la puberté, et se termine à la ménopause, qui survient en moyenne à l'âge de 51 ans. **(Thiyagarajan et al., 2023)**

c'est est une période des pertes sanguines, mais la description comprend aussi le cycle ovarien, passage du follicule primaire à l'ovulation et au corps jaune qui délivre la progestérone **(Monis & Tetrokalashvili, 2023)**

Durant le cycle menstruel, la muqueuse utérine s'épaissit en vue d'accueillir un embryon, Dans le même temps se produit le cycle ovarien, pendant lequel une cellule sexuelle féminine, Ou ovocyte préparer une fécondation.

Le début du cycle menstruel, également appelé premier jour des règles, marque le début de la régénération de l'endomètre. Cette régénération se poursuit tout au long du cycle, avec une croissance de 0,5 millimètre après la menstruation, **(CNGOF, 2022)**.

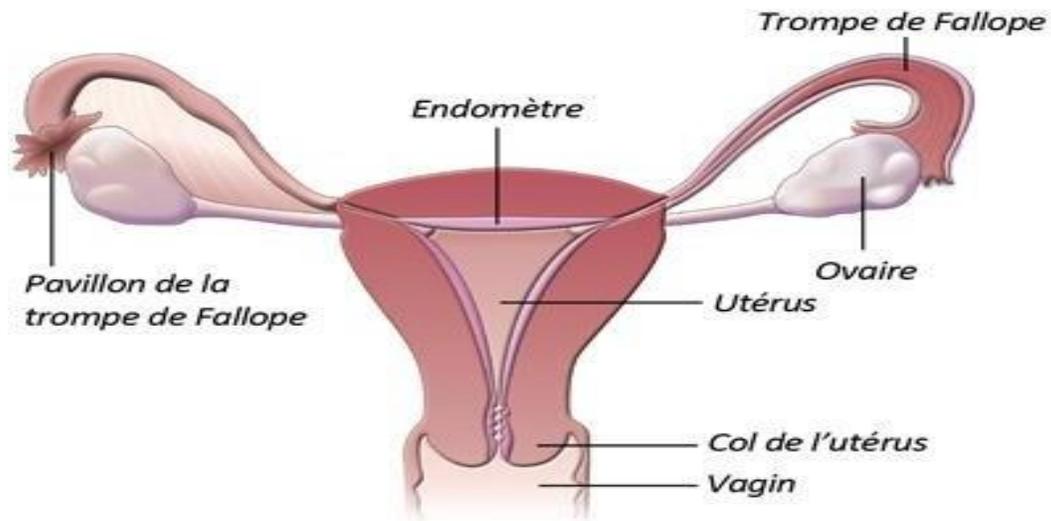
### **1.2 Principaux organes intervenant dans le cycle menstruel**

Le cycle menstruel inclure les activités des hormones de l'hypothalamus, du lobe antérieur de l'hypophyse et des ovaires et les changements qui en résultent au niveau des ovaires, de l'utérus, du col.

La présente section définit ces organes et d'autres parties du système reproductif de la femme intervenant dans le cycle **(Edmands EM, 1988)**

# Le cycle menstruel

---



**Figure 1:**les organes intervenants dans la menstruation. (Mihm et al., 2011b)

- **Hypothalamus**

Partie du cerveau qui libère, située sous le thalamus, qui joue un rôle capital dans la régulation des fonction vitales . Elle est également impliquée dans les fonctions non endocriniennes de régulation de la température.(**Shahid et al., 2023**)

### **Hypophyse antérieure**

Petite glande endocrine (sécrétant des hormones) reliées à la partie antérieure du cerveau, il produit deux hormones, la FSH et la LH, qui a son tour stimule les ovaires. (**Treasure Island (FL) : Jul 7, 2022.**)

- **Ovaires**

Ce sont les gonades, organes de la reproduction, chez la femme, et situées de part et d'autre de l'utérus, à proximité des trompes de Fallope. (**Dimassi et al., 2014**)

# **Le cycle menstruel**

---

- **Ovule**

Gamète femelle mur et fécondable, et est une cellule reproductrice de la femme .et peut déclenche le début d'une grossesse.(**Holesh et al., 2023**)

- **Corps jaune**

Qui tient son nom d'un pigment jaune ,est un nom donne au follicule ovarien après l'ovulation .(**Owen, 1975**)

- **Trompes de Fallope**

Deux trompes également nommée les trompes utérines, on appelle l'appareil génitale féminin. sont la voie de passage de l'ovule provenant des ovaires et le lieu de fécondation.(**Ameer et al., 2023**)

- **L'utérus**

Aussi appelé matrice, est la partie de l'appareil reproducteur féminin dans lequel le bébé se développe. Il mesure environ 7 cm de longueur et 5 cm de largeur.(**Critchley et al., 2020**)

- **Endomètre**

Membrane muqueuse tapissant la cavité utérine, si on a l'absence de fécondation, la paroi muqueuses de l'utérus est éliminée par la menstruation.(**Turner et al., 2012**)

- **Col**

Le col est la partie inférieure de cet organe, qui s'ouvre dans la partie supérieure du vagin. Il possède des parois épaisses et son orifice est très petit.(**Ameer et al., 2023**)

- **Vagin**

Cavité génitale chez la femme s'étendant de l'utérus à la vulve est la voie de passage des écoulements menstruels et des bébés quand ils naissent.(**Ameer et al., 2023**)

# Le cycle menstruel

---

## 1.3 Effets des hormones sur le cycle menstruel

Les hormones intervenant dans le cycle menstruel et leurs effets sur le cycle menstruel sont attribués ci-après :

**Tableau 1:** L'effets des hormones sur le cycle menstruel.

<b>Hormones</b>	<b>Sécrétée par</b>	<b>Fonctions principale</b>
<b>GNRF (gonadolibérine)</b>	Hypothalamus	Régule la sécrétion de FSH et LH.
<b>FSH (hormone folliculo-stimulante)</b>	Hypophyse antérieure	La croissance des follicules ovariens. Stimule la sécrétion œstrogènes
<b>LH(hormone lutéinisante)</b>	Hypophyse antérieure	Ovulation, formation de corps jaune, stimule la sécrétion de progestérone
<b>Œstrogène</b>	Ovaire	Endomètre : prolifération de la muqueuse. La croissance des vaisseaux sanguins dans l'endomètre.
<b>Progestérone</b>	Ovaire (corps jaune)	Contraction utérines rythmiques..

## 1.4 Les phases du cycle menstruel

### 1.4.1 Cycle ovarien

Une succession de changements subis par les ovaires ,se divise en phase folliculaires, ovulation et phases lutéale .(Turne et al.,2022)

# **Le cycle menstruel**

---

## **1.4.1.1 La phase folliculaire**

Cette phase se déroule généralement du sixième au quatorzième jour. Pendant cette période, le niveau de l'hormone œstrogène augmente, ce qui entraîne la croissance et l'épaississement de la muqueuse utérine (l'endomètre). En outre, une autre hormone l'hormone folliculo-stimulante (FSH) provoque la croissance des follicules dans les ovaires. Entre le 10ème et le 14e jour, l'un des follicules en développement formera un ovule mature.(**Fehring et al., 2006**)

## **1.4.1.2 L'ovulation**

Cette phase se produit environ au 14e jour d'un cycle menstruel de 28 jours. Une augmentation soudaine d'une autre hormone - l'hormone lutéinisante (LH) - provoque la libération d'un ovule par l'ovaire. Cette événement est l'ovulation.(**Mihm et al., 2011b**)

## **1.4.1.3 La phase lutéale**

Cette phase dure environ du 15e au 28e jour. L'ovule quitte l'ovaire et commence à voyager dans les trompes de Fallope jusqu'à l'utérus. Le niveau de l'hormone progestérone augmente afin de préparer la muqueuse utérine à la grossesse. Si l'ovule est fécondé par un spermatozoïde et se fixe à la paroi utérine (implantation), vous êtes enceinte. Si la grossesse ne se produit pas, les niveaux d'œstrogène et de progestérone chutent et l'épaisse paroi de votre utérus se détache pendant vos règles.(**Monis & Tetrokalashvili, 2023**)

## **1.4.2 Cycle utérin**

Est la modification de la muqueuse utérine sous l'effet des hormones secrètes par l'ovaire, il a lieu au même temps que le cycle ovarien et se répète environ tous les 28 jours, sauf en cas de fécondation, elle se divise en trois phases menstruelle, proliférative, et sécrétoires.(**Jain et al., 2022**)

# Le cycle menstruel

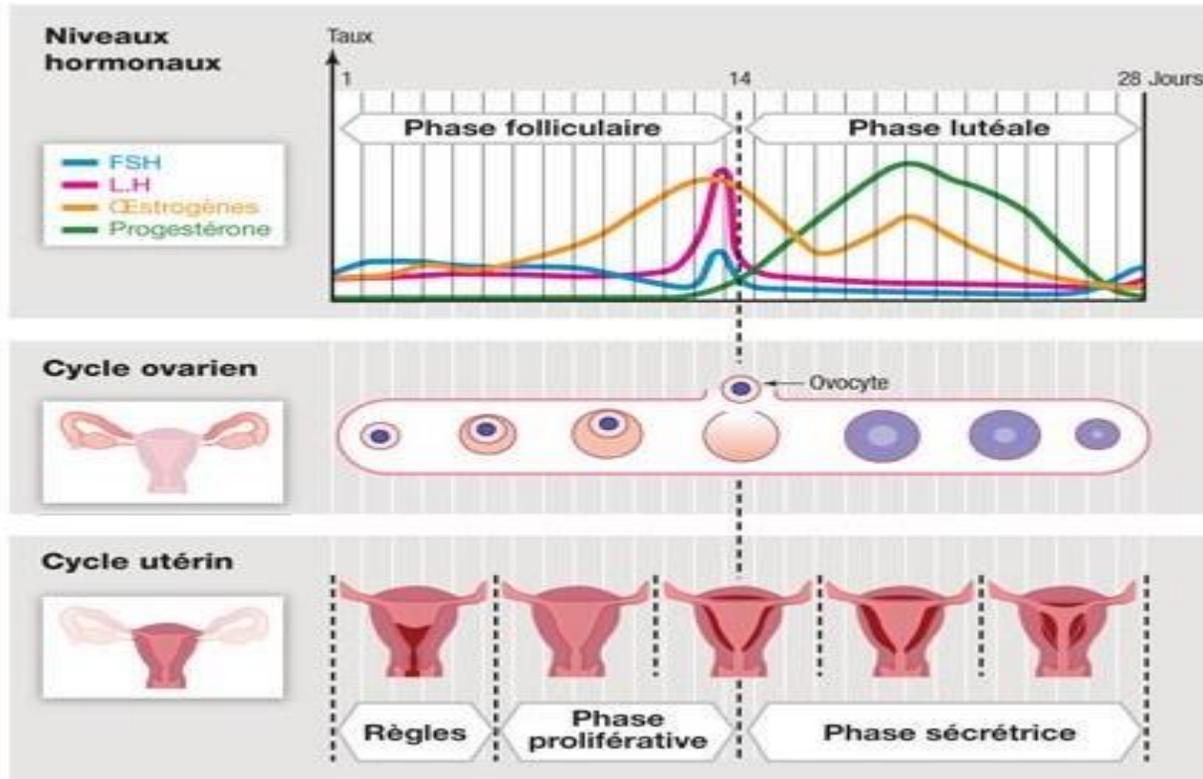


Figure 2: cycle ovarien et utérin. (Monis & Tetrokalashvili, 2023)

## 1.5 Inflammation au cours de cycle menstruel

L'inflammation est la réponse du corps aux lésions tissulaires résultant d'un agent physique ; chimiques ou infectieux ; et véhiculé par des cellules inflammatoires, stromales et endothéliales. Il est largement reconnu que de nombreux processus reproductifs sains présentent des symptômes révélateurs ; inflammation., ovulation, la menstruation, ; implantation et la fécondation sont quelques exemples de ces processus. (Zadora et al., 2015)

Au milieu des années **1980**, Finn a proposé que les menstruations peuvent être considérée comme un processus inflammatoire car elle partageait les caractéristiques de l'œdème tissulaire, la présence de cellules déciduales qui ressemblent à des fibroblastes du tissu de granulation et un afflux de nombre considérable des cellules inflammatoires. (Velez et al., 2021)



# **Le sang**

## **2 Le sang**

### **2.1 Généralités**

Le sang est le liquide rouge qui circule dans les artères et les veines pulsantes du cœur. Le corps humain contient 5 à 7 litres de sang, ce qui représente environ 8 % du poids corporel total. Le sang est composé de plasma, de globules rouges, de globules blancs et de plaquettes. **(Pozzetto & Garraud, 2011)**

Le processus de coagulation empêche le sang de quitter le système après une blessure. Le sang joue également un rôle important dans la régulation du pH et de la température corporelle centrale. **(Pozzetto & Garraud, 2011)**

La température du sang est d'environ 38 °C et a un pH légèrement alcalin allant de 7,35 à 7,45.

### **2.2 Les constituants de sang**

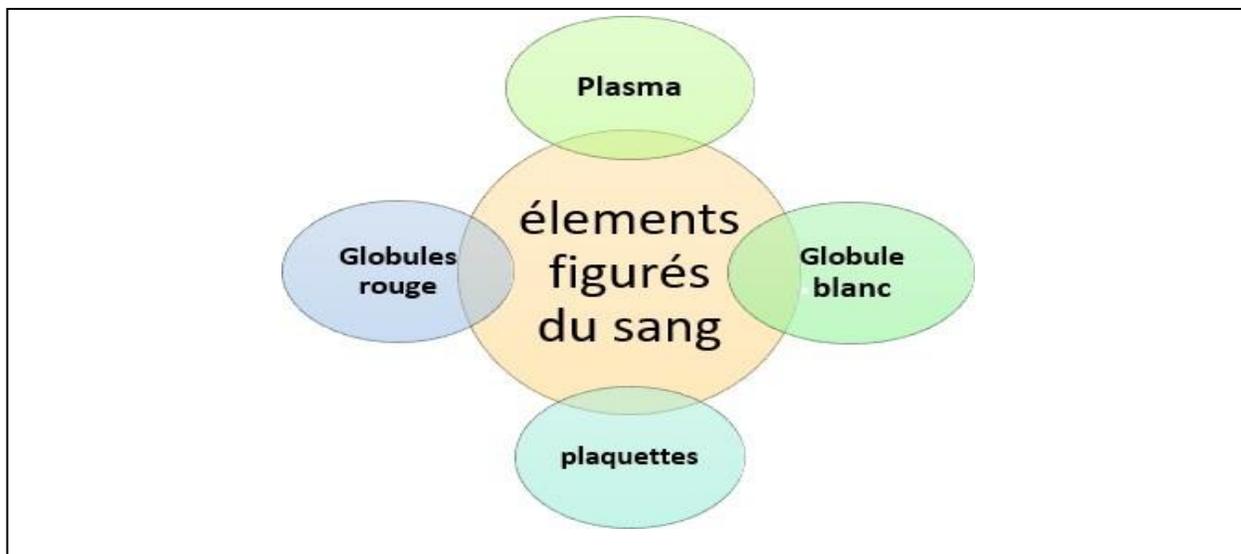
Le sang contient deux composants principaux, les cellules sanguines telles que les globules blancs, les globules rouges, les plaquettes et le plasma. Les cellules sanguines représentent environ 45% du volume sanguin total et le plasma 55%. **(Valensi, 2005)**

- **Plasma**

Le plasma, également appelé plasma sanguin, est jaune pâle ou de couleur paille. Sert de base liquide pour le sang total. Le sang total, à l'exclusion des globules rouges (RBC), des globules blancs (WBC) et des plaquettes (plaquettes), constitue le plasma. Le sérum est parfois considéré à tort comme synonyme de plasma, qui est un plasma sans fibrinogène. Le plasma est composé de 91 à 92 % d'eau et de 8 à 9 % de solides. **(Mathew et al., 2023a)**

### **2.3 Les éléments figurent du sang et leurs formations**

La phase liquide, ou plasma, représente environ 55 % du volume sanguin, tandis que la phase solide, constituée de cellules, en représente environ 45 %. La centrifugation d'un tube ou d'une poche contenant du sang révèle les deux phases. **(Mathew et al., 2023b)**



**Figure 3:** les éléments figurés de sang.

Comme décrit ci-dessus, trois types d'éléments figurés sont présents dans le sang : les GR (ou érythrocytes), les GB (ou leucocytes) et les PLT (ou thrombocytes). Chaque cellule se différencie des autres par sa morphologie, sa fonction, et son cycle de vie.

### 2.4 Formation des cellules sanguines

Les cellules sanguines sont formées dans le tissu spongieux des os qui s'appelle la moelle osseuse par l'hématopoïèse.

#### 2.4.1 Hématopoïèse

L'hématopoïèse est le processus de formation de diverses cellules sanguines et myéloïdes : érythrocytes, plaquettes, granulocytes, lymphocytes et monocytes. Ce processus commence avec des cellules souches hématopoïétiques pluripotentes (CSH). Les CSH ont la capacité de se diviser ou de s'auto-renouveler en cellules progénitrices multipotentes. Les cellules progénitrices peuvent ensuite se diviser en cellules plus spécialisées et le processus se répète, aboutissant finalement à des globules blancs, des globules rouges ou des plaquettes matures. Il est composé de 2 grands types de cellules. (Chapman & Zhang, 2023)

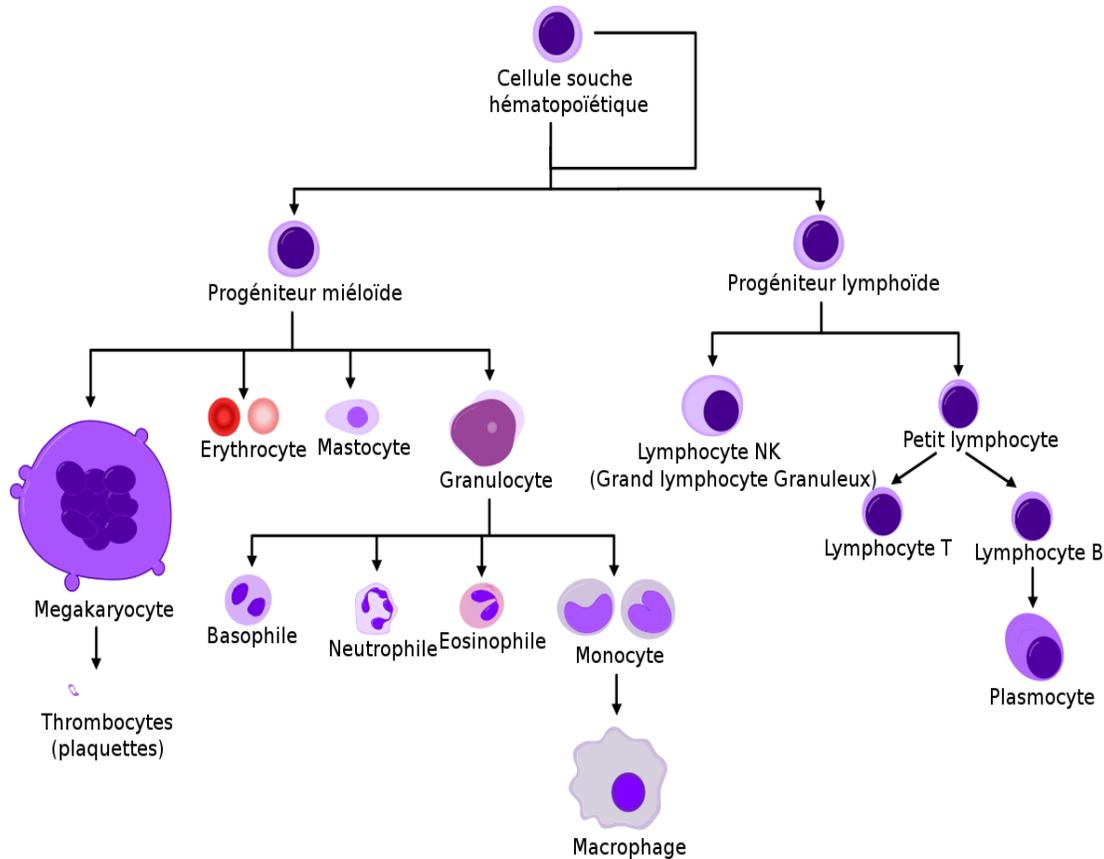
- **Les cellules myéloïdes**

Sont des descendants différenciés des cellules progénitrices communes des cellules souches hématopoïétiques de la moelle osseuse. La liaison à l'une des lignées myéloïdes est régulée par des facteurs de transcription spécifiques, suivie d'une différenciation terminale en réponse à des facteurs spécifiques de stimulation des colonies et de leur libération dans la circulation. Lors de l'invasion d'agents pathogènes, les cellules myéloïdes sont rapidement recrutées dans les tissus locaux via divers récepteurs de chimiokines, où elles sont activées pour la phagocytose et la sécrétion de cytokines inflammatoires, jouant un rôle important dans l'immunité innée. **(Ghiringhelli, s. d.)**

Les altérations génétiques des cellules myéloïdes peuvent entraîner une prolifération anormale de cellules myéloïdes matures ou de cellules blastiques, conduisant à une leucémie myéloïde chronique ou aiguë. **(Kawamoto & Minato, 2004)**

- **Les cellules lymphoïdes**

- **Les cellules lymphoïdes innées (ILC)** sont des lymphocytes innés qui jouent un rôle important dans la défense immunitaire contre les microbes, la régulation de l'immunité adaptative, le remodelage des tissus, la réparation et l'homéostasie des types de cellules hématopoïétiques et non hématopoïétiques. Les proérythroblastes donnent naissance aux érythrocytes (la lignée des globules rouges). **(Nagasawa et al., 2018)**
- **Les myéloblastes** Produisent des neutrophiles, des éosinophiles et des basophiles.
- **Les monoblastes** forment les monocytes.
- **Les lymphoblastes** forment les lymphocytes.
- **Les mégacaryoblastes** donnent naissance aux thrombocytes.



**Figure 4 :** schéma représente le processus d'hématopoïèse. (Chapman & Zhang, 2023)

## 2.4.2 Les érythrocytes (globules rouges)

En utilisant un microscope, on observe que les globules rouges présentent une forme de disque biconcave aplati avec un diamètre d'environ 8  $\mu\text{m}$ . Ces cellules sont dépourvues de noyau et d'organites, ce qui les empêche de se reproduire ou d'effectuer des activités métaboliques majeures. Les différents groupes sanguins, comme ABO et Rh, sont déterminés par des protéines spécifiques (antigènes) présentes à la surface des globules rouges. Leur fonction est de transporter l'oxygène des poumons vers les tissus périphériques tels que les muscles, le foie et les intestins, et de transporter le  $\text{CO}_2$  de la périphérie vers les poumons. (Barbalato & Pillarisetty, 2023)

### **2.4.3 les leucocytes**

Ils font partie de l'appareil immunitaire et contribuent aux réactions immunitaires innées et humorales. Ils se déplacent dans le sang et déclenchent des réactions inflammatoires et cellulaires en cas de lésion ou d'attaque de pathogènes.(**Tigner et al., 2023**)

#### **2.4.2.1 Les granulocytes**

Les globules blancs avec des granules abondants dans le cytoplasme sont les leucocytes. Ils sont les plus abondants parmi les globules blancs et ont un diamètre d'environ 12 à 15  $\mu\text{m}$ , ce qui les rend plus gros que les érythrocytes. Les types de leucocytes avec des granules sont les neutrophiles, les basophiles et les éosinophiles.(**Skaf & Laubenbacher, 2022**)

- **Les neutrophiles**

Des cellules phagocytaires avec une durée de vie très brève, qui ont une forme arrondie et mesurent entre 12 et 14  $\mu\text{m}$  de diamètre. Elles se caractérisent par un noyau plurilobé. Le rôle principal des neutrophiles est de protéger l'organisme contre les agents pathogènes exogènes tels que les bactéries, les virus et les toxines. Cela implique une réponse immédiate de ces cellules aux signaux d'attraction avant toute activité fonctionnelle.(**Malech et al., 2014**)

- **Éosinophiles**

Les éosinophiles ont une fonction singulière dans la provocation des réactions inflammatoires et adaptatives, grâce à leurs interactions réciproques avec les cellules dendritiques et les cellules T, ainsi que leur vaste gamme de cytokines et de médiateurs solubles sécrétés. Les procédés et les aboutissements des réactions des éosinophiles dans les schémas inflammatoires expérimentaux et les pathologies humaines.(**Blanchard & Rothenberg, 2009**)

- **Les basophiles**

Les globules blancs en circulation les plus inhabituels, correspondant approximativement à 0,01 à 0,3 % des cellules nucléées présentes dans le sang. Ils sont reconnus pour leur rôle dans les pathologies allergiques médiées par les IgE et dans la réaction contre les parasites.

En réalité, les leucocytes basophiles dégagent plusieurs agents vasoactifs et pro-inflammatoires suite à l'activation des récepteurs Fc $\epsilon$ RI par les immunoglobulines E spécifiques, qui sont regroupées par l'allergène correspondant.(**Miyake et al., 2022**)

### **2.4.2.2 Les agranulocytes**

Les granulations cytoplasmiques ne sont pas visibles au microscope optique, parce qu'elles sont petites et qu'elles se colorent mal. Il existe deux types d'agranulocytes sont :

- **Les lymphocytes**

**Lymphocyte B** : La cellule B, également appelée lymphocyte B , joue un rôle clé dans la réponse immunitaire adaptative et est responsable de l'immunité humorale chez les mammifères.(Nagasawa et al., 2018)

La production de lymphocytes B se poursuit tout au long de la vie humaine, débutant dans le foie fœtal intra-utérin et se poursuivant dans la moelle osseuse après la naissance, à partir des cellules souches hématopoïétiques.(Chapman & Zhang, 2023)

Les cellules B se développent en passant par toutes les étapes de la différenciation précoce jusqu'à la maturation, l'interaction avec l'antigène et la synthèse d'anticorps. Pendant ce processus, les cellules B acquièrent deux caractéristiques importantes de l'immunité adaptative , la capacité de discriminer entre le soi et le non-soi (reconnaissant les antigènes étrangers plutôt que les antigènes du soi) et, la capacité de se souvenir du contact précédent avec les antigènes, ce qui entraîne une réponse plus efficace et plus rapide lors d'interactions ultérieures. Le développement des cellules B chez l'homme se produit principalement dans la moelle osseuse. De nombreuses voies de différenciation des cellules B présentent des marqueurs de surface spécifiques (marqueurs CD) et des arrangements de gènes d'immunoglobulines (Ig) caractéristiques. De plus, des points de contrôle du développement existe.(Althwaiqeb & Bordoni, 2023)

**Lymphocytes T** : sont un groupe important et diversifié de cellules qui subissent des processus de sélection positive et négative dans le thymus.

Ils jouent un rôle essentiel dans les deux composantes de l'immunité active, y compris l'immunité à médiation cellulaire et, dans une certaine mesure, l'immunité humorale. Les lymphocytes T se différencier en plusieurs types, les plus courantes étant les lymphocytes T auxiliaires (ou CD4+) et les lymphocytes T cytotoxiques (ou CD8+). Ils ne sont pas capables de reconnaître les antigènes solubles et libres, mais seulement les antigènes liés à des protéines et à des récepteurs. Cette reconnaissance s'effectue par l'intermédiaire des récepteurs 1 et 2 du CMH

## **Le sang**

---

(Également appelés HLA) qui, avec les récepteurs des lymphocytes T, se lient à l'antigène en question et forment un complexe qui permet à la cellule T de reconnaître l'antigène. **(Chriti et al., 2020)**

Les lymphocytes T CD4<sup>+</sup> reconnaissent les antigènes liés au CMH 2, tandis que les lymphocytes T CD8<sup>+</sup> reconnaissent les antigènes liés au CMH 1. Les lymphocytes T CD4<sup>+</sup> et les lymphocytes T CD8<sup>+</sup> possèdent tous deux des récepteurs des lymphocytes T, mais leurs autres récepteurs varient. Les lymphocytes T CD4<sup>+</sup> ont le CD4 comme corécepteur, tandis que les lymphocytes T CD8<sup>+</sup> ont le CD8. Les lymphocytes T peuvent être identifiés par cytométrie de flux pour leurs marqueurs CD, par opposition à l'EM ou à la microscopie optique. **(Sauls et al., 2023)**

### **Les monocytes**

Les monocytes sont des globules blancs qui proviennent de la moelle osseuse. Un monocyte fait partie de la réponse immunitaire innée et a pour fonction de réguler l'homéostasie cellulaire, en particulier dans le cadre d'une infection ou d'une inflammation. Ils représentent environ 5 % des cellules nucléées circulantes dans le sang adulte normal. La demi-vie des monocytes circulants est d'environ un à trois jours. L'augmentation du nombre de monocytes circulants, est fréquente dans le sang périphérique, notamment en cas d'infection, de prise de médicaments, de maladie auto-immune et de certaines tumeurs malignes. **(Espinoza & Emmady, 2023)**

### **2.4.3 Les thrombocytes (plaquettes)**

Les thrombocytes sont des petites cellules sanguines qui exercent diverses fonctions physiologiques, la plus étudiée étant la promotion de la thrombose. En raison de leur capacité de coagulation et de l'activation de la cascade de coagulation, elles sont essentielles pour maintenir un volume sanguin approprié chez les individus souffrant de lésions vasculaires. L'activation de cette fonction commence par une blessure tissulaire et conduit à la sécrétion et à la liaison de plusieurs glycoprotéines, facteurs de croissance et facteurs de coagulation. La complexité de ces processus permet de cibler de nombreuses options pharmacologiques, offrant ainsi plusieurs choix de traitement antithrombotique. **(Fountain & Lappin, 2023)**

## **Le sang**

---

Les thrombocytes assurent l'hémostase en se liant à l'endothélium vasculaire, en s'agrégeant avec d'autres thrombocytes et en déclenchant la cascade de coagulation, ce qui amène à la formation d'un réseau de fibrine, qui prévient efficacement une hémorragie importante. Les thrombocytes ont également un rôle crucial dans l'inflammation, la régénération des tissus et la réponse immunitaire. Ces processus sont médiés par la libération de substances à partir des granules alpha et denses, qui contiennent de nombreux facteurs de croissance ainsi que des immunoglobulines G et des éléments du système du complément.(**Fountain & Lappin, 2023**)

### **2.5 Les variations des éléments figurés de sang**

#### **2.5.1 Les variations des globules blancs :**

La leucémie est un ensemble de maladies hématologiques malignes qui résultent de la prolifération anormale de leucocytes en développement. Elle est classée selon la rapidité de la prolifération en aiguë ou chronique et selon la cellule d'origine en myélocytaire ou lymphocytaire. Le traitement dépend du type de leucémie et implique généralement l'utilisation de la chimiothérapie. Le développement de la leucémie est influencé par de multiples facteurs de risque génétiques et environnementaux. Selon la base de données Surveillance, il est estimé qu'en 2021, il y aura environ 61 090 nouveaux cas de leucémie aux États-Unis, ce qui représente 3,2 % de tous les nouveaux cas de cancer et en fait le dixième cancer le plus courant. (**Chennamadhavuni et al., 2023**)

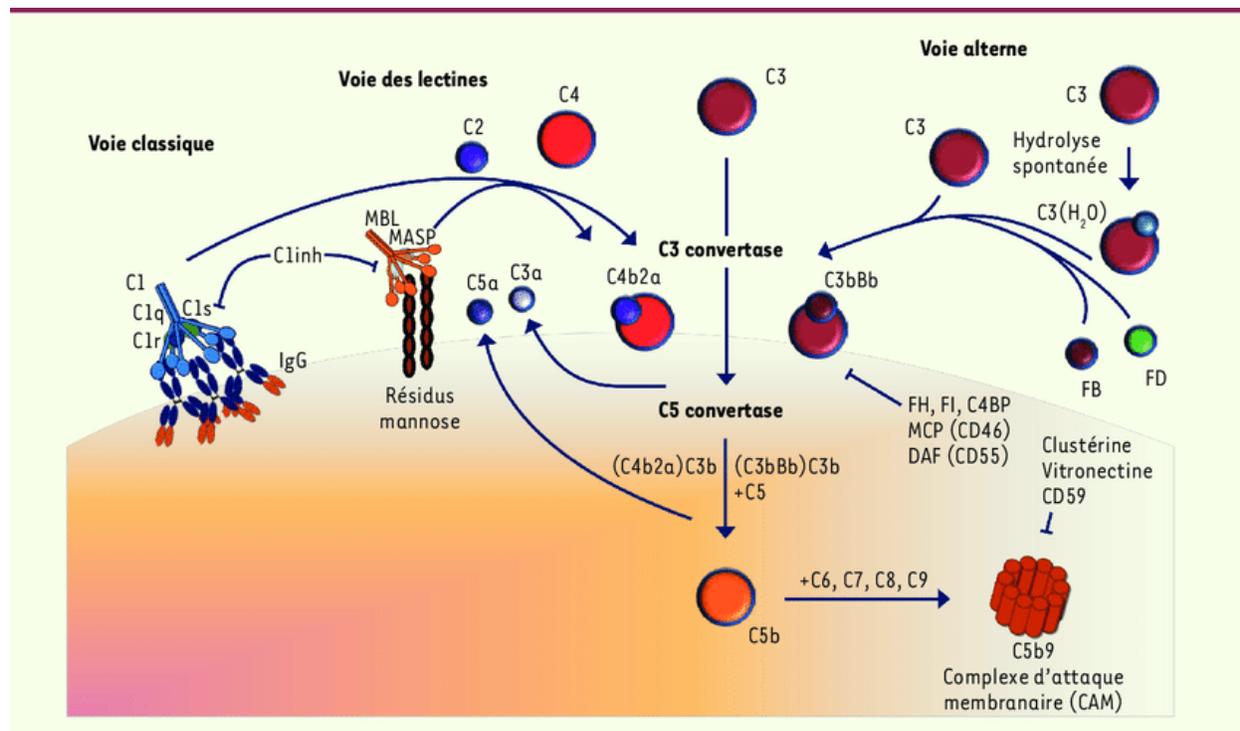
### **2.6 Le système de complément**

#### **2.6.1 Définition**

Le système de complément est composé d'un groupe de protéines strictement régulé qui joue un rôle crucial dans la défense de l'hôte et la réponse inflammatoire. L'activation du système de complément entraîne l'opsonisation des agents pathogènes et leur élimination par les phagocytes, ainsi que la destruction cellulaire. L'activation inappropriée et les déficits du système de complément sont la cause sous-jacente de la physiopathologie de nombreuses maladies, telles que le lupus érythémateux disséminé et l'asthme. Cette synthèse donne un aperçu du système de complément dans le but de comprendre les effets bénéfiques et nocifs qu'il peut avoir lors des réponses inflammatoires.(**Sarma & Ward, 2011**)

## 2.6.2 Voies d'activation du complément

L'activation se fait par trois voie principale sont : les voie classique ,les voie de lectine, les voie alternes :



**Figure 5:** Les trois voies différentes d'activation du complément : voie alternative, voie classique et voie des lectines.(Jv & Pa, 2011)

### 2.6.2.1 Voie classique

La méthode traditionnelle du supplément est déclenchée par les complexes d'anticorps-antigènes situés sur la surface bactérienne et était principalement considérée comme un élément actif de la réponse immunitaire adaptative.(Brown et al., 2002)

La méthode conventionnelle commence avec la liaison des complexes antigène/anticorps IgM ou IgG au C1q (première protéine de la cascade), ce qui entraîne l'activation du C1r qui clive le C1s. Ceci active les sérines protéases qui mènent au clivage du C4 et du C2, menant à la formation de C4b2a (C3 convertase). Cela clive ensuite le C3 en C3a et C3b [29]. Tandis que C3a recrute des cellules inflammatoires , C3b se lie au complexe C4b2a pour former la C5 convertase (C4b2a3b). La C5 convertase initie la formation du complexe d'attaque membranaire (MAC), qui

s'insère dans la membrane en créant des pores fonctionnels dans les membranes bactériennes, ce qui conduit à leur lyse . La méthode conventionnelle peut également être activée par d'autres signaux de danger, tels que la protéine C-réactive, les protéines virales, l, les cellules apoptotiques, prouvant ainsi qu'elle peut être activée indépendamment des anticorps.(Nesargikar et al., 2012)

### **2.6.2.2 Voie des lectines**

Les initiateurs de cette voie sont les collectines (mbl et ficoline), qui sont des complexes de lectines multimériques.

Elles se lient à des motifs glucidiques spécifiques peu communs chez l'hôte, ce qui entraîne l'activation de la voie par l'activité enzymatique de la masp. Les complexes mbl et c1 présentent des similitudes structurelles. La masp-2 clive le c4 et le c2 pour former la c3 convertase, tandis que la masp-1 peut cliver directement le c3 en contournant le complexe c4b2a. masp-3, une autre serine protéase, régule à la baisse l'activité de clivage du c4 et du c2 de masp-2.

Après la découverte de la mbl, il a été constaté que trois autres lectines (appelées ficoïdes) interagissaient avec la masp : la ficoline-1 (ou m-ficoline), la ficoline-2 (ou l-ficoline) et la ficoline-3. les ficolines activent la voie des lectines en formant des complexes actifs avec la masp. récemment, une nouvelle lectine de type c (cl-11) a été identifiée, qui interagit avec masp-1 et/ou masp-3 et peut activer la voie des lectines.(Nesargikar et al., 2012)

### **2.6.2.3 Voie alternative**

La voie alternative n'est pas tant une voie d'activation qu'une incapacité à réguler la formation continue à faible niveau d'une C3 convertase soluble. La connexion interne du C3 est hautement réactive et subit une hydrolyse spontanée, ce qui donne une molécule appelée C3 (H<sub>2</sub>O) qui ressemble au C3b. Cette molécule peut alors se lier au facteur B et être transformée en une C3 convertase soluble à courte durée de vie qui peut produire davantage de C3b. La présence de régulateurs du complément dans les cellules saines permet de contrôler l'hydrolyse spontanée du C3.(Nesargikar et al., 2012)

L'activation du C3 a lieu lorsque le C3b se lie au facteur B et est ensuite clivé par le facteur D, L'action enzymatique du facteur D agit comme l'étape limitant la vitesse de la voie substitutive

## **Le sang**

---

et clive le facteur B, dont le fragment le plus important reste lié au C3b pour former la voie substitutive C3 convertase-C3bBb. C3b est capable de créer une nouvelle C3 convertase en présence des facteurs B et D, agissant ainsi comme une "boucle d'amplification" pour d'autres voies, ainsi que pour la voie substitutive]. La voie substitutive ne comprend pas les composants C1, C2 et C4.(Nesargikar et al., 2012)

A decorative horizontal scroll graphic with a black outline and rounded ends. The scroll is partially unrolled, with the top and bottom edges curving upwards. The text is centered within the scroll.

# **Matériel et méthodes**

## Matériel et méthodes

---

### 3 Matériels et méthodes

#### 3.1 Zone et population étudiée

Notre étude réalisée au niveau de laboratoire centrale à l'hôpital de Tlemcen et notre laboratoire de recherche **BOIOMOLIM** de l'Université ABOU BAKR BELKAID Tlemcen s'est étalée sur une période de 3 mois depuis mars 2023 jusqu'à mai 2023.

Notre étude porte sur le taux de leucocytes pendant le cycle menstruel dont deux populations sont choisies est inclus dans ce travail :

- Femmes hors période de menstruation en bonne santé, non obèses, ne présentant aucune pathologie (n= 100).
- Femmes au cours de la période de menstruation, en bonne santé, ne présentant aucune pathologie (n= 100).

**Tableau 1:** les caracteristiques d'echantillons etudie.

Paramètre	En menstruation (régulé)	Hors menstruation (témoin)
Nombre	100	100
Age	24,25 ± 4,65	23,30 ± 2,25
Taille	1,65 ± 0,04	1,63 ± 0,05
Poids	60,75 ± 16,26	57,35 ± 9,94
IMC	22,06 ± 5,43	21,83 ± 3,22

Chaque valeur représente la moyenne ± écart type ou le nombre.

## **Matériel et méthodes**

---

### **3.2 Considérations éthiques**

Toutes les femmes sélectionnées sont informées sur le but de l'étude et leurs consentements sont obtenus préalablement (Formulaire en Annexe) Toutes les précautions visant le respect de l'anonymat et la confidentialité des informations sont rigoureusement respectées.

### **3.3 Analyses hématologiques**

#### **3.3.1 Prélèvements sanguins et Préparation des échantillons :**

Les prélèvements sanguins se font au niveau de la veine du pli du coude chez les femmes au cours du menstruation et des femmes témoins.

Le sang prélevé est recueilli est placé dans des tubes à EDTA, préalablement étiquetés et numérotés pour chaque patiente. Les échantillons collectés sont centrifugés à 3000 tours/min pendant 15 min, à température ambiante pour séparer le plasma du culot cellulaire.

#### **3.3.2 Hémogramme**

Les hémogrammes, ou numération formule sanguine (NFS), sont déterminés sur un automate de type compteur électronique de particules (hematology auto-analyzer Sysmex KX-21N).

Les paramètres étudiés sont les paramètres érythrocytaires : numération érythrocytaire, hémoglobine, hématocrite, volume globulaire moyen (VGM), concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine (CCMH) teneur globulaire moyenne en hémoglobine (TGMH), numération plaquettaire et les paramètres leucocytaires : numération leucocytaire, formule sanguine (polynucléaires, lymphocytes, monocytes).

Pour les formules sanguines, une frottis sanguin coloré au May-Grünwald Giemsa est aussi préparé et est observé au micro scope et la formule recomptée manuellement.

## Matériel et méthodes

### 3.4 Analyses immunologiques

#### 3.4.1 Dosage de CH50

Le test CH50 a été réalisé pour tous les échantillons en une seule fois après décongélation des échantillons de sérum. Le test CH50 a été réalisé en utilisant le pouvoir fonctionnel du système du complément pour lyser 50 % des globules rouges de mouton. Les globules rouges de mouton ont été préendus avec des anticorps de lapin contre les globules rouges de mouton (Bagherimoghaddam et al., 2022).

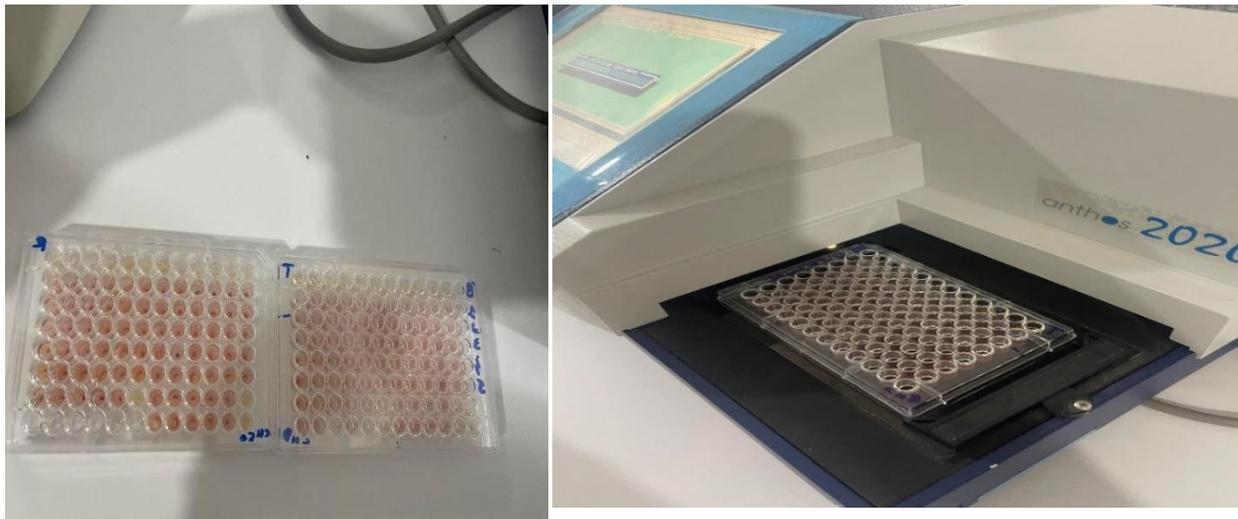


Figure 6 : Dosage de CH50

### 3.5 Analyses statistiques

Le recueil de données est effectué sous forme de tableaux à l'aide de Microsoft EXCEL et les statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel SPSS, ainsi la comparaison des moyennes entre deux groupes a été réalisée par le test t de Student pour les échantillon paramétriques ou le test de Mann whitney pour des échantillons non paramétriques .

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and rounded corners on the top and right. The text is centered within this border.

# **Résultats et Interprétation**

# Résultat et interprétation

## 4 Résultats et Interprétation

### 4.1 Taux des neutrophiles chez les femmes en menstruation et hors menstruation

Aucune différence significative concernant le pourcentage des neutrophiles n'est constatée chez les femmes avant menstruation (hors menstruation) comparées aux femmes après menstruation (pendant la menstruation).

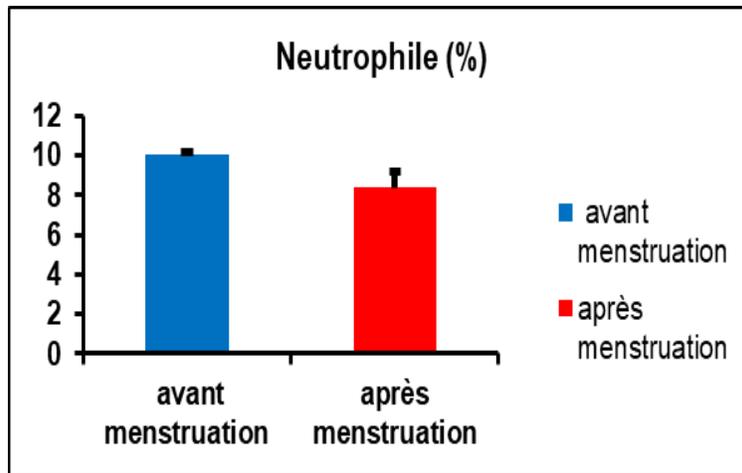


Figure 7 : Taux Des neutrophiles en % hors menstruation et en menstruation.

### 4.2 Taux de basophiles chez les femmes en menstruation et hors menstruation

On observe une augmentation significative concernant le pourcentage de basophiles après menstruation (pendant la menstruation) comparé au groupe avant menstruation (hors menstruation) avec  $P \leq 0.05$ .

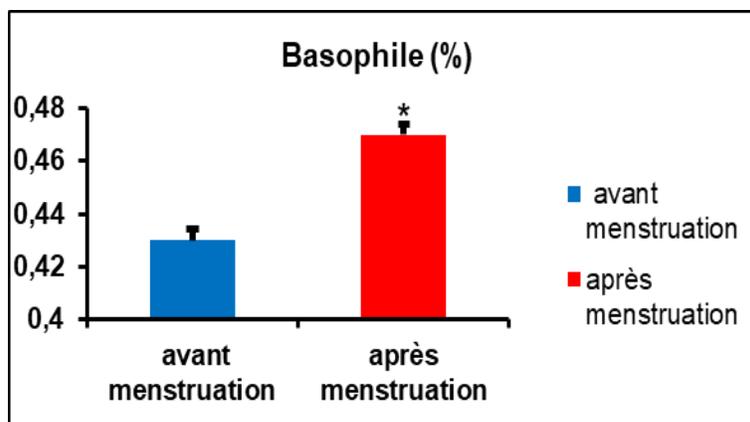


Figure 8 : Taux de basophile en % avant et après menstruation.

## Résultat et interprétation

### 4.3 Taux des éosinophiles chez les femmes en menstruation et hors menstruation

Le pourcentage de Eosinophile diminue de façon significative après menstruation (pendant la menstruation) comparée au groupe avant menstruations (hors menstruation) avec  $P \leq 0.05$ .

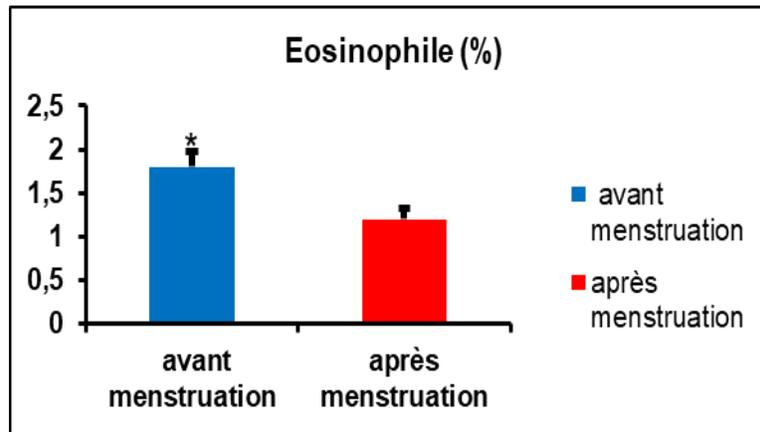


Figure 9: Taux d'éosinophile avant et après menstruation.

### 4.4 Taux des lymphocytes chez les femmes en menstruation et hors menstruation

Le pourcentage des lymphocytes est significativement faible chez les femmes après menstruation (pendant la menstruation) par rapport aux femmes avant menstruation (hors menstruation) avec  $P \leq 0.05$ .

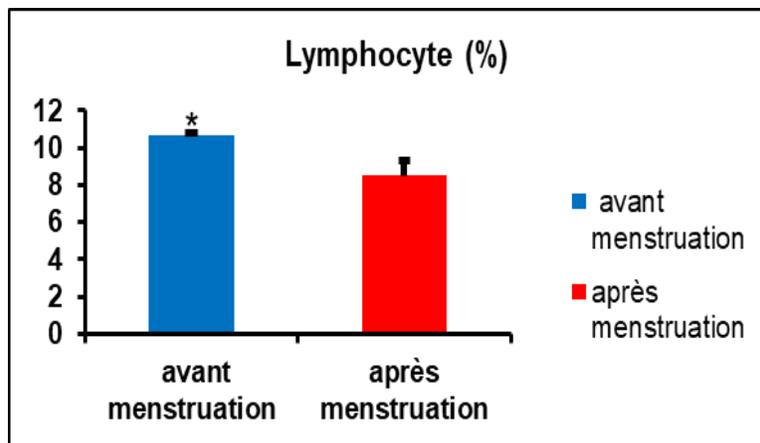


Figure 10: Taux des lymphocytes avant et après menstruation.

## Résultat et interprétation

### 4.5 Taux des leucocytes chez les femmes en menstruation et hors menstruation

Le pourcentage des leucocytes est diminuée de façon non significative chez les femmes après menstruation (pendant la menstruation) par rapport aux femmes avant menstruation (hors menstruation).

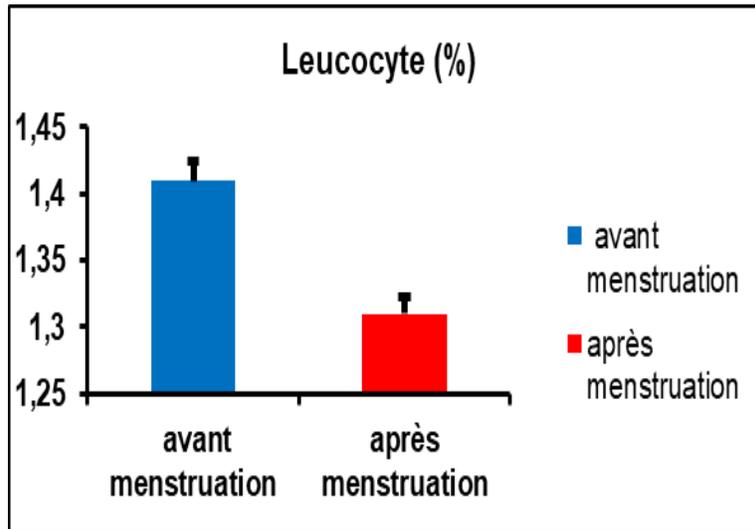


Figure 11 : pourcentage de leucocytes avant et après menstruation.

### 4.6 Taux d'hémoglobines chez les femmes en menstruation et hors menstruation

Aucune différence significative hémoglobines chez les femmes avant menstruation (hors menstruation) et après menstruation (pendant la menstruation).

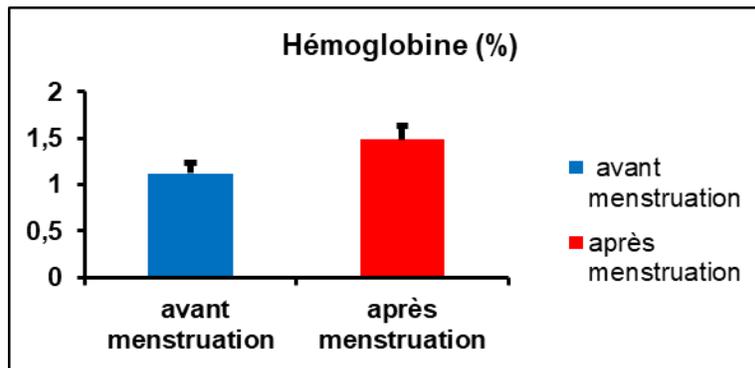


Figure 12: Taux des hémoglobines en % avant et après menstruation.

## Résultat et interprétation

### 4.7 Taux monocytes chez les femmes en menstruation et hors menstruation

Aucune différence significative observée concernant les monocytes.

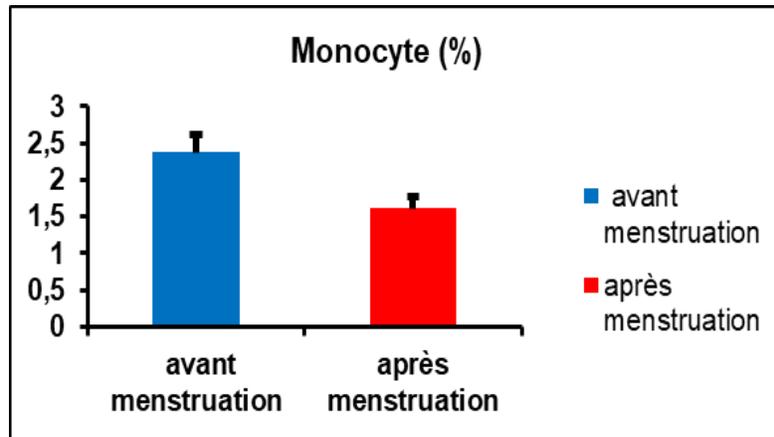


Figure 13 : Taux des monocytes en % avant et après menstruation.

### 4.8 Taux CH50 chez les femmes en menstruation et hors menstruation

On observe Une augmentation significative du taux **CH50** est observée chez les femmes aux après menstruation (pendant la menstruation) par rapport aux femmes avant menstruation (hors menstruation).

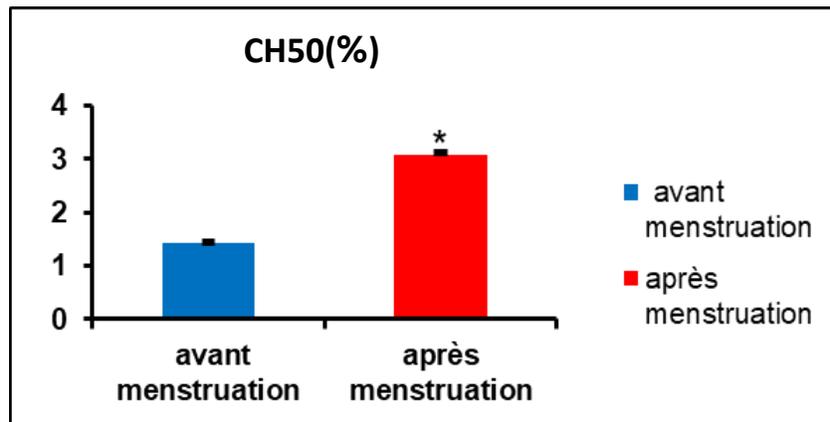


Figure 14 : Taux des CH50 en % avant et après menstruation.



# Discussion

### 5 Discussion

Notre étude a été effectuée afin de déterminer les variations des éléments figurés du sang au cours du cycle menstruel chez des femmes adultes ne présentant aucune pathologie.

Nos résultats ne montrent aucune augmentation significative du taux des granulocytes neutrophiles n'est observée chez les femmes aux cours des menstruations.

Nos résultats ne concordent pas avec la bibliographie, selon une autre étude effectuée dans le même contexte, une sous-population de neutrophiles augmente pendant les menstruations. **(Evans & Salamonsen, 2012)**

La concentration des basophiles est significativement élevée chez les femmes en cycle comparé aux femmes hors cycle. Des comptages directs des basophiles ont été effectués sur des échantillons de sang capillaire prélevés sur 13 jeunes femmes normales à différents stades du cycle menstruel. Le nombre moyen de basophiles au cours des stades folliculaire et progestatif était de 36,6/cumm et 39,3/cumm, respectivement. Il y a eu une baisse significative de 36% en milieu de cycle et une baisse significative de 22% en prémenstruel. Ces changements sont probablement dus à la rupture des follicules et à la migration des cellules sanguines périphériques dans l'endomètre ischémique prémenstruel. **(Evans & Salamonsen, 2012)**

Le taux des éosinophiles a été significativement diminué au cours des menstruations par rapport aux sujets hors menstruations, ces résultats sont en désaccord avec les travaux de Hanchinal et ses collègues. **(Hanchinal et al., 2021)**

Nos résultats montrent une diminution significative de nombre totale de lymphocytes tout au long du cycle menstruel, à l'inverse de notre travail, les résultats de Nowak et ses collègues ne montrent aucun changement significatif leucocytaires. **(Nowak et al., 2016)**

Notre étude montre une augmentation significative du taux de **CH50** aux cours des menstruations, aucune autre étude n'a été effectuée dans le même contexte.



## **Conclusion et perspectives**

## **Conclusion et perspectives**

---

Ce travail de recherche permet d'effectuer une exploration détaillée des nombreux changements qui affectent les éléments figurés du sang ainsi que la voie classique du complément d'une femme adulte saine non ménopausée au cours des différentes phases du cycle menstruel .

Nos résultats soutiennent l'hypothèse de cette étude selon laquelle un changement significatif du taux de certains leucocytes ainsi qu'une augmentation significative de CH50 apparait chez la femme au cours des menstruations, cela implique une activation de la voie classique du complément.

A citer que notre étude a été réalisée sur un nombre d'échantillon étroite, pour les prochaines recherches ils seraient intéressant d'élargir l'échantillonnage et d'explorer les changement qui peuvent affecter les autres voies du complément .

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and a horizontal strip at the top, both with rounded ends and a slight shadow effect.

## **Références bibliographiques**

# Références bibliographiques

---

## A

Althwaiqeb, S. A., & Bordoni, B. (2023). Histology, B Cell Lymphocyte. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560905/>

Ameer, M. A., Fagan, S. E., Sosa-Stanley, J. N., & Peterson, D. C. (2023). Anatomy, Abdomen and Pelvis : Uterus. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470297/>

## B

Barbalato, L., & Pillarisetty, L. S. (2023). Histology, Red Blood Cell. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK539702/>

Bagherimoghaddam,A., Rafatpanah,H., Mansouritorghabeh, H (2022). Elevated levels of C3, C4, and CH50 of the complement system in ICU and non-ICU patients with COVID-19. *Health Science Reports*, 5(2).

Blanchard, C., & Rothenberg, M. E. (2009). Biology of the eosinophil. *Advances in Immunology*, 101, 81-121. [https://doi.org/10.1016/S0065-2776\(08\)01003-1](https://doi.org/10.1016/S0065-2776(08)01003-1)

Brown, J. S., Hussell, T., Gilliland, S. M., Holden, D. W., Paton, J. C., Ehrenstein, M. R., Walport, M. J., & Botto, M. (2002). The classical pathway is the dominant complement pathway required for innate immunity to *Streptococcus pneumoniae* infection in mice. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99(26), 16969-16974. <https://doi.org/10.1073/pnas.012669199>

## C

Chapman, J., & Zhang, Y. (2023). Histology, Hematopoiesis. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK534246/>

Chennamadhavuni, A., Lyengar, V., Mukkamalla, S. K. R., & Shimanovsky, A. (2023). Leukemia. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560490/>

## Références bibliographique

---

Chriti, N., Boudigou, M., Porchet, E., Devauchelle Pensec, V., Pers, J. O., Hillion, S., & Cornec, D. (2020).

Les lymphocytes B autoréactifs sont caractérisés par un phénotype mémoire chez les patients atteints de syndrome de Sjögren primitif et de vascularite associée aux ANCA. *Revue du Rhumatisme*, 87, A42-A43. <https://doi.org/10.1016/j.rhum.2020.10.065>

Critchley, H. O. D., Babayev, E., Bulun, S. E., Clark, S., Garcia-Grau, I., Gregersen, P. K., Kilcoyne, A., Kim, J.-Y. J., Lavender, M., Marsh, E. E., Matteson, K. A., Maybin, J. A., Metz, C. N., Moreno, I., Silk, K., Sommer, M., Simon, C., Tariyal, R., Taylor, H. S., ... Griffith, L. G. (2020). Menstruation : Science and society. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 223(5), 624-664. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2020.06.004>

### D

Dimassi, K., Bettaieb, H., Derbel, M., Triki, A., & Gara, M. F. (2014). Kystes de l'ovaire : Score échographique de malignité. *The Pan African Medical Journal*, 18, 215. <https://doi.org/10.11604/pamj.2014.18.215.4037>

### E

Espinoza, V. E., & Emmady, P. D. (2023). Histology, Monocytes. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557618/>

Evans, J., & Salamonsen, L. A. (2012). Inflammation, leukocytes and menstruation. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*, 13(4), 277-288. <https://doi.org/10.1007/s11154-012-9223-7>

### F

Fehring, R. J., Schneider, M., & Raviele, K. (2006). Variability in the phases of the menstrual cycle. *Journal of Obstetric, Gynecologic, and Neonatal Nursing: JOGNN*, 35(3), 376-384. <https://doi.org/10.1111/j.1552-6909.2006.00051.x>

# Références bibliographiques

---

Fountain, J. H., & Lappin, S. L. (2023). Physiology, Platelet. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470328/>

## G

Ghiringhelli, F. (s. d.). *ROLES DES CELLULES MYELOÏDES SUPPRESSIVES ET DES INFILTRATS IMMUNITAIRES DANS LE CANCER*.

## H

Hanchinal, V. B., Sambrani, A., & Baljoshi, V. (2021). A study on influence of different phases of menstrual cycle on hematological parameters. *Journal of Experimental and Clinical Medicine*, 38(3), 308-311. <https://doi.org/10.52142/omujecm.38.3.19>

Holesh, J. E., Bass, A. N., & Lord, M. (2023). Physiology, Ovulation. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK441996/>

## J

Jain, V., Chodankar, R. R., Maybin, J. A., & Critchley, H. O. D. (2022). Uterine bleeding : How understanding endometrial physiology underpins menstrual health. *Nature Reviews Endocrinology*, 18(5), 290-308. <https://doi.org/10.1038/s41574-021-00629-4>

Jv, S., & Pa, W. (2011). The complement system. *Cell and Tissue Research*, 343(1).

<https://doi.org/10.1007/s00441-010-1034-0>

## K

Kawamoto, H., & Minato, N. (2004). Myeloid cells. *The International Journal of Biochemistry & Cell*

*Biology*, 36(8), 1374-1379. <https://doi.org/10.1016/j.biocel.2004.01.020>

## Références bibliographique

---

### M

- Ma, C., Ri, T., Lj, M., & Tp, W. (2021). The Impact of Menstrual Cycle Phase on Athletes' Performance : A Narrative Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(4).  
<https://doi.org/10.3390/ijerph18041667>
- Malech, H. L., DeLeo, F. R., & Quinn, M. T. (2014). The Role of Neutrophils in the Immune System : An Overview. *Methods in molecular biology (Clifton, N.J.)*, 1124, 3-10. [https://doi.org/10.1007/978-1-62703-845-4\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-62703-845-4_1)
- Mathew, J., Sankar, P., & Varacallo, M. (2023a). Physiology, Blood Plasma. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK531504/>
- Mathew, J., Sankar, P., & Varacallo, M. (2023b). Physiology, Blood Plasma. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK531504/>
- Mihm, M., Gangooly, S., & Muttukrishna, S. (2011a). The normal menstrual cycle in women. *Animal Reproduction Science*, 124(3), 229-236. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.08.030>
- Mihm, M., Gangooly, S., & Muttukrishna, S. (2011b). The normal menstrual cycle in women. *Animal Reproduction Science*, 124(3-4), 229-236. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.08.030>
- Miyake, K., Ito, J., & Karasuyama, H. (2022). Role of Basophils in a Broad Spectrum of Disorders. *Frontiers in Immunology*, 13, 902494. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.902494>
- Monis, C. N., & Tetrokalashvili, M. (2023). Menstrual Cycle Proliferative And Follicular Phase. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK542229/>

### N

- Nagasawa, M., Spits, H., & Ros, X. R. (2018). Innate Lymphoid Cells (ILCs) : Cytokine Hubs Regulating Immunity and Tissue Homeostasis. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 10(12), a030304.  
<https://doi.org/10.1101/cshperspect.a030304>

## **Références bibliographiques**

---

Nesargikar, P. N., Spiller, B., & Chavez, R. (2012). The complement system : History, pathways, cascade and inhibitors. *European Journal of Microbiology & Immunology*, 2(2), 103-111.

<https://doi.org/10.1556/EuJMI.2.2012.2.2>

Nowak, J., Borkowska, B., & Pawlowski, B. (2016). Leukocyte changes across menstruation, ovulation, and mid-luteal phase and association with sex hormone variation : LEUKOCYTE VARIATION IN THE MENSTRUAL CYCLE. *American Journal of Human Biology*, 28(5), 721-728.

<https://doi.org/10.1002/ajhb.22856>

### **O**

Owen, J. A. (1975). Physiology of the menstrual cycle. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 28(4), 333-338. <https://doi.org/10.1093/ajcn/28.4.333>

### **P**

Pozzetto, B., & Garraud, O. (2011). Risques viraux émergents en transfusion sanguine. *Transfusion Clinique et Biologique*, 18(2), 174-183. <https://doi.org/10.1016/j.tracli.2011.01.009>

### **S**

Sarma, J. V., & Ward, P. A. (2011). The complement system. *Cell and Tissue Research*, 343(1), 227-235. <https://doi.org/10.1007/s00441-010-1034-0>

Sauls, R. S., McCausland, C., & Taylor, B. N. (2023). Histology, T-Cell Lymphocyte. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK535433/>

Shahid, Z., Asuka, E., & Singh, G. (2023). Physiology, Hypothalamus. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK535380/>

Skaf, Y., & Laubenbacher, R. (2022). Topological data analysis in biomedicine : A review. *Journal of Biomedical Informatics*, 130, 104082. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2022.104082>

## Références bibliographiques

---

### T

- Thiyagarajan, D. K., Basit, H., & Jeanmonod, R. (2023). Physiology, Menstrual Cycle. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK500020/>
- Tigner, A., Ibrahim, S. A., & Murray, I. V. (2023). Histology, White Blood Cell. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK563148/>
- Turner, M., Healey, G., & Sheldon, I. (2012). Immunity and Inflammation in the Uterus. *Reproduction in Domestic Animals*, 47(s4), 402-409. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2012.02104.x>

### V

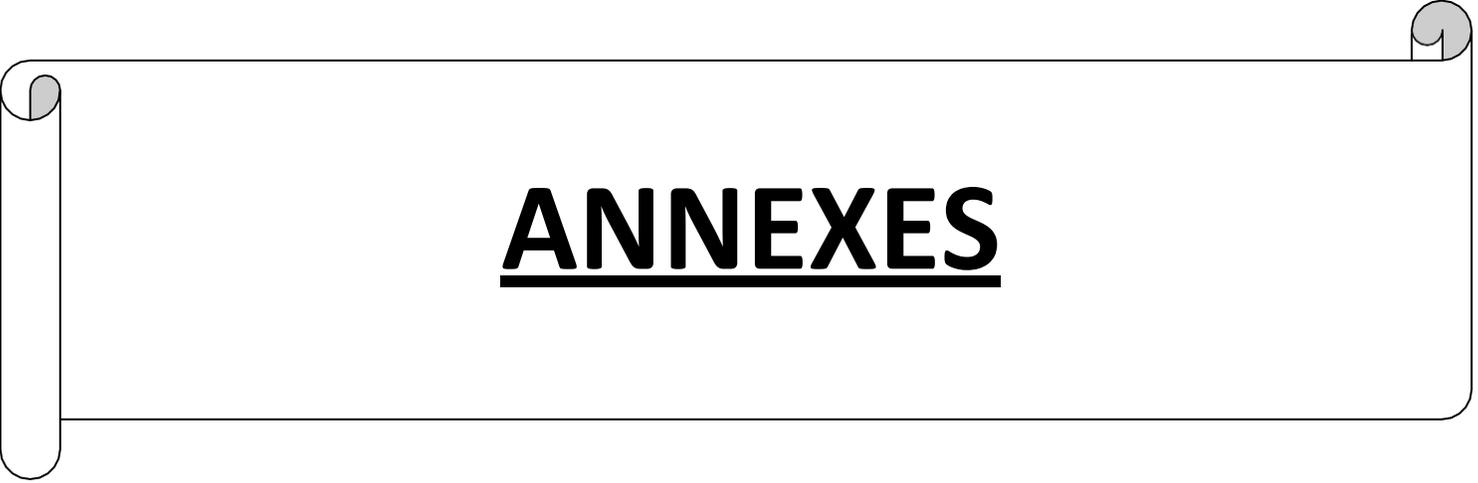
- Valensi, F. (2005). Morphologie des cellules sanguines normales. *EMC - Hématologie*, 2(1), 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.emch.2004.10.001>
- Velez, L. M., Seldin, M., & Motta, A. B. (2021). Inflammation and reproductive function in women with polycystic ovary syndrome†. *Biology of Reproduction*, 104(6), 1205-1217. <https://doi.org/10.1093/biolre/ioab050>

### W

- Walker, A. E. (1997). *The Menstrual Cycle*. Psychology Press.

### Z

- Zadora, P., Dabrowski, W., Czarko, K., Smolen, A., Kotlinska-Hasiec, E., Wiorkowski, K., Sikora, A., Jarosz, B., Kura, K., Rola, R., & Trojanowski, T. (2015). Preoperative neutrophil–lymphocyte count ratio helps predict the grade of glial tumor – A pilot study. *Neurologia i Neurochirurgia Polska*, 49(1), 41-44. <https://doi.org/10.1016/j.pjnns.2014.12.006>



# ANNEXES

# **ANNEXES**

---

## **Questionnaire individuelle**

### **1. Données Personnels**

Nom .....

Prénom .....

Date de naissance .....

Age .....

Poids : .....Kg

Taille ..... cm

IMC (Poids/Taille<sup>2</sup>) : .....

Marié : 1.Oui            2.Non

Les enfants : 1.Oui            2.Non

### **2. Données cliniques :**

Réglée : 1.Oui            2 .Non

Problèmes thyroïdiens : 1.Oui            2.Non

Acné : 1 .Oui            2.Non

Asthme : 1 .Oui            2.Non

Allergie : 1.Oui            2.Non

Infection : 1.Oui            2.Non

Diabète ou HTA : 1.Oui            2.Non

Prends des médicaments : 1.Oui            2.Non

## ملخص

الدورة الشهرية هي عملية بيولوجية تحدث على مستوى الجهاز التناسلي للأنثى. وهي تنطوي على سلسلة من التغيرات الفسيولوجية التي تؤدي الجسم للحمل المحتمل

دورة الطمث هي عملية بيولوجية تحدث في الجهاز التناسلي للأنثى. أنه ينطوي على سلسلة من التغيرات الفسيولوجية التي تعد الجسم للحمل في نهاية المطاف. الدورة الشهرية هي عملية التهابية مرتبطة بالمناعة الفطرية ، لكن هذا الارتباط لم يوضح جيدا بعد. الهدف من عملي هو تقييم تأثير الحيض على الختافات في النظام المناعي وعلى عدد الكريات البيضاء المخلتنة لدى النساء الأصحاء أثناء الدورة الشهرية.

أظهرت نتائجنا زيادة كبيرة في مستويات CH50 ، وهي علامة على المسار المكمل الكلاسيكي لنظام المناعة ، بالإضافة إلى اختالف كبير في بعض خطوط الكريات البيضاء أثناء الحيض.

استنتج أن المراحل المخلتنة لدورة الطمث تؤثر على عدد خلايا الدم البيضاء وكذلك المسار الكلاسيكي لنظام المناعة.

**الكلمات المفتاحية:** الكريات البيضاء، الدورة الشهرية، النظام المناعي

## Résumé

Le cycle menstruel est un processus biologique qui se produit au niveau du système reproducteur féminin. Il implique une série de changements physiologiques qui préparent le corps à une éventuelle grossesse. Le cycle menstruel est un processus inflammatoire lié à l'immunité innée, mais cette liaison n'est pas encore bien illustrée. L'objectif de mon travail consiste évaluer l'effet des menstruations sur les variations du système de complément et sur la numération de différentes lignées leucocytaires chez la femme saine au cours des différentes phases du cycle menstruel.

Nos résultats ont montré une augmentation significative du taux de de CH50 qui est un marqueur de la voie classique du système de complément, ainsi qu'une variation significative de quelques lignées leucocytaires au cours des menstruations.

On conclue que les différentes phases du cycle menstruel influencent la numération leucocytaire ainsi que la voie classique du système de complément.

**Mots clé :** Leucocytes, cycle menstruelle, système de compléments.

## Abstract

The menstrual cycle is a biological process that takes place in the female reproductive system. It involves a series of physiological changes that prepare the body for a possible pregnancy. The menstrual cycle is an inflammatory process linked to innate immunity, but this link is not yet well illustrated. The aim of this study was to evaluate the effect of menstruation on variations in the complement system and on the counts of different leukocyte lineages in healthy women during different phases of menstrual cycle.

Our results showed the presence of a significant increase in CH50, a marker of the classical pathway of the complement system, as well as a significant variation in some leukocyte lineages count during menstruation.

We conclude that the different phases of the menstrual cycle influence leukocyte count as well as the classical pathway of the complement system.

**Key words:** Leukocytes, menstrual cycle, complement system.