



Institut des sciences  
Vétérinaires Blida I



Université Saad Dahlab  
Blida I

Projet de fin d'études en vue de l'obtention du  
**Diplôme de Docteur Vétérinaire**

**Etude des variations de la numération formule sanguine selon l'âge, sexe et race  
chez les chevaux**

**Présenté par**  
ALLOUN Nihad  
LARDJOUM Ibtissem

Soutenu le : 17/10/2017

**Devant le jury :**

<b>Président(e) :</b>	Dr ADEL Dj.	MAA	INV Blida I
<b>Examineur :</b>	Dr OUAKLI N.	MAA	INV Blida I
<b>Promoteur :</b>	Dr DJOUDI M.	MAA	INV Blida I
<b>Co-promoteur :</b>	Pr SAADAOUI M.	MAA	ESNA Alger

**Année : 2016/2017**

# Remerciements

*En premier lieu nos plus sincères remerciements vont à Dieu qui nous a donné la force et le courage pour réaliser ce modeste travail.*

*Ce mémoire est le résultat de recherche de 2 ans. En préambule, on veut adresser tous nos remerciements aux personnes avec lesquelles nous avons pu échanger et qui nous ont aidés pour la rédaction de ce travail.*

*Nous remercions vivement notre encadreur, docteur DJOUDI, d'avoir accepté d'encadrer ce travail et d'avoir surtout cru au sujet*

*Nous remercions Professeur SADAOUÏ qui a su nous guider, un grand merci pour son aide et sa compréhension, ses encouragements, son soutien moral et scientifique. Qu'il trouve ici l'expression de notre profond gratitude.*

*À tous les membres jurys, pour leur contribution scientifique lors de l'évaluation de ce travail, nos remerciements les plus sincères.*

*On tient à remercier aussi tous nos profs de première année primaire au 5<sup>ème</sup> année universitaire.*

*On remercie aussi l'institut vétérinaire de Blida 1.*

## Dédicaces

*Au nom d'Allah, le très miséricordieux, tout d'abord à remercier le tout puissant de m'avoir donné le courage et la patience pour arriver à ce stade afin de réaliser ce travail que je dédie*

*A ma mère pour ton soutien, ton amour et ta générosité je voudrai te donner le témoignage de l'admiration et l'amour que je te porte, tu es mon plus bel exemple de courage et de sacrifice, et je suis très heureuse d'être ce que tu m'as aidé à devenir*

*A mon père pour l'éducation et la confiance que tu m'as donné*

*A ma sœur Yousra pour son soutien moral*

*A mon adorable frère Mehdi*

*A mon oncle Saïd et ma tante Salîha pour leur aide*

*A toute ma famille trouvez ici toute mes reconnaissances et affection*

*A tous mes amis pour tous les moments que nous avons partagés depuis tant d'années, en particulier Lilia et Yacine, j'espère que nous saurons entretenir cette belle amitié*

*A Tonton Djamel et Dr A. Dellali pour leur aide*

*A Dr A. Tiouririne pour sa prise en charge*

*A Mr Fellag*

*A l'équipe de laboratoire d'analyse médicale Dr Bouchama*

*A mes camarades les vétos*

*A mon binôme Ibtissem pour sa patience et sa famille*

*A tous ceux qui m'aiment*

*A tous ceux que j'aime*

*Aux promotions médecine vétérinaire 2015/2016 et 2016/2017*

## Nihad

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie mon cœur, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à toi chère maman toutes mes joies, mon amour et ma reconnaissance.*

*A mon père, école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années des études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger.*

*Que dieu les garde et les protège*

*A mes sœur IMANOU et IKRAMOU Qui ont été toujours à mes cotés*

*A mon cher frère MONAIMOU qui m'a toujours soutenu*

*A mon binôme NIHAD*

*A mon confident chafik le koala*

*Au canadien ANIS*

*A mes chères amies : Rania ma main droite , imen , jo la plus gentille fille , Ryma , Amel , ines , sarah , Nadjya , ouissem , zozo , Romeïssa et la liste est longue..*

*A la mémoire de mes grands parents*

*A mes cousines et cousins surtout RAYAN et IMEN*

*A tous mes tantes et mes oncles*

*A tous mes amis et collègues*

*A tous ceux qui me sont chères*

*A tous ceux qui m'aiment*

*A tous ceux que j'aime.*

*Je dédie ce travail.*

# *IBTISSEM*

## Résumé

Ce travail a pour but d'évaluer la variation de numération formule sanguine selon l'âge, sexe et race chez les chevaux.

Partant de sexe le travail montre qu'il n'existe pas un effet sur l'ensemble des paramètres.

Arrivant aux races tous les groupes des races se distinguent mais elles ne dépassent pas le seuil de signification mise à part la race 4 qui se diffèrent des autres races dans les paramètres GR, TCMH, VGM.

On terminera par l'âge qui influe significativement sur les paramètres VGM et TCMH.

## Summary

The purpose of this work is to evaluate the variation of numeration formulates blood according to the old one, sex and race of horses.

On the basis of sex work shows that there does not exist an effect on the unit of the parameters.

Arriving at the race all the groups of the races are distinguished but they do not exceed the threshold of put significance has share the race 4 which different from the other races in parameters GR., TCMH, VGM.

One will finish by the old one who influences significantly parameter VGM and TCMH.

## ملخص

عملنا هذا هدفه تقييم تغييرات العد الدموي الشامل بالنسبة للعمر الجنس و السلالة عند الأحصنة.

انطلاقا من الجنس عملنا يظهر وجود علاقة بين مجموع مكونات الدم.

وصولا للي السلالة كل مجموعة سلالة تختلف لكن لا تتجاوز قمة الاختلاف ماعدا مجموع السلالة 4 التي تختلف عن مجموعة السلالات الأخرى في العوامل الآتية:

GB, VGM et TCMH.

انتهاء بالعمر الذي يؤثر بنسبة كبيرة على العوامل الآتية:

TCMH et VGM.

## Abréviations

R1 : pur-sang arabe

R2 : pur-sang anglais

R3 : demi-sang

R4 : barbe

CCMH : concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine

TCMH : teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine

VGM : volume globulaire moyen

Hb : hémoglobine

GB : globule blanc

GR : globule rouge

NFS : numération formule sanguine

Moy : moyenne

Ele : éléments

## **LISTE DES TABLEAUX**

<b>Tableau 1 : tableau représente les caractéristiques du pur-sang arabe</b>	<b>10</b>
<b>Tableau2 : normes hématologique en fonction de la race et de l'âge du cheval</b>	<b>37</b>
<b>Tableau 3 : comparaison entre les races par rapport (Age adulte et pur-sang)</b>	<b>44</b>
<b>Tableau 4 : Différence des moyennes des races selon les paramètres sanguin</b>	<b>46</b>
<b>Tableau 5 : différence des moyennes races, âge et l'interaction (race*âge) sur les paramètres sanguins</b>	<b>52</b>

## Liste des figures

Figure 1 : La façon de tenir un cheval	p.06
Figure 2 : une des méthodes de contention du cheval	07
Figure 3 : une image d'un pur-sang arabe	08
Figure 4 : Étalon gris, la robe la plus courante.	10
Figure 5 : Étalon noir, l'une des robes les plus rares chez la race.	10
Figure 6 : Alezan.	11
Figure 7 : Bai.	11
Figure 8 : Dancingcolors, pur-sang arabe égyptien rubican.	11
Figure 9 : un pur-sang arabe en dressage	11
Figure 10 : cheval en saut d'obstacle	12
Figure 11 : pur-sang arabe en endurance	12
Figure 12 : pur-sang arabe en équitation Western	13
Figure 13 : pur-sang arabe en attelage	13
Figure 14 : pur-sang arabe en show	14
Figure 15 : des pur-sang arabe en course	14
Figure 16 : une photo d'un pur-sang anglais	16
Figure 17 : Un Proérythroblaste	23
Figure 18 : Erythroblaste basophile	24
Figure 19 : Erythroblaste polychromatophile	24
Figure 20 : Un Myéloblaste	24
Figure 21 : Un Promyélocyte	25
Figure 22 : la mise en place de licol par le propriétaire	38
Figure 23 : détection de siège de la veine par un garrot	39
Figure 24 : désinfection de champs de prélèvement	39
Figure 25 : Aspiration du sang à partir de veine jugulaire	40
Figure 26 : remettre le sang dans un tube EDTA	40
Figure 27 : conserver les tubes dans une glacière	41
Figure 28 : analyseur hématologique	42

# SOMMAIRE

<u>SOMMAIRE</u> .....	11
<b><u>INTRODUCTION</u></b> .....	14
<b><u>CHAPITRE I : LE CHEVAL</u></b> .....	17
I. <u>ABORD DU CHEVAL</u> .....	17
II. <u>LA CONTENTION</u> .....	18
<b><u>A. Définition</u></b> .....	18
<b><u>B. Teste tolérance de chevale</u></b> .....	19
<b><u>C. Conditions à respecter pour la contention du cheval</u></b> .....	19
III. <u>LE PUR-SANG ARABE</u> .....	20
<b><u>A. Historique</u></b> .....	20
<b><u>B. Son histoire, ses origines</u></b> .....	20
<b><u>C. Ses Caractéristiques</u></b> .....	22
i. <u>Robes</u> .....	22
<b><u>D. Les Disciplines Qu'il Pratique</u></b> .....	23
i. <u>Le dressage</u> .....	23
ii. <u>Le saut d'obstacles</u> .....	24
<b><u>E. Croisement</u></b> .....	27
IV. <u>PUR-SANG ANGLAIS</u> .....	28
<b><u>A. Origine</u></b> .....	28
<b><u>B. Morphologie</u></b> .....	28
<b><u>C. L'utilisation</u></b> .....	28
V. <u>DEMI-SANG</u> .....	30
<b><u>A. Définition</u></b> .....	30
<b><u>B. Selle français</u></b> .....	30
VI. <u>LE BARBE</u> .....	32
<b><u>CHAPITRE II : HEMATOLOGIE</u></b> .....	35
I. <u>Hématopoïèse</u> .....	35
II. <u>Cellules circulantes</u> .....	39
III. <u>LA NUMERATION-FORMULE SANGUINE (NFS)</u> .....	45
<b><u>CHAPITRE III : PARTIE EXPERIMENTALE</u></b> .....	52
I. <u>OBJECTIFS</u> .....	52
II. <u>Matériel et méthodes de travail</u> .....	52
III. <u>Les caractéristiques des données</u> .....	56
IV. <u>Analyse des résultats statistiques</u> .....	56
V. <u>Estimation économétriques et analyse des résultats</u> .....	61

VI. <u>Modèle linéaire général Uni variée : Analyse de la covariance (ANCOVA)</u> .....	61
<b>CONCLUSION</b> .....	69
<b>REFERENCES ET LIENS UTILES</b> .....	55
<b>ANNEXES</b> .....	56

# INTRODUCTION

# INTRODUCTION

Le cheval (*Equus ferus caballus* ou *Equus caballus*) est un grand mammifère herbivore et ongulé à sabot unique, appartenant aux espèces de la famille des Équidés (*Equidae*). Il a évolué au cours des dernières 45 à 55 millions d'années, à partir d'un petit mammifère possédant plusieurs doigts. Dotés d'un bon sens de l'équilibre, d'un fort instinct de fuite et de grandes aptitudes de visualisation spatiales, ils possèdent un trait inhabituel dans le règne animal, étant capables d'entrer en sommeil léger tout en restant debout. Les femelles, nommées juments, mettent bas après onze mois de gestation un petit appelé poulain, capable de se lever et de courir peu de temps après sa naissance. (Wikipédia)

Le cheval est domestiqué par les êtres humains 8 000 ans avant notre ère. La première preuve archéologique d'une domestication remonte à 3500 av. J.-C. Son utilisation se répand à toute l'Eurasie dès la plus haute Antiquité. Bien que la quasi-totalité des chevaux soient désormais domestiques, le cheval de Przewalski est considéré comme le dernier vrai cheval sauvage, et de nombreux chevaux domestiques retournent à l'état sauvage. Un vaste vocabulaire spécialisé s'est développé pour décrire les concepts liés au cheval. Ce lexique va de son anatomie et sa morphologie aux étapes de sa vie, en passant par sa couleur, les différentes races, sa locomotion et son comportement. La plupart des chevaux domestiques sont dressés pour l'équitation ou la traction entre deux et quatre ans. Ils atteignent leur plein développement vers cinq ans en moyenne. Leur espérance de vie à la naissance est de vingt-cinq à trente ans. (Wikipédia)

Couramment utilisé en médecine vétérinaire, les examens sanguins consistent un examen complémentaire de choix dans de nombreuses situations. Le prélèvement sanguin est dans la majorité des cas un prélèvement de sang veineux, mais il est possible de prélever du sang artériel, notamment pour l'étude des gaz artériels. Les deux principaux sites de prélèvement du sang veineux sont la veine jugulaire externe et le sinus veineux facial. Le prélèvement sanguin est rapide à mettre en œuvre et permet la mesure de nombreux paramètres, qui peuvent être classés en trois grandes catégories :

- ✓ L'hémogramme : l'appréciation quantitative et qualitative des cellules, ou éléments figurés, présents dans le sang, l'hémogramme comporte :
  - La numération : le dénombrement des différents types cellulaires : érythrocytes, leucocytes et plaquettes
  - La formule sanguine : pourcentage respectifs des leucocytes
  - Le frottis sanguin : observation des cellules sanguines au microscope après étalement sur lame et coloration
- ✓ Les paramètres biochimiques : appréciation quantitative et qualitative des molécules présente dans le plasma ou le sérum
- ✓ La mise en évidence de la présence d'un agent pathogène :
  - Directe : frottis mise en culture bactériologique, Polymérase Chain Réaction (PCR), isolement de virus
  - Indirecte : titrage des anticorps.

Les examens sanguins peuvent être réalisés dans un laboratoire, à la clinique ou directement sur terrain grâce à des analyseurs portables. Ces derniers permettent parfois d'obtenir des résultats immédiats.

Dans notre exposé qui va suivre, nous nous intéresserons à l'étude de la numération formule sanguine (NFS) chez les chevaux dont les races pur-sang arabe, pur-sang anglais, demi sang et le barbe dans le but d'étudier les variations des paramètres de la numération formule sanguine selon l'âge, race et sexe

# CHAPTRE I : LE CHEVAL

# CHAPITRE I : LE CHEVAL

## ABORD DU CHEVAL

Le cheval est doté d'un équipement sensoriel développé du fait de son statut de proie dans le règne animal. Sa vision est panoramique, essentiellement monoculaire, ce qui lui permet la perception du mouvement mais peu de relief. Son audition est sensible, des bruits peuvent être détectés jusqu'à une distance de quatre kilomètres, mais elle est peu discriminante, les oreilles sont orientables. La perception olfactive est possible à distance et elle est discriminante. La sensibilité tactile est très développée, cette forte sensibilité sensorielle implique pour l'homme de cheval de respecter des règles pour aborder cet animal, faute de quoi il se produit une réaction d'évitement, voire de fuite. **(Maladies des chevaux 3<sup>e</sup> édition 2015)**

L'évaluation du comportement est la première étape pour l'abord du cheval, elle est interactive. La douleur est une cause fréquente de comportement déviant, son évaluation est prise en compte lorsqu'on aborde le cheval.

La façon que nous avons de nous positionner, ou de nous mouvoir, est déterminante. La position sécuritaire se trouve juste en avant de l'épaule gauche du cheval, légèrement de côté. En avant nous risquons une morsure ou d'être frappés par un antérieur (coup de palette), notamment chez l'étalon. Derrière, nous risquons d'être frappés par le postérieur (ruade), notamment chez les juments. La façon que nous avons de nous déplacer conditionne le cheval. Un déplacement rapide et désordonné et de notre part entraîne un évitement chez le cheval. A l'envers, notre immobilité tranquille le rassure. Si nous avons à nous mouvoir, il convient de le faire lentement et de décomposer nos gestes. Ainsi, lors de nos déplacements, il est bon de garder les bras relativement immobiles, et lorsque nous avons besoin de les utiliser, il vaut mieux ne pas se déplacer. Ces mouvements lents et composés évoquent ceux d'un mime. La façon de faire est la suivante :

- Se positionner
- S'immobiliser
- Se concentrer tout en restant vigile pour pouvoir s'esquiver si nécessaire
- Se servir des bras sans bouger le corps

L'habitude que nous avons d'échanger avec le cheval par la voix est utile, mais pas nécessaire. Lorsque nous utilisons ce moyen d'échange, il convient de l'associer à des situations agréables pour le cheval. La perception du toucher est particulièrement développée chez le cheval. Cela peut lui procurer des sensations aussi bien agréables que désagréables, voire douloureuses. Il y a des points clés à connaître. La mécano-allodynie, ou hyperesthésie cutanée, est une situation où le toucher peut être perçu comme douloureux par le cheval. **(Maladies des chevaux 3<sup>e</sup> édition 2015)**

La douleur perçue peut être comparable à celle d'une brûlure, ce qui motive des réactions violentes chez l'animal. La présence d'un muscle peaucier pouvant provoquer des vibrations cutanées accentue le phénomène. Il y a un savoir-faire du toucher. On applique la main, ou les doigts, de façon douce, sans mouvement de frottement ni de vibration, mais avec une pression progressive et maintenue. Ce contact tactile prolongé provoque une sensation agréable, et même capable de supprimer une douleur

chez le cheval. Un autre point clé est la présence de zones spécifiques. Ainsi, la région du flanc et de sternum sont le siège du mécanisme d'hyperesthésie. On évite donc de les toucher, et si cela est nécessaire, on le fait avec tact. L'application de la main sur le plat de l'encolure ou en région frontale a un effet apaisant. [Maladies des chevaux 3<sup>e</sup> édition 2015]



**Figure 1** : La façon de tenir un cheval

La personne est positionnée en zone de sécurité, la protégeant des risques de morsure, de coup de tête, d'antérieurs et de postérieurs.

D'après <http://cheval-espagnol.net/conseils/dressage-conseils-pratiques/mener-un-cheval-en-main/>

## LA CONTENTION

### A. Définition

Différents soins, mais aussi un simple examen, peuvent nécessiter l'immobilisation du cheval. Les anciens utilisaient surtout la contention physique. Bon nombre de techniques décrites ne sont plus applicables de nos jours, du fait de l'apparition de la contention chimique d'une part, et du tempérament moins tolérant des chevaux de sport, d'autre part. Si le tord-nez est toujours utilisé, le "travail" avec système d'attaches est remplacé par la simple barre d'examen ou de soins, sans attache des membres. Les nombreux systèmes utilisant les entraves ne sont plus utilisés, sauf les entraves de postérieurs sur les juments au haras et chez les chevaux lourds.

Il existe deux façons de procéder :

#### 1. Médicamenteuse

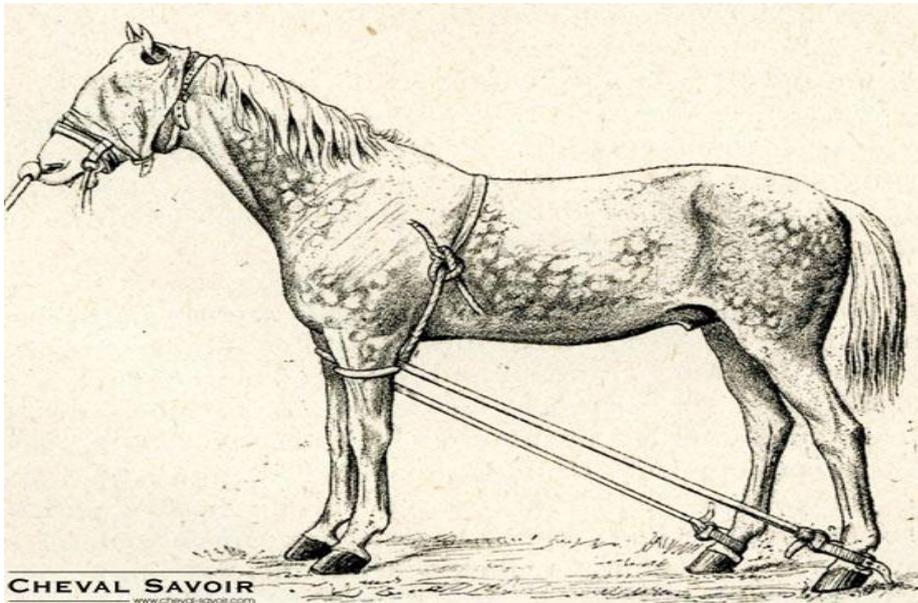
Utilisant des substances diminuant ou aboutissant la vigilance de l'animal.

## 2. Mécanique

Utilisant une instrumentation et des méthodes très variées et dépend de la taille des sujets à contenir de type d'examiner ou d'intervention et du tempérament de l'animal. La contention a pour objectif principale d'assurer la sécurité de l'opérateur et de ces aides, ainsi que l'animal lui-même car il est placé sous responsabilité juridique du vétérinaire. Elle permet de se garantir contre les réactions de défense naturelle de l'animal exacerbé (exagérer) par la crainte ou la douleur.

### B. Teste tolérance de chevale

Pour le choix de la technique et l'évaluation des risques, il faut tester le degré de tolérance du cheval. Pour ce faire, on utilise d'abord la technique de la palpation. Celle-ci permet notamment de prendre contact avec le cheval (en essayant de rendre ce contact agréable pour lui).



**Figure 2** : une des méthodes de contention du cheval  
D'après <http://www.cheval-savoir.com/15-contention-cheval>

### C. Conditions à respecter pour la contention du cheval

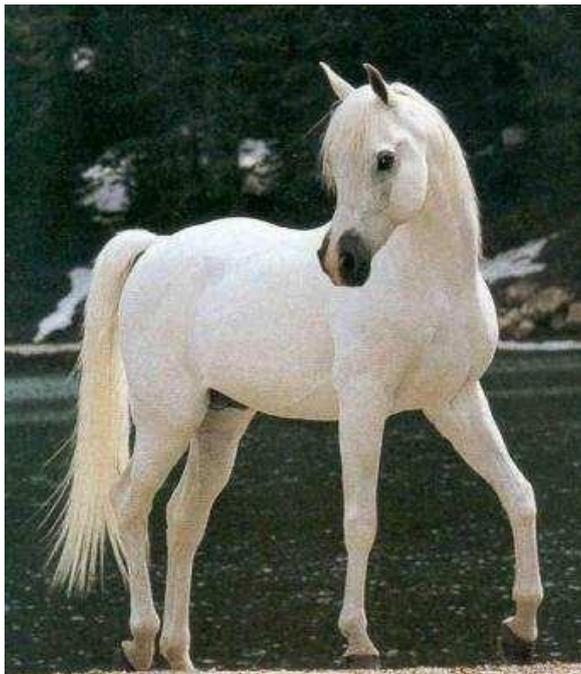
Placer l'animal sur un terrain non pavé, non glissant

Pour les chevaux agressifs on se place toujours en dehors des champs d'action de ses armes offensives

Eviter toute action brutale et gestes qui peuvent provoquer Le cheval à se défendre

- S'adjoindre toujours un ou plusieurs aides
- Se servir des liens faciles à défaire

## LE PUR-SANG ARABE



**Figure 3** : une image d'un pur-sang arabe

D'après <http://www.le-site-cheval.com/races/arabe.php>

### A. Historique

Le cheval arabe est au centre de nombreuses légendes, en particulier concernant son origine.

Selon la mythologie grecque, ce fut Poséidon qui le fit surgir de la mer à l'aide de son trident.

Et selon la légende bédouine, c'est « Allah qui créa ce cheval en soufflant sur une poignée du vent du sud ».

En ce qui concerne les sujets fondateurs de la race, un mythe raconte que suite à un long et pénible voyage à travers le désert, Notre prophète Mohammed dirigea sa harde de chevaux assoiffés vers une oasis, tous s'y précipitèrent. Mais Notre prophète Mohammed leur ordonna de revenir malgré la soif, seules cinq juments sont revenues vers lui. Ainsi pour les récompenser de leur loyauté, ces juments devinrent ses favorites et il en fit les cinq juments fondatrices de la race.

### B. Son histoire, ses origines

Le cheval arabe est originaire d'Asie. La plupart des spécialistes pensent que son berceau est situé aux alentours du lac Balkhach, en URSS. De là, la race aurait émigré en Iran, où, d'après les Perses, se trouverait la souche la plus ancienne, puis en Arabie centrale, dans la région désertique du Nedjd, où s'est conservé la lignée la plus pure.

Ces chevaux sont les descendants d'un groupe de chevaux préhistoriques qui se seraient propagés en Asie et au Moyen Orient. Des peintures découvertes dans le Sud de la Lybie et vieilles de 8000 ans montrent un cheval qui ressemble énormément à l'Arabe moderne. C'est l'une des races les plus anciennes qui soient : des fouilles archéologiques ont

prouvées que des chevaux très proches physiquement de l'arabe vivaient déjà il y a 4500 ans en Mésopotamie puis des peintures rupestres représentant cette race et datant de 3000 ans avant notre ère ont été découvertes dans la péninsule arabique.

Ce sont les tribus bédouines qui le domestiquèrent en premier. Le pur-sang arabe était omniprésent dans la vie de ces tribus, il dormait même dans leur tente afin de les protéger. Il s'agit d'un cheval très rustique, cela est dû à son passé dans les zones désertiques ; les Bédouins les recherchaient pour cette qualité pour supporter les rigueurs climatiques, mais ils prenaient également en compte leur beauté pour qu'ils puissent en être fiers.

Pendant des siècles les Bédouins ont opéré une sélection, choisissant les juments pour leur endurance, leur courage, les étalons pour leur beauté, leur intelligence. Ils ont toujours attaché beaucoup d'importance à la pureté de la lignée, n'y introduisant que des chevaux de race pure et pratiquant la reproduction en étroite consanguinité de manière à accentuer les caractéristiques de la race, à la différence des Européens, qui estimaient que la consanguinité affaiblissait la race. Les Bédouins ont pratiqué un élevage très sélectif et même ouvert un livre des origines oral à l'époque de Mahomet.

C'est au VIIe siècle qu'il commença sa conquête du monde avec l'invasion du bassin méditerranéen par les musulmans. Au cours de l'histoire, ces chevaux ont également fait l'objet d'échanges commerciaux.

Il est introduit en France dès le VIIIème siècle lors de la bataille de Poitiers. Napoléon devint un ardent promoteur de cette race et de ces nombreuses qualités, ainsi il favorisa la création de l'élevage de cette race en France, qui s'est par la suite progressivement développé.

Les différents stud-books de la race sont contrôlés par la WAHO, la World Arabian Horse Organisation. Tous les deux ans elle tient son congrès dans un des pays éleveurs. On trouve des purs sangs arabes dans le monde entier ; après l'avoir délaissé pendant un moment, le Moyen Orient, berceau de la race, le produit à nouveau, ainsi que le Maghreb qui l'élève en nombre limité mais d'une grande qualité. On en trouve aussi en Europe, en Amérique du Sud, en Australie, en Nouvelle Zélande et en Afrique du Sud. Mais c'est l'Amérique du Nord (Etats-Unis et Canada) qui est le chef file de la race. L'élevage de ce cheval est devenu populaire.

L'arabe fait partie des races les plus facilement identifiables. Il est souvent cité comme le « plus beau cheval du monde ».

Ils sont utilisés en croisement pour apporter de la vitesse, de l'endurance, de l'élégance et des os solides aux autres races de chevaux.

## C. Ses Caractéristiques

**Tableau 1** : tableau représente les caractéristiques du pur-sang arabe

CRITÈRES	CARACTÉRISTIQUES
Taille	Il toise 1m48 à 1m56 au garrot en moyenne
Robe	Sa robe est en générale alezane, baie ou gris Les poils sont très fins
Crins	Soyeux
Tête	Courtes et carrées
Front	Large et plat
Chanfrein	Court et plat
Oreilles	Ecartées, courtes et mobiles
Yeux	Grands, écartés et très expressifs
Naseaux	Très ouverts, mobiles
Encolures	Longue et légère
Epaules	Très musclé, moyennement oblique
Dos	Droit
Reins	Courts et droits
Croupes	Fermes
Membres	Articulations sèches, jambes puissantes
Pieds	Sabot rond et durs
Allures	Etendues et rasantes

### i. Robes

Le gris est très fréquent chez la race, de nombreux chevaux nés avec des robes sombres devenant gris en vieillissant. Le bai et l'alezan dans toutes ses nuances sont également des robes rencontrées chez la race. La robe noire est la plus rare de toutes.



*Figure 4* : Étalon gris, la robe la plus courante.



*Figure 5* : Étalon noir, l'une des robes les plus rares chez la race.



**Figure 6 : Alezan.**



**Figure 7 : Bai.**



**Figure 8 : Dancingcolors, pur-sang arabe égyptien rubican.**

### - Particularité

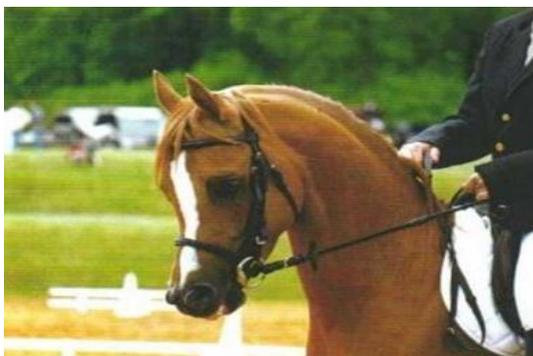
Le pur-sang arabe a 17 côtes au lieu de 18 côtes, 5 vertèbres lombaires au lieu de 6 vertèbres, et 16 vertèbres coccygiennes au lieu de 18.

On dit à propos de ce cheval qu'il est élégant, distingué, souple, équilibré, gracieux, soumis, courageux, fort, énergique, sensible, généreux, rapide, maniable et intelligent !! Avec un caractère d'une grande vivacité, il reste malgré tout une monture assez docile et facile à dresser, mais qui demande une main subtile.

L'étalon est un reproducteur excellent pour l'amélioration des races, le pur-sang arabe est souvent dit « père de toutes les races ». Son accouplement avec des juments d'origines diverses donne généralement des produits plus grands et plus rapides que lui. Voici quelques races parfois surprenantes descendantes du Pur-Sang Arabe : le Pur-Sang Anglais, le Connemara, l'Andalou, le Haflinger, le Percheron et bien d'autres encore.

### D. Les Disciplines Qu'il Pratique

#### i. Le dressage



**Figure 9 : un pur-sang arabe en dressage**

Le pur-sang arabe se prête facilement au dressage, ses plus grandes qualités dans cette discipline sont son extrême souplesse, ses allures aériennes et sa grande intelligence qui lui permet d'assimiler rapidement les nouveaux exercices. Néanmoins il présente plusieurs défauts comme son port de tête naturellement haut qui rend parfois difficile le travail de mise sur la main et sa petite taille qui le défavorise face aux chevaux de dressage allemands. Malgré cela certains chevaux arrivent à obtenir d'excellents résultats en reprise de dressage en troisième et parfois en seconde catégorie. Des personnes souhaiteraient voir ouvrir un circuit de dressage consacré aux sujets arabes tel que cela existe pour les chevaux ibériques afin de montrer les réelles capacités du cheval arabe dans cette discipline.

## ii. Le saut d'obstacles



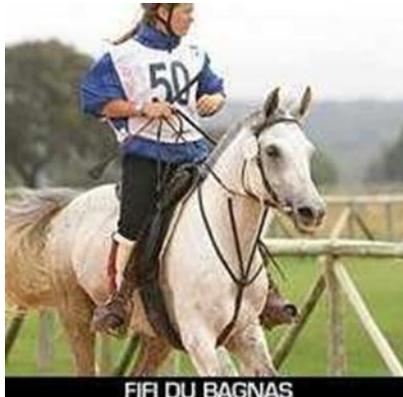
**Figure 10 :** cheval en saut d'obstacle

Ses principales qualités pour le saut sont son équilibre parfait, sa souplesse qui lui permet de tourner très court. Néanmoins son principal défaut est de ne pas assez retrousser ses membres antérieurs, faisant que ses sauts sont moins harmonieux. La lignée la plus réputée pour le CSO est sans aucun doute la lignée espagnole où on retrouve tous les chevaux les plus performants dans cette discipline.

## iii. Le Concours Complet

Il excelle en compétition poney avec son équilibre, sa souplesse et son endurance, mais il est peu représenté en compétition cheval ou alors dans les catégories de petit niveau.

## iv. L'Endurance



**Figure 11 :** pur-sang arabe en endurance

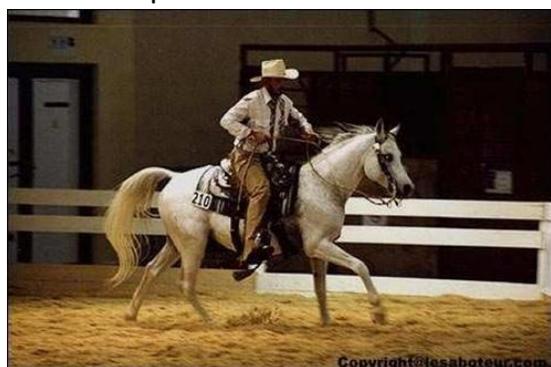
Il est certainement le maître incontesté de cette discipline, vainqueur de tous les championnats du monde de cette discipline. Et ce, grâce à ses qualités de vitesse et à son exceptionnelle faculté à réguler sa température interne, sa récupération très rapide, son petit gabarit avec lequel il fait donc moins d'efforts pour se déplacer. Ce cheval possède des membres très résistants aux chocs répétés notamment grâce à ses paturons et canons qui sont courts et évitent ainsi aux tendons un étirement trop important à chaque foulée, il possède également des qualités de galopeurs qui ne sont non négligeables.

C'est à ce jour, le meilleur cheval pour pratiquer cette discipline à haut niveau

#### v. Le TREC (Technique de Randonnée Equestre en Compétition)

De nombreux chevaux arabes participent à cette discipline et peuvent accéder au haut niveau sans grandes difficultés. Il fait preuve d'endurance lors du POR (Parcours d'Orientation) et d'équilibre sur le PTV (Parcours en Terrain Varié).

##### - L'équitation Western



**Figure 12 :** pur-sang arabe en équitation Western

Aux Etats-Unis de nombreux sujets sortent en Western à haut niveau parfois dans des concours spéciaux pur-sang arabe et d'autres fois avec les quater et paint devant lesquels il arrive parfois même à gagner. Sa souplesse est un avantage mais on lui reprochera son tempérament plus nerveux.

##### - L'attelage



**Figure 13 :** pur-sang arabe en attelage

L'attelage n'est pas sa discipline de prédilection, avec son gabarit il ne peut tracter un poids très lourd et sa nervosité reste un point noir pour cette pratique.

## vi. Show



**Figure 14 :** pur-sang arabe en show

Le show ou concours de modèles et allures est une discipline propre au pur-sang arabe. Les chevaux sont présentés en main ou en liberté au trot et devant et en statique devant un groupe de juges qui donneront chacun une note pour chaque critère pris en compte (modèle, tête/encolure, aplombs, type, mouvements). Ces concours de beauté ont entraîné une sélection pour obtenir des chevaux d'un type extrême. A tel point qu'il a bien souvent été réduit à son seul physique, jugé juste bon à se faire admirer. Activité plutôt réductrice et incomplète pour un cheval polyvalent et plein de qualités qui ne demandent qu'à s'exprimer.

## vii. Equitation de loisirs

Le cheval arabe est prisé pour l'équitation de loisir. Il a un pied sûr en extérieur et est endurant à l'effort. Le seul défaut qu'on lui trouvera ici c'est la finesse de sa peau ; en effet cela l'assujettit aux blessures dues aux harnachements.

## viii. La course



**Figure 15 :** des pur-sang arabe en course

Les courses de pur-sang arabe qui n'étaient que très peu pratiquées au début par rapport aux traditionnelles courses de pur-sang anglais sont de plus en plus nombreuses de nos jours. Il existe, aujourd'hui, une vente aux enchères de chevaux de course aux origines prestigieuses qui attirent beaucoup d'acheteurs en provenance des Emirats Arabes Unis. Le modèle de course est très différent du modèle de « show », les performances étant privilégiées sur le type, ainsi les purs sangs arabes de course sont souvent méconnaissables.

## E. Croisement

Le pur-sang arabe est souvent dit « père de toutes les races » et « améliorateur ». Le sang vif de ce glorieux ancêtre coule dans les veines de presque toutes les races de chevaux légers modernes. L'anglo-arabe et ses nombreuses variantes comme l'anglo-arabe sarde est issu du croisement d'arabes et de Pur Sangs. L'arabe-barbe est un autre croisement très répandu, avec le Barbe. L'ara-appaloosa est, comme son nom l'indique, issu du croisement avec un appaloosa, le quarab avec un quarter horse (croisement qui provoque parfois de l'hyperactivité chez le cheval), l'arabo-lusitanien avec un lusitanien et l'arabo-frison avec un frison. L'arabo-boulonnais est une tentative de relancement de l'élevage des chevaux boulonnais. Les timbaliers de la Garde Républicaine en montent. Il existe aussi l'Haflo arabe né du croisement avec l'Haflinger, l'aralusian issu du croisement avec une pure race espagnole, et l'aratel, avec l'ardennais.

## PUR-SANG ANGLAIS



**Figure 16** : une photo d'un pur-sang anglais

### A. Origine

Sélectionné pour ses aptitudes à la vitesse le pur-sang anglais domine les courses depuis la création de la race à partir de chevaux orientaux et de juments anglaises au début de **XVIIIe** siècle ou trois étalons d'origine orientale marquent les futures lignées ou trois étalons d'origine orientale, marquent les futures lignées : BQUIERLEY TURK, DARLEY ARABIAN ET GOLDOPHIN ARABIAN

Ainsi, tous les pur-sang anglais sont des descendants des trois chefs de race : LATCHEM, ECLIPSE eux-mêmes issus des trois précédents vers la deuxième moitié du XVIIIe siècle.

C'est à cette période que des aristocrates français anglophiles importent le cheval de course anglais, le premier à mériter fut le comte de Lauraguais (future duc de Brancas), qui ayant compris le rôle que le pari a joué dans la profession des courses anglaises, lance le défi de battre n'importe quel cheval venu d'Angleterre le 28 février 1765, c'était la première course de cheval au sens moderne du terme que l'on vit en France.

### B. Morphologie

Bien que n'ayant pas de standard, le pur-sang anglais, le pur-sang anglais est un cheval longiligne d'une taille moyenne de 1.65 m au garrot, donnant une impression d'ensemble très harmonieuse et athlétique.

Le profil est plutôt rectiligne, le front large, la tête expressive.

L'épaule est longue et oblique, permettant l'amplitude nécessaire des foulées au galop.

La poitrine est ample profonde, ogivale le dos est droit, la croupe horizontale longue les avant-bras longs et canons courts

La couleur de robe la plus fréquente est le bai, alezan et le gris aussi présents

### C. L'utilisation

Le pur-sang anglais est avant tout destiné aux courses 4300 courses 2200 courses d'obstacle organisées en France chaque année, les quelques 10 000 chevaux à l'entraînement se partagent inégalement 210 millions d'euros de prix et primes

L'élevage français peut être situé 4ème ou 5ème rang mondiale par sa qualité

Les ventes de yearlings (18 mois) ont principalement lieu à Deauville en août et en octobre moyennes atteintes : 100 000 euros (août), 30 000 euros (octobre), les ventes de juments destinées à la reproduction ont lieu le 2<sup>e</sup> week-end de décembre des ventes de chevaux à l'entraînement sont régulièrement organisées organisés sur l'hippodrome de Saint Cloud.

Enfin chaque jour se disputent des courses dites (réclamer) ou les chevaux sont vendus aux plus offrants.

La lignée de Northern Dancer, étalon mort aujourd'hui, et autre fois stationné aux Etats unis, domine les lignées males travers le monde

En France, les étalons les plus courtisés sont anaba (27 00 la saillie) sinndra (20 000) et green tune (15 000)

## DEMI-SANG

### A. Définition

Un demi-sang est, dans le domaine de l'élevage équin, un cheval originellement issu du croisement entre une race à sang chaud et une autre race. Du fait du croisement, il présente une grande variété de modèles, et s'utilise en fonction dans la cavalerie, en attelage, pour la selle, dans le travail agricole ou dans les courses hippiques. Le demi-sang est présent dans de nombreux pays d'Europe tels que la France, l'Allemagne, les Pays-Bas et l'Irlande. Il est à l'origine des races de chevaux de sport qui dominent les Jeux olympiques et les Jeux équestres mondiaux dans les disciplines du dressage, du saut d'obstacles et du concours complet. Ce terme est désormais désuet en France.

### B. Selle français

#### i. Origine

Le Selle Français qui évolue avec succès sur la scène sportive internationale est le fruit d'une longue sélection qui a connu, au cours du XX<sup>e</sup> siècle, deux grandes mutations.

La première, en 1914, a vu la création de l'appellation demi-sang qui consacrait le croisement d'étalons pur-sang avec la jumenterie autochtone. Cette dernière était constituée du rameau carrossier et de juments militaires. Trois berceaux de race voyaient alors le jour : le demi-sang normand (autour de Caen), le demi-sang vendéen (autour de la Roche sur Yon), le demi-sang du centre (autour de Cluny).

La deuxième mutation, en 1958, a permis de regrouper ces 3 berceaux de race demi-sang, avec les demi-sang anglo-arabes du sud-ouest, sous l'appellation selle français, dans un élan définitif vers la sélection sportive.

Aujourd'hui, le Selle Français, roi des terrains de compétition, est présent sur l'ensemble du territoire, avec une génétique diversifiée et de qualité.

#### ii. Caractéristique

Cinq mots-clés président à la caractérisation du Selle Français : **DISTINCTION, FORCE, EQUILIBRE, RESPECT et INTELLIGENCE.**

Par la diversité de ses origines, le Selle Français ne possède pas réellement de modèle standard. Cependant, du fait de son utilisation exclusivement sportive, c'est un cheval souvent de grande taille (1,65 m à 1,70 m) avec une ossature robuste, de la force et du sang.

En fait, le Selle Français est un athlète, alliant modèle et intelligence, naturellement doté d'une bonne capacité d'apprentissage.

#### iii. Utilisation

Le Selle Français est avant tout un cheval sportif, principal objectif de sa sélection. Les foals et les jeunes chevaux de 2 et 3 ans participent d'abord aux concours d'élevage pour se qualifier aux finales de la race.

Sur le plan sportif, le Selle Français commence sa formation à 4 ans et la poursuit à 5 et 6 ans sur des épreuves spécifiques, réservées aux jeunes chevaux et adaptées en fonction de l'âge et du degré de travail. Les finales nationales ont lieu en septembre à Fontainebleau

pour le saut d'obstacles, à Pompadour pour le concours complet, à Saumur pour le dressage et à Uzès pour l'endurance.

Depuis toujours, le Selle Français s'est imposé comme l'un des meilleurs chevaux au Monde pour les compétitions de saut d'obstacles (CSO) et de concours complet (CCE). En compétition de dressage, les performances du Selle Français se multiplient chaque année un peu plus sans oublier les brillantes représentations du Selle Français sur la scène internationale de la voltige, de l'attelage, du TREC, etc.

Le Stud-Book SF est classé 3e Stud-Book mondial en CSO (classement WBFSH 2012), et 1er en CCE (classement WBFSH 2011).

Ce sont les résultats de la sélection et des différentes orientations de la race, et le fruit du travail des éleveurs de Selle Français.

Enfin, n'oublions pas que le Selle Français est également un merveilleux compagnon pour l'apprentissage et l'équitation de loisir. Il est le partenaire idéal de toutes les ambitions équestres.

## LE BARBE

### i. Définition

Le barbe cheval d'Afrique de nord, est élevé depuis l'antiquité pour le travail, la chasse, la guerre et la parade, polyvalent, docile et endurant il s'adapte facilement à différents climats aussi bien dans les pays du berceau de la race. **(Chevaux édition française Yves Verbeeck Larousse 2005)**

### ii. Origine

La race provient de Maroc, où elle aurait trouvé refuge lors de la dernière glaciation. Si c'est bien le cas, elle est aussi ancienne. Sinon plus, que l'arabe. A une période donnée, le barbe a du acquérir un certain pourcentage de sang arabe, mais ça conformation n'a rien de l'arabe idéal, il possède donc un gène dominant propre. Tout récemment le barbe traditionnelle – monteur par excellence du cavalier de la conquête sarrasine – a été affiné, Si l'origine du barbe reste controversée, nul doute que des différences fondamentales séparent le barbe de l'arabe. **(Chevaux édition française Yves Verbeeck Larousse 2005)**

### iii. Morphologie

Le standard officiel de la race barbe, fixé par l'organisation mondiale e cheval barbe (OMCB) crée à Alger en juin 1987, définit le barbe sur le plant morphologique comme une race eumétrique, médigoline dont les principaux caractères sont :

Une taille moyenne de 1.55 m (1.50m-1.60 m), une longueur scapulo-ischiale sensiblement égale à la taille avec un indice corporel de profil égal à 1 (cheval carré).

Une tête assez forte chargée en gauche avec des naseaux effacés, un profil céphalique convexe légèrement busqué, épaisse et courte, un garrot bien édifié et fortement marqué, une poitrine large et haute avec un périmètre thoracique d'un minimum 1.70 m un dos tendu et tranchant avec un rein court puissant et parfois voussé , une croupe en pupitre avec une queue attachée bas , un tour de canon minimum de 18 cm et une robe essentiellement grise, baie , alezane avec des crins abondants et épais. **(Chevaux édition française Yves Verbeeck Larousse 2005)**

### iv. Utilisation

Le Barbe a historiquement beaucoup servi de cheval de guerre. C'est un cheval d'une grande polyvalence, rapide et endurant, qui peut être employé dans la plupart des disciplines équestres. Cependant, il est limité en saut d'obstacles et en dressage. En endurance, ses représentants obtiennent par contre des résultats notables.

On le retrouve en équitation de loisir et particulièrement dans le tourisme équestre. C'est aussi un bon cheval de spectacle, grâce à ses facilités d'apprentissage. Il est d'une impressionnante rapidité sur de courtes distances. Sa finesse athlétique est alliée à des qualités fonctionnelles accrues par la sélection. C'est un cheval idéal pour l'apprentissage de l'équitation.

Il est particulièrement associé à la fantasia, un spectacle culturel typique de l'Afrique du Nord<sup>1</sup>. En Tunisie, la police l'emploie pour la patrouille. Au Maroc, ce sont les gardes du roi qui l'emploient pour le service. Et en Algérie, il est utilisé par l'armée pour garder les frontières<sup>8</sup>.

En Europe, il a longtemps fait partie des chevaux de dressage classique employés pour l'équitation de Cour<sup>2</sup>. En France, le barbe a fait la renommée des Spahis<sup>1</sup>. Il a fait partie des montures employées par les premiers centres équestres<sup>3</sup> de France, alors nommés des « sociétés hippiques », après la dissolution des derniers régiments de Spahis.

**(Chevaux édition française Yves Verbeeck Larousse 2005)**

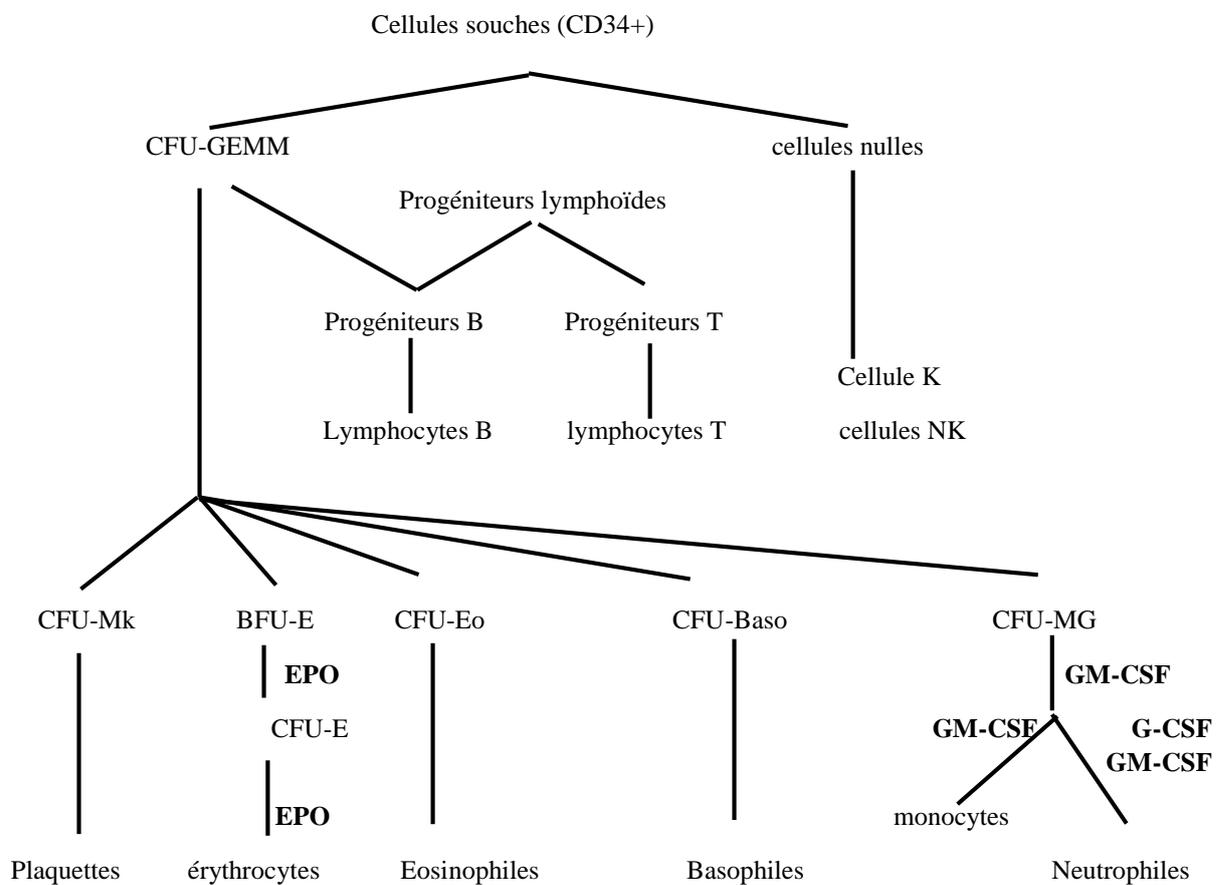
# CHAPITRE II : HEMATOLOGIE

# CHAPITRE II : HEMATOLOGIE

## I. HEMATOPOÏÈSE

### i. Définitions

- Ensembles des processus conduisant à la libération dans le sang des cellules circulantes. Elle permet, chaque jour, la production chez l'adulte, de :
  - $7,1 - 8,8 \cdot 10^6 / \text{mm}^3$  globules rouges
  - $7,1 - 10,0 \cdot 10^3 / \text{mm}^3$  leucocytes
  - $112 - 159 \cdot 10^3 / \text{mm}^3$  plaquettes
- L'ensemble des cellules circulantes dérive de cellules au pouvoir d'auto-renouveau et de différenciation, appelée **cellules souches hématopoïétiques (Hématologie Choquet Sylvain 2002)**



CFU= Colony Forming Unit

BFU= Burst Forming Unit

GEMM= Granuleux, éosinophiles, Mégacaryocytes, Macrophages

E= érythroïde Eo= éosinophile Baso= basophile GM=Granulocytes- macrophage

MK= mégacaryocyte G= Granuleux K= Killer NK= Natural Killer

CSF= Colony Stimulating Factor

## Hématopoïèse

## ii. Localisation

- Dans la moelle osseuse
- Avant la naissance, l'hématopoïèse se situe dans le sac vitellin, puis dans le foie et la rate, avant de gagner progressivement la moelle osseuse

## iii. Organisation

- Le tissu de soutien médullaire, appelé stroma, est essentiel pour orienter la différenciation cellulaire vers une lignée ou une autre. Les substances pouvant influencé la prolifération et/ou la différenciation des cellules immatures sont nommées **factures de croissance**.
- Les cellules immatures restent dans la moelle osseuse ; en cas de passage sanguin on parle de **myélémie** (littéralement « moelle dans le sang »).
- Selon la lignée considéré, on subdivise l'hématopoïèse en :
  - Erythropoïèse = lignée érythrocytaire
  - Granulopoièse =lignée granuleuse
  - Lymphopoièse =lignée lymphoïde
  - Mégacaryocytopenèse =lignée plaquettaire.
- Les cellules médullaires et circulantes sont séparées en deux lignées principales :
  - La lignée lymphoïde, englobant les lymphocytes et les plasmocytes.
  - La lignée myéloïde, comprenant les autres cellules.

(Hématologie Choquet Sylvain 2002)

## iv. Erythropoïèse

- L'érythropoïèse, à partir du stade proérythroblaste (figure 18), dure 6 jours. La taille des cellules diminue et cytoplasme, initialement riche en ARN (basophile) se remplit progressivement d'hémoglobine (acidophile = polychromatophile).
- A chaque étape correspond une mitose ; un proérythroblaste donne ainsi 2 érythroblastes basophiles (figure 19) de type I, puis 4 de type II, puis 8 érythroblastes polychromatophile (figure 20) de type I et enfin 16 de type II.
- L'érythropoïèse se localise autour de macrophage, formant des îlots érythroblastiques.
- L'expulsion de noyau conduit au réticulocyte, stade ou la cellule quitte la moelle osseuse pour la circulation. La cellule reste 48h au stade réticulocyte avant de devenir un érythrocyte. Le taux de réticulocytes circulants est le reflet de l'activité médullaire.

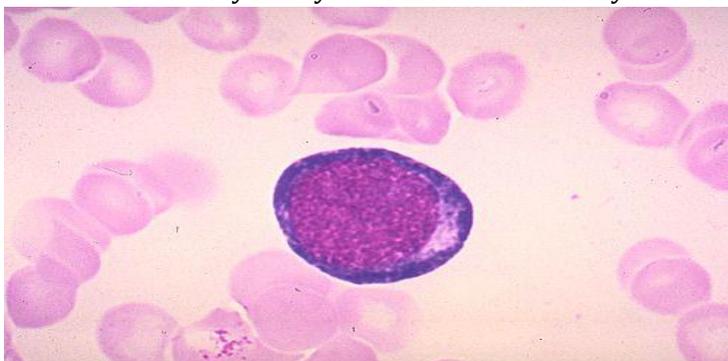
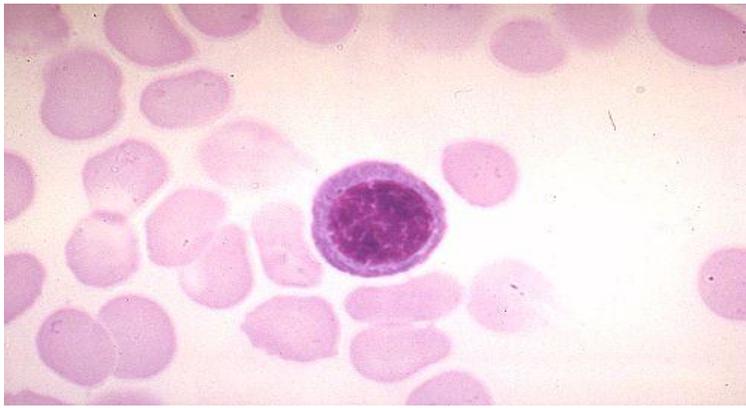
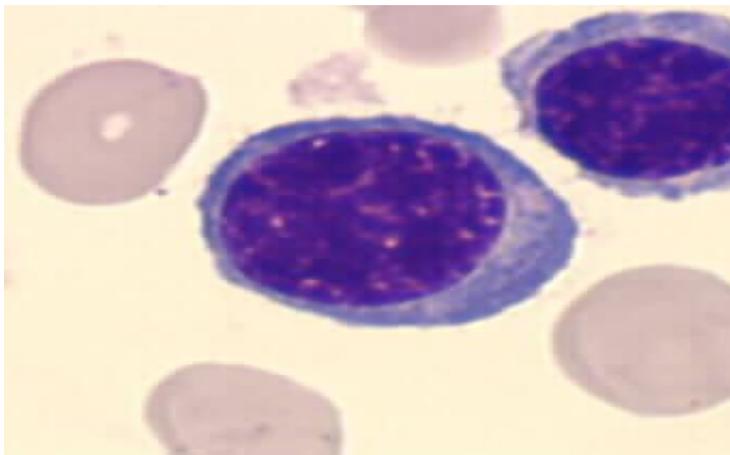


Figure 17 : Un Proérythroblaste, D'après <http://www.isto.ucl.ac.be/safe/sang3.htm>.



**Figure 18 :** Erythroblaste basophile

D'après <http://www.isto.ucl.ac.be/safe/sang3.htm>.



**Figure 19 :** Erythroblaste polychromatophile

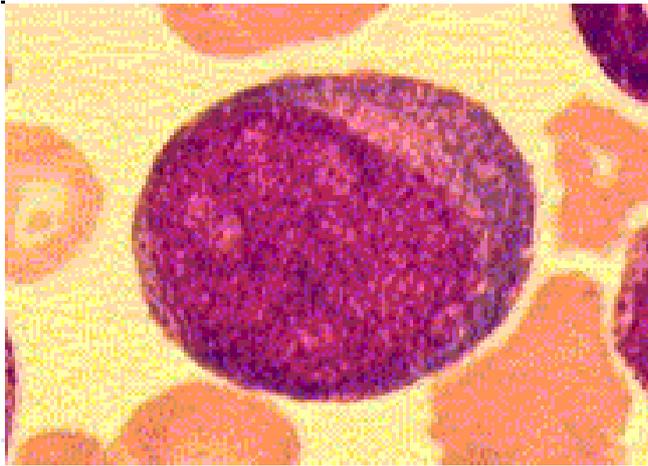
D'après <http://www.isto.ucl.ac.be/safe/sang3.htm>.

v. **Maturation granulocytaire (Granulopoïèse)**

- Dure 7 jours, et nécessite 4 à 5 mitoses.
- Dans la moelle, les précurseurs granulocytaires sont trois fois plus nombreux que les précurseurs érythroïdes.
- Peu à peu, les cellules gagnent une granulation cytoplasmique caractéristique.
- Le myéloblaste (figure 21), a peu ou pas de granulation, le promyélocyte (figure 22) contient des grains azurophiles ou primaire (rouge), riches en lysozyme et myéloperoxydase, et des granulations neutrophiles (marron) riches en en lysozyme. Le myélocyte puis le métamyélocyte sont les dernières étapes avant la neutrophile.



**Figure 20 :** Un Myéloblaste, D'après <http://www.isto.ucl.ac.be/safe/sang3.htm>.



**Figure 21** : Un Promyélocyte

D'après <http://www.isto.ucl.ac.be/safe/sang3.htm>

**(Hématologie Choquet Sylvain 2002)**

vi. La maturation lymphocytaire (lymphopoïèse)

- Classement, on estime qu'il existe un progéniteur commun aux lymphocytes T et B, mais, certains argument font évoquer un progéniteur commun pour la lignée myéloïde et la lignée B.
  - **Maturation B**
- La maturation B se fait dans la moelle osseuse (dans la bourse de Fabricius chez les oiseaux, d'où la lettre « B »), d'abord en pré-préB puis en préB et enfin en B mature, exprimant une IgM de surface
  - **Maturation T**
- la maturation T se fait dans le thymus (d'où la lettre « T »). Le précurseur sortant de la moelle est appelé pré-thymocyte.
- Dans le cortex du thymus (extérieur) les thymocytes (T en cours de la maturation) sont d'abord CD4-CD8- puis deviennent CD4+CD8+ (apparition de récepteur T), ils passent alors dans la médullaire (intérieur du thymus) et deviennent soit CD4+, soit CD8+ ; ils migrent ensuite vers l'organe lymphoïdes secondaire (rate et ganglions)
- Au cours de leur maturation thymique, les lymphocytes T vont acquérir :
  - La tolérance du soi
  - Un répertoire de reconnaissance antigénique diversifié
  - La capacité de gagner l'organe lymphoïde.

La présentation des antigènes est effectuée par les cellules thymiques :

- En association avec molécule CMH classe I pour répertoire de Soi
- Dans le contexte CMH classe II pour le répertoire antigénique « étranger ».

**(Hématologie Choquet Sylvain 2002)**

vii. Maturation plaquettaire (Mégacaryocytopoïèse)

- Elle se devise en trois phases, sur 5 jours, avec doublement successifs de l'ADN par endomitose.
- Les différents stades sont :
  - Mégacaryoblaste : noyau régulier, pas de granulation
  - Mégacaryocyte basophile : noyau lobé, cytoplasme basophile avec quelque granulation

- Mégacaryocyte granuleux : noyau polylobé, cytoplasme abondant et riche en granules.
  - La formation des paquette est secondaire à :
    - Un regroupement des granulations
    - Une fragmentation du cytoplasme
  - Cette libération se fait dans la moelle osseuse et dans les poumons
  - Un mégacaryocyte libère en 1000 et 8000 plaquettes
- (Hématologie Choquet Sylvain 2002)**

## II. CELLULES CIRCULANTES

Les cellules circulantes sont des cellules fonctionnelles, elles permettent l'oxygénation de l'organisme (érythrocytes), sa défense anti-infectieuse (leucocytes) ou contre les corps étrangers, élimination des débris (monocytes, basophiles) et la préservation de l'intégrité des vaisseaux (plaquettes).

**(Hématologie Choquet Sylvain 2002)**

### i. Erythrocytes (globule rouge)

#### a. Description

- Cellules anucléées, biconcave, de 7 à 8  $\mu\text{m}$  de diamètre, très déformable.
- Durée de vie 110 à 120 jours.

#### b. Rôles

- Transport de l'oxygène, par l'intermédiaire de l'hémoglobine.
- L'hémoglobine permet également le transport des ions  $\text{H}^+$  (effet tampon du sang) et de 10% du  $\text{CO}_2$ . Au niveau du poumon, la pression élevée en  $\text{O}_2$  libère ces molécules.

**(Hématologie Choquet Sylvain 2002)**

### ii. Hémostasie

#### - **Maintien de la pression osmotique**

- Pour préserver son intégrité, le GR doit maintenir sa pression osmotique grâce à une pompe  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATP dépendante.
- La source d'ATP est essentiellement la glycolyse anaérobie.

#### - **Lutte contre les oxydations**

- La réduction des produits oxydants, pouvant léser l'hémoglobine et la membrane de GR, est assurée par le glutathion (G-SH) et la super-oxyde dismutase. Le NADPH, source d'ion  $\text{H}^+$  pour la formation du G-SH, est produit par une voie dérivée du cycle de glycolyse, la voie des pentoses phosphates.

#### - **La régulation de l'affinité de l'hémoglobine**

- L'affinité de l'hémoglobine pour l' $\text{O}_2$  est régulée par le taux de 2,3-DPG (diphosphoglycérate).

**(Hématologie Choquet Sylvain 2002)**

### iii. Granulocytes neutrophiles

#### a. Description

- Le terme « granulocyte » fait allusion à l'aspect lobé du noyau. Il comprend les neutrophiles, les basophile et les éosinophile.
- Les cellules au noyau polylobé (2 à 5 lobes), de 12 à 14  $\mu\text{m}$  de diamètre.

- Le cytoplasme contient de nombreuses granulations, donnant la coloration neutrophile.
  - La durée de vie : 24h.
- b. **Rôles**
- Le rôle ultime du neutrophile est détruire des cibles

Pour arriver à ce but il lui faudra :

- Se déplacer
- S'activer
- Phagocyter ou libérer les toxines.
  - **Le déplacement**

Il est orienté par des molécules dites **chimio-attractantes**, telles le C5a (après activation du complément par les immuns-complexes ou les endotoxines), les leucotriènes ou des substances libérées par des cellules activées (lymphocytes, monocytes, neutrophiles, mastocytes, basophiles).

- **L'activation**
  - Par l'intermédiaire de molécules faisant un pont entre le neutrophile et la cible : les immunoglobulines et les fractions de complément C3b et C3bi
  - Par activation directe : C5a, endotoxines, lectines...
- **La destruction de la cible se fait :**
  - Soit après englobement dans le neutrophile (**phagocytose**)
  - Soit par libération dans le milieu extracellulaire de toxine
  - La destruction doit souvent être complétée par les monocytes et les macrophages.
- **Les substances actives**
  - Proviennent en majeure partie de l'explosion oxydative et de l'action combinée de la myéloperoxydase, produisant des dérivés oxygénés extrêmement toxique.
  - D'autres molécules dégradant la membrane microbienne, comme le lysozyme, ou tuant les cibles directement, sont indépendantes de l'oxygène

(Hématologie Choquet Sylvain 2002)

iv. Granulocytes éosinophiles

a. Description

- Cellule à noyau bilobé, caractérisée par un cytoplasme contenant des grains éosinophiles (orangés)
- Demi-vie : 4 à 5h en circulation, 8 à 12 jours dans les tissus.

b. Rôles

- L'éosinophile se déplace, s'active puis détruit ses cibles par phagocytose ou libération de toxiques dans le milieu extracellulaire.
- Participation active dans l'inflammation et les réactions d'hypersensibilité
  - **Attraction**

Les molécules attirant les éosinophiles proviennent :

- Des bactéries
- Du système de complément
- Des mastocytes (histamine, prostaglandines)

- Des lymphocytes activés.
  - **Activation**
  - Par les IgG et les IgE
  - Par des facteurs du complément
  - Par l'histamine
  - Par l'IL5
  - **Lutte antimicrobienne**
  - Antibactérienne pas le contenu des grains par explosion oxydative
  - Antiparasitaire, surtout contre les helminthes
  - **Hypersensibilité**
  - Réaction inflammatoire
  - Réaction d'hypersensibilité

**(Hématologie Choquet Sylvain 2002)**

v. Granulocytes basophiles

a. Description

- Cellule au noyau peu ou pas segmenté, caractérisée par de volumineuses granulations métachromatiques (bleu-noir)
- Duré de vie : 3 à 4 jours
- En physiologie, cette cellule est absente des tissus

b. Rôles

- **Recrutement par**

- C5a
- Kallikréine
- Lymphokines
- Facteur 4 plaquettaire

- **Activation**

- Par les IgG et les IgE
- Par des fractions de complément

- **Hypersensibilité**

- Rôle principal des basophiles
- Si la libération des granules est brutale, il s'agit de l'hypersensibilité immédiate. L'activation se fait par la fixation de deux IgE ou bien par des anaphylatoxines, des venins d'insecte, des médicaments...
- En cas d'hypersensibilité retardée, le recrutement des basophiles vers les sites inflammatoires est progressif.
- Dans les deux types de réaction, la molécule majeure sécrétée par les basophiles est l'histamine. Cette molécule augmente la perméabilité vasculaire mais inhibe en parallèle la dégranulation des neutrophiles, elle a donc un double rôle ; pro-inflammatoire et régulateur.

**(Hématologie Choquet Sylvain 2002)**

vi. Monocytes & macrophages

a. Description

- Cellule au noyau irrégulier ou encoché, avec un cytoplasme gris bleu
- Les granulations ne sont pas visibles.

- Il s'agit de la plus grande cellule circulante 15µm
- Deux précurseurs médullaires sont distinguables : monoblaste puis le promonocyte.

#### **b. Rôles**

- L'ensemble monocytes circulants et macrophages tissulaire constitue le système mononucléé-macrocytaire (SMM), anciennement appelé « système réticulo-endothélial »
- Deux rôles essentiels :

- a. La cytotoxicité
- b. La représentation des antigènes.

##### **- Cytotoxicité**

- Soit par contact direct avec la cible et sécrétion de toxiques
- Soit par phagocytoses

##### **- Présentation des antigènes**

- Lors du contact avec un antigène étranger, le SMM va internaliser la cible, la digérer, et présenter les épitopes en association avec une molécule CMH de classe II
- Attraction des lymphocytes T auxiliaires initialement de façon non spécifique, par libération d'interleukine 1 (IL1) et de Tumor Necrosis Factor (TNF).
- Le contact ultérieur avec les T sera spécifique de l'épitope présenté.

**(Hématologie Choquet Sylvain 2002)**

#### **vii. Lymphocytes**

##### **a. Description**

Cellule au noyau régulier, occupant la majorité du volume cellulaire, avec un cytoplasme minime. En coloration MGG, la distinction entre lymphocytes T et B est impossible.

##### **- Lymphocytes B**

- Pour chaque lymphocyte B, un seul type de chaîne légère est exprimé, c'est la restriction isotypique. Le réarrangement des chaînes légères commence sur le gène  $\kappa$ , puis, en cas de recombinaison non fonctionnelle, sur le deuxième gène  $\kappa$ , puis, en cas d'échec sur un gène  $\lambda$ .... Il y aura donc plus de lymphocytes B  $\kappa$  (2/3) que  $\lambda$  (1/3).
- Les réarrangements exprimés au niveau des régions variables des immunoglobulines sont toujours les mêmes dans un même lymphocyte B, c'est l'exclusion allélique.
- Avant l'activation des lymphocytes B, l'ADN des chaînes d'Ig n'est pas modifié, on dit qu'il est au stade germinale.
- Le phénotype d'un lymphocyte B mature est :  
CD19+ CD20+ CD21+ sIgM+ sIgD+ (sIg = Ig de la surface de cellule).

##### **- Lymphocytes T**

- Les principaux marqueurs T sont :
  - CD2 : à l'origine de la fixation des globules rouges de mouton à la surface des lymphocytes T, source des « rosettes mouton », longtemps

utilisées pour caractériser les lymphocytes T avant l'immunophénotypage

- CD3 : complexe de trois molécules ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$ ) toujours associé au récepteur T (TCR).
  - CD4 : marqueur des T auxiliaires. Fixe les molécules CMH de classe II.
  - CD8 : marqueur des T cytotoxique et suppresseurs. Fixe les molécules CMH de classe I.
- Le récepteur T (TCR) est formé de deux molécules,  $\alpha$  et  $\beta$  (très rarement  $\gamma$  et  $\delta$ ), de structure semblable aux immunoglobulines, avec des régions constantes et des régions variables, spécifiques d'un épitope donné

#### b. Rôles

##### - **Lymphocytes B**

- Synthétiser les anticorps
- Nécessite une activation des B matures, soit par fixation directe à l'antigène, soit par activation par des lymphocytes T spécifique (de types TH2)
- Apes activation, le B prolifère et synthétise une Ig le plus souvent de chaîne lourde différente (IgA ou IgG) mais de chaîne légère identique à cette déjà exprimée. Il s'agit de **communication isotypique**. La cellule se transforme peu à peu en **plasmocyte**. Cellule oblongue au noyau excentré et au cytoplasme en « rayons de roue ».

##### - **Lymphocytes T**

- Les **T auxiliaires**, ou inducteur, sont CD4+. Ils reconnaissent l'antigène étranger présenté dans un contexte CMH de classe II, souvent après activation par l'IL1. Il semble d'exister deux types de T auxiliaires :
  - a. Les **TH1**, inducteurs d'une réponse cellulaire. Ils sécrètent l'IL2 et l'interféron  $\gamma$ . Ils sont inhibés pas les TH2
  - b. Les TH2, inducteurs d'une réponse humorale. Ils sont inhibés par l'interféron  $\gamma$  des TH1
- Les **T suppresseurs** sont CD8+. Ils régulent la réponse immunitaire.
- Les **T cytotoxique** sont CD8+. Leurs réponse est soit :
  - Antigène spécifique et dépendante du CMH de classe I (cas plus fréquent). Le TCR de type est de type  $\alpha/\beta$
  - Antigène spécifique mais CMH indépendante. Le TCR est alors de type  $\gamma/\delta$
  - CMH et TCR indépendante. Il s'agit alors d'une réponse exprimé par de grands lymphocytes à grain dit LGL (pour Large Granular Lymphocyte).

### (Hématologie Choquet Sylvain 2002)

#### viii. Plaquettes

##### a. Description

- La plaquette est le plus petit élément circulant du sang ( $< 10\mu\text{m}^3$ ) elle se présente comme un disque aplati.
- Durée de vie = 10jours
- Trois compartiments principaux constituent la plaquette :
  - a. Le système membranaire

- b. Le cytoplasme
- c. Les organelles.

- **Le système membranaire**

- La membrane extracellulaire comporte à sa surface des molécules essentielles pour l'adhésion et l'agrégation :
  - a. Glycoprotéine Ib (gplb)
  - b. Glycoprotéine IIb (gpIIb)
  - c. Glycoprotéine IIIb (gpIIIa)

- **Le cytoplasme** : comprend essentiellement

- Du glycogène
- De l'actine non polymérisée

- **Les organelles**

- Les mitochondries
- Les lysosomes et les microperoxysomes
- Les granules

a. Granule  $\alpha$  :

Les plus gros et les plus abondants

Essentiels pour l'hémostase contiennent :

- En surface :
  - gplb, gpIIb, gpIIIa
- synthétisés par la plaquette :
  - facteur 4 plaquettaire (F4P)
  - $\beta$ -thromboglobuline
  - facteur V
  - fibronectine
  - protéine S
  - thrombospondine
  - PDGF (*Platelet Derived Growth Factor*)
  - Facteur von Willebrand (vWf)
- Captés de l'extérieur :
  - Fibrinogène
  - Albumine
  - Des Immunoglobulines

b. Granules denses

Petits et rares.

Essentiels à l'équilibre et l'activation des plaquettes, contiennent :

- Nucléotides
- $Ca^{++}$
- Sérotonine

b. Rôles

- Maintien de l'intégrité des vaisseaux
- Coagulation (par interaction avec ses phospholipides membranaires, et par libération de facteur V et de vWf)
- Libération de produits vasoconstricteurs
- Chimio-attraction des neutrophiles

- Cicatrisation (stimulation de la prolifération des fibres musculaires lisses)
- **ACTIVATION**
- Par contact direct avec la surface endothéliale lésée, ou par des substances circulantes.
- L'actine cytoplasmique se polymérise, formant un réseau entourant des granules
- Les fibres se contractent et le contenu des granules est déversé à l'extérieur de la cellule
- Lors de la contraction du caillot, les plaquettes se mettent en fuseaux, dans le sens des fibres de fibrine puis se contractent, comme des cellules musculaires.

**(Hématologie Choquet Sylvain 2002)**

### III. LA NUMERATION-FORMULE SANGUINE (NFS)

#### i. Généralité

- La NFS est un examen simple, bon marché, standardisé et automatisé, disponible dans l'ensemble des laboratoires de biologie médicale
- La numération plaquettaire est obligatoirement comprise à la numération
- Formule et frottis ne pas compris dans la numération
- La numération comprend :
  - **Lignée rouge**
    - Le nombre d'érythrocytes
    - Le taux d'hémoglobines
    - Le taux d'hématocrites
    - Le volume globulaire moyen des globules rouges (VGM)
    - La concentration corpusculaire moyenne en hémogramme (CCMH)
    - La teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine des globules rouges (TCMH)

**(Hématologie Choquet Sylvain 2002)**

- **D'autre lignée**
  - Le nombre de leucocytes
  - Le nombre de plaquettes
- Le nombre des cellules est exprimé soit par mm<sup>3</sup>, soit par litre

$10^9/L = 10^3/mm^3$
----------------------

#### ii. Numération-Interprétation

##### a. Lignée érythroïde

- **Nombre d'érythrocytes :**
  - Très peu d'intérêt clinique
  - Variation en fonction de l'âge et sexe
- **Interprétation**

Leur nombre s'exprime en globules rouges par millimètre cube de sang (GR/mm<sup>3</sup>).

- un nombre anormalement bas de globules rouge est souvent un signe d'anémie. Il peut résulter d'un défaut d'érythropoïèse, ou d'une destruction des hématies circulantes.
- un nombre anormalement élevé de globules rouges est appelé polyglobulie. Elle peut être primitive, par exemple lors d'une tumeur des cellules souches de la moelle osseuse hématopoïétique, ou secondaire, par exemple lors d'hypoxie chronique.

#### **b. Taux d'hémoglobine**

- Quantité d'hémoglobine par volume de sang circulant
- Exprimé e g/l ou, plus souvent, en g/dl
- Lié à l'hématocrite
- Variable en fonction de l'âge et du sexe

#### **- Interprétation**

Le taux sanguin d'hémoglobine, ou hémoglobinémie, s'exprime en grammes d'hémoglobine par décilitre de sang (g/dl)

- une valeur anormalement basse est le signe d'une anémie
- une valeur anormalement haute est le signe d'une hémococoncentration

#### **c. Hématocrite**

- Volume du sang circulant occupé pas les globules rouges
- S'obtient facilement par centrifugation, il correspond alors au rapport du précipitât sur le volume total (d'usage pratique en médecine d'urgence)
- Exprimé en %
- Lié au taux d'hémoglobine
- Variable en fonction l'âge et du sexe

#### **- Interprétation**

L'hématocrite s'exprime en pourcentage. La mesure de l'hématocrite permet d'objectiver une éventuelle anémie et permet d'évaluer l'hémococoncentration du sang : l'hématocrite est augmenté en cas de déshydratation ou en cas de polyglobulie.

#### **d. VGM (volume globulaire moyen)**

- Volume moyen de globule rouge
- Calculé par :

$$\frac{\text{hématocrite l/l}}{\text{nombre de GR } 10^{12}/\text{l}}$$

- Exprimé en  $\mu\text{m}^3$  ou fl. (femto litre)
- Variable en fonction l'âge

#### **- Interprétation**

Il s'exprime en femtolitre ou en micromètres cube ( $\mu\text{m}^3$ ) et permet de qualifier la population érythrocytaire de :

- normocytaire lorsque le VGM est dans les valeurs usuelles
- microcytaire lorsqu'il est inférieur aux valeurs usuelles : c'est le cas dans les anémies ferriprives
- macrocytaire lorsqu'il est supérieur aux valeurs usuelles : cela peut par exemple être observé lors d'une anémie régénérative avec l'arrivée massive dans le sang de globules rouges immatures dont la taille est supérieure aux globules rouges matures (cordonnier et fontaine, 2005)

e. CCMH (concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine)

- Concentration moyenne d'hémoglobine de chaque GR

- Calculé par :

$$\frac{\text{hémoglobine (g/dl)}}{\text{hématocrite (dl/dl)}}$$

- Exprimé en g/dl ou %

f. TCMH (teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine)

- Masse moyenne d'hémoglobine par GR
- Lié au VGM dans les taux bas
- Calculé par :

$$\frac{\text{hémoglobine g/dl}}{\text{nombre de GR } 10^{12}/l}$$

- Exprimé en pg (pico-grammes)

- **Interprétation**

La TGMH s'exprime en picogramme (pg) et la CCMH s'exprime en grammes par décilitre (g/dl)

La TGMH et la CGMH permettent de déterminer si la population des hématies est :

- normochromie, c'est-à-dire que les hématies contiennent une quantité normale d'hémoglobine
- hypochrome c'est-à-dire que les hématies contiennent une quantité d'hémoglobine diminuée, comme cela peut être le cas lors d'anémie ferriprive

**(Hématologie Choquet Sylvain 2002)**

g. Autres lignées

- **Lignée blanche :**

- Exprimé en /mm<sup>3</sup> ou /l
- Aucun détail sur la nature des blancs n'est précisé
- Variable selon l'âge

- **Interprétation leucocytaire**

Le taux sanguin de leucocytes totaux s'exprime en valeur absolue, généralement en leucocytes par millimètre cube de sang (leucocytes/mm<sup>3</sup>) ou en milliers de leucocytes par millimètre cube (10<sup>3</sup> leucocytes/mm<sup>3</sup>)

Le taux sanguin des différentes populations leucocytaires prise une à une s'exprime de deux manière :

- en valeur absolue, comme les leucocytes totaux
- en valeur relative, c'est-à-dire la population de population, ou lignée, leucocytaire considérée par rapport à la population leucocytaire totale. La valeur relative est donc un pourcentage (%).
- Une augmentation du nombre de leucocytes, ou leucocytose, s'interprète différemment en fonction de la population leucocytaire mise en cause :
  - Leucocytose neutrophilique : phénomène inflammatoire et/ou infectieux
  - Leucocytose éosinophilique : phénomène parasitaire et/ou allergique
  - Leucocytose basophilique : rarement observée
  - Lymphocytose : néoplasie lymphoïde, parfois suite à une exposition à un antigène (Welles, 2010)
  - Monocytose : rarement observée
- Une diminution du nombre de leucocytes, ou leucopénie, marque une immunodépression.

Il peut parfois y avoir association leucopénie d'une lignée-leucocytose d'une autre lignée. C'est le cas en situation de stress : le leucogramme se trouve modifié selon une formule dite "de stress". La formule de stress est caractérisée par une neutrophilie modérée, une lymphopénie, une éosinopénie et un comptage variable des monocytes (Carakostas et al, 1981<sup>a</sup> ; Carakostas et al, 1981<sup>b</sup> ; Osbaldiston et Johnson, 1972)

- **Lignée plaquettaire**
  - Exprimée en /mm<sup>3</sup>

- **Interprétation plaquettaire**

Les taux sanguin de plaquette s'exprime en plaquettes par millimètre cube de sang (plaquette/ mm<sup>3</sup>)

- Thrombopénie, c'est-à-dire un nombre anormalement bas de plaquettes, peut être due à :
  - Une synthèse insuffisante : lors d'une atteinte de la moelle osseuse, par exemple
  - Une perte excessive : par hémorragie ou par consommation excessive de plaquettes, comme c'est le cas lors de Coagulation IntraVasculaire Disséminée (CIVD)
- Une thrombocytose, c'est-à-dire un nombre anormalement élevé de plaquettes, a différentes origines :

- Artéfactuelle : des fragments cellulaires provenant d'érythrocytes ou de leucocytes peuvent engendrer une pseudothrombocytose
- La thrombocytose physiologique : elle correspond à la mise en circulation des plaquettes normalement séquestrées dans la rate, par contraction de cette dernière (Wardyn et *al.* 2008)
- La thrombocytose secondaire : la thrombopoïèse est stimulée de façon exagérée par les cytokines, dans un contexte inflammatoire ou néoplasique (Sellon et *al.* 1997)

**(Hématologie Choquet Sylvain 2002)**

iii. Formule-réticulocytes

a. Formule

- N'est pas comprise dans la numération simple
- Essentielle pour analyser les leucocytes
- Chaque type de globule blanc est exprimé en pourcentage (de l'ensemble des blancs) et/ ou en chiffre absolus. **Seuls les chiffres absolus doivent être interprétés**
- Exprimé en /mm<sup>3</sup> ou /l

b. RETICULOCYTES

- Le taux des réticulocytes n'est pas compris dans la formule donc être spécifié dans la prescription
- Est essentiel pour interpréter une anémie
- Est exprimé en % du nombre de GR et doit être converti en chiffre absolu

**(Hématologie Choquet Sylvain 2002)**

iv. Frottis

- N'est pas compris dans la numération simple
- Sa lecture se fait par un cytologiste, après étalement du sang sur lame et coloration au May-Grunwald-Giemsa (éosine + bleu de méthylène : les éléments basophiles apparaissent en bleu, les zones acidophile en rose)
- Il permet de :
  1. Confirmer la formule automatique
  2. Trouver des anomalies érythrocytaires (forme, taille, homogénéité, inclusion ...)
  3. Montrer d'éventuelles cellules médullaires circulantes
  4. Détecter des cellules anormales
  5. Voir d'éventuels agrégats plaquettaires

Le frottis sanguin doit être systématique devant une NFS anormale

**(Hématologie Choquet Sylvain 2002)**

**Tableau2** : normes hématologique en fonction de la race et de l'âge du cheval

<b>Paramètre</b>	<b>Jeune</b>	<b>Adulte</b>	<b>Pur-sang</b>
<b>GR (10<sup>6</sup>/mm<sup>3</sup>)</b>	6 - 12	7.1 - 8.8	9.4 - 10.9
<b>Hémoglobine (g/dl)</b>	11 -19	11.7 - 14.0	14.5 - 16.9
<b>Hématocrite (%)</b>	32 - 52	31.2 - 37.3	37.4 - 43.1
<b>GB (10<sup>3</sup>/mm<sup>3</sup>)</b>	11	7.1 - 10.0	8.1 - 9.8
<b>TCMH (pg)</b>	-	15.0-19.0	-
<b>CCMH (g/dL)</b>	-	34.0-37.0	-
<b>VGM (µm<sup>3</sup>)</b>	-	43-54	-
<b>Neutrophile (10<sup>3</sup>/mm<sup>3</sup> et %)</b>	- 45 - 65%	- 51.3 - 56.4 %	4.4 - 6.0 54.1 - 63.2%
<b>Eosinophile (10<sup>3</sup>/mm<sup>3</sup> et %)</b>	- 0 - 4 %	- 1.3 - 3.9 %	0.1 - 0.2 1.1 - 2.8%
<b>Basophile (10<sup>3</sup>/mm<sup>3</sup> et %)</b>	0 - 100 0 - 1	0 - 100 0 - 1	0 - 100 0 - 1
<b>Monocytes (10<sup>3</sup>/mm<sup>3</sup> et %)</b>	- 1 - 7 %	- 3 - 5.1%	0.2 - 0.4 2.7 - 4.3%
<b>Lymphocyte (10<sup>3</sup>/mm<sup>3</sup> et %)</b>	- 25 - 50 %	- 25.9-40.5%	2.6 - 3.6 29.6 - 39%
<b>Plaquettes (10<sup>3</sup>/mm<sup>3</sup>)</b>	120 environ	112-159	121 - 158

# CHAPITRE III : PARTIE EXPERIMENTALE

# CHAPITRE III : PARTIE EXPERIMENTALE

## I. OBJECTIFS

La question qui nous aidera à illustrer l'analyse est la suivante : Existe-t-il une différence entre les races sur les paramètres sanguins ? Autrement dit peut-on croire qu'il y a une différence significative entre les races ? Pour vérifier cette hypothèse, nous allons utiliser les données de plan d'expériences

- La variable indépendante sera la race qui regroupe des chevaux divisés en quatre races dont on a choisi les pur-sang arabe (R1), pur-sang anglais (R2), demi-sang (R3) et le barbe (R4) l'objet de test de NFS.
- La variable dépendante sera les résultats de test NFS qui contient treize 13 paramètres pour chaque race.
- L'échantillon était divisé en quatre groupes selon la race : -groupes qui correspondent aux valeurs de résultats de test NFS.

## II. MATERIEL ET METHODES DE TRAVAIL

### i. Technique de prélèvement de sang

1. Après avoir repérer et immobiliser l'animal en utilisant une technique de contention (licol)



**Figure 22** : la mise en place de licol par le propriétaire

2. Il faut d'abord soulever la tête de cheval et chercher la veine jugulaire en posant le doigt au niveau du sillon du cou à la jonction de l'aplate

3. La veine se révèle par une sensation de va et vient rythmer



**Figure 23 :** détection de siège de la veine par un garrot

4. On désinfecte avec l'alcool



**Figure 24 :** désinfection de champs de prélèvement

5. Collecter le sang de la veine jugulaire en piquant la veine



**Figure 25 :** Aspiration du sang à partir de veine jugulaire

6. Chasser le sang dans un tube anticoagulant EDTA



**Figure 26 :** remettre le sang dans un tube EDTA

## 7. Placer le tube dans une glacière



**Figure 27** : conserver les tubes dans une glacière

### ii. Anticoagulant E.D.T.A

L'éthylène diamine tetraacétique, complexe le calcium et inhibe la coagulation, il est réservé en particulier en hématologie.

### iii. Matériels utilisé

- Alcool
- Antiseptique
- Seringue à usage unique 2.5/5ml
- Coton hydrophile
- Tube anticoagulant EDTA
- Glacière
- Animaux (chevaux)

#### iv. L'appareillage de laboratoire



**Figure 29 :** analyseur hématologique

Sysmex XT 2000i analyseur d'hématologie utilise une technique unique de fluorocytométrie en flux cette technique analyse non seulement la teneur en ARN/ADN, mais aussi la taille des cellules et leur structure interne en vue de délivrer des résultats précis. Le XT-2000i combine l'analyse quantitative et qualitative des réticulocytes et délivre ainsi une image globale du statut érythropoïétique. Il propose en option une numération quantitative précise des IG au lieu d'un simple système d'alarmes. Grâce à sa focalisation hydrodynamique, il garantit la qualité des paramètres GR et PLT.

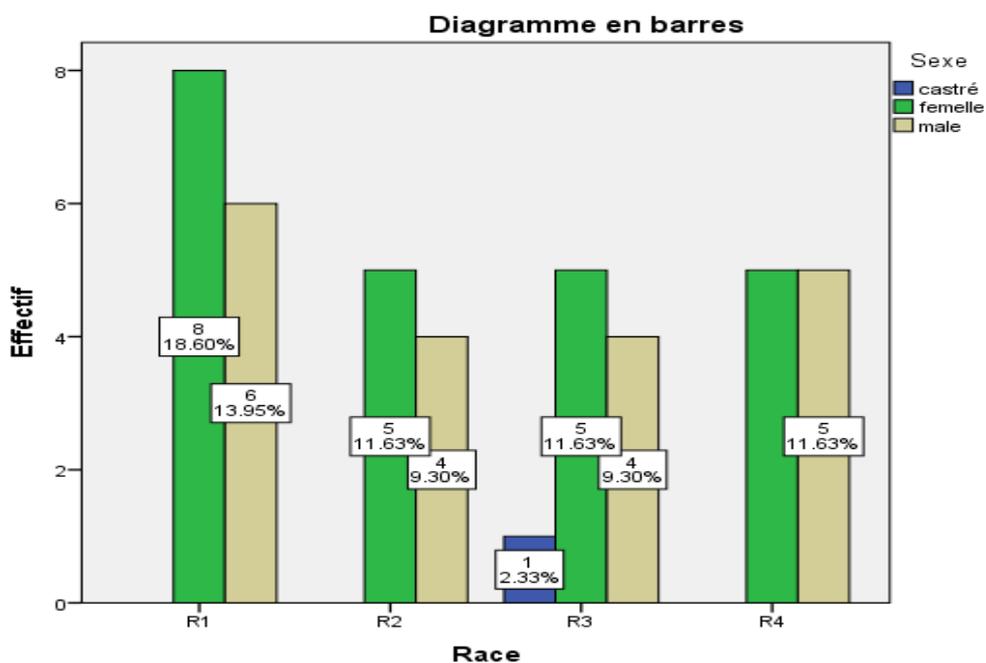
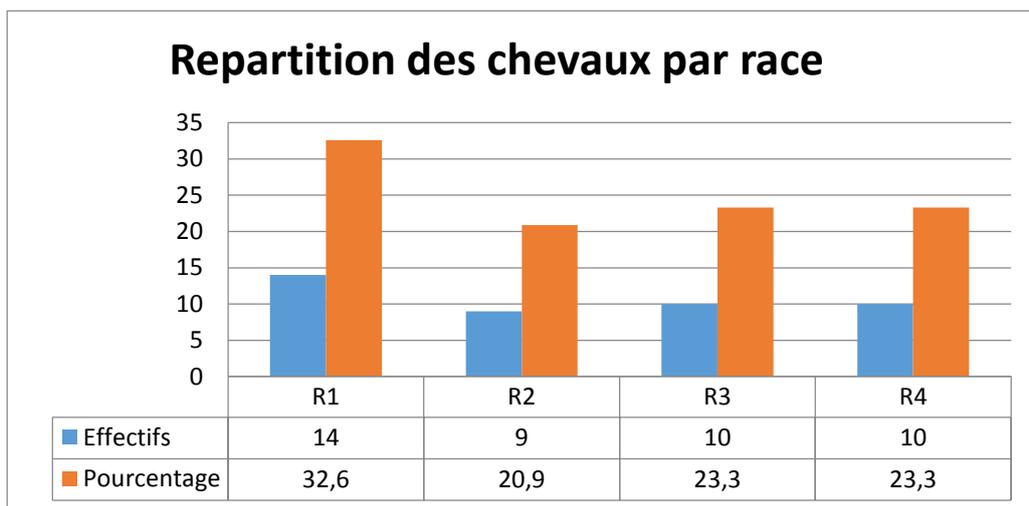
### **III. LES CARACTERISTIQUES DES DONNEES**

Dans un premier temps nous regardons la structure des données par sexe et âge, ensuite nous présentons les caractéristiques des résultats obtenus par le test NFS, les moyennes et intervalles de confiance pour chaque race comparée à une race de référence et l'âge adulte à l'aide des statistiques descriptives.

Les paramètres étudiés par le test NFS nous renseignent sur les caractéristiques et comportement des races selon les paramètres sanguins, toutefois et selon nos objectifs, nous orienterons certaines de ces paramètres vers une pertinence plus que d'autres.

### **IV. ANALYSE DES RESULTATS STATISTIQUES**

On observe que la moyenne d'âge de tous les échantillons est de 9.95 et que cette valeur a été calculée à partir de  $n = 43$  (tableau 1-3 annexe).



**Grphe 1 : répartition des chevaux par races**

Source : réalisé par les auteurs à partir des données d'enquête

#### i. Représentation d'échantillons

Notre échantillon englobe 4 races dont les la répartition sont les suivant :

- 32.6 % Race 1 (pur-sang arabe) dont les 18.60% femelles et 13.95 % males.
- 20.9% Race 2 (pur-sang anglais) dont les 11.63% femelles et 9.30% males.
- 23.3% Race 3 (demi-sang) ont les 2.33 castré (non représentatif) et 11.63% femelles et 9.30% males.
- 23.3 % Race 4 (Barbe) dont les mâles et femelles sont égaux avec 11.63%.

**Tableau 3 : comparaison entre les races par rapport (Age adulte et pur-sang)**

NORMES			R1			R2			R3			R4		
paramètres	Adultes	pur sang	MOY	Inférieur	Supérieur									
GB (10 <sup>3</sup> /mm <sup>3</sup> )	7.1 – 10.0	8.1 - 9.8	6.92	5.42	8.50	5.57	4.14	7.00	6.10	5.30	7.10	7.05	6.26	7.87
GR (10 <sup>6</sup> /mm <sup>3</sup> )	7.1 – 8.8	9.4 – 10.9	8.25	7.50	9.16	8.86	7.29	10.29	7.60	6.90	8.30	7.69	7.23	8.13
Hémoglobine (g/dl)	11.7 – 14.0	14.5 - 16.9	13.00	11.75	14.58	15.14	13.00	17.00	12.70	11.60	13.80	13.05	12.36	13.74
Hématocrite (%)	31.2 – 37.3	37.4 - 43.1	40.08	36.67	43.91	46.29	40.15	51.86	38.70	35.40	42.20	40.10	38.13	42.13
VGM (µm <sup>3</sup> )	43-54	-	49.17	46.83	51.25	52.00	49.57	55.14	51.10	49.30	53.00	53.03	51.49	54.64
TCMH (pg)	15.0-19.0	-	16.00	14.92	17.08	17.14	16.29	18.14	16.60	15.80	17.40	17.23	16.64	17.85
CCMH (g/dL)	34.0-37.0	-	32.50	31.67	33.42	32.71	32.43	33.00	32.50	32.10	32.90	32.49	32.18	32.79
Plaquettes (10 <sup>3</sup> /mm <sup>3</sup> )	112-159	121 – 158	168.42	118.42	217.07	204.43	170.29	232.85	222.10	172.71	272.89	192.64	169.93	213.36
Neutrophile (/mm <sup>3</sup> )	3642 - 5640	4400 - 6000	3179.67	1543.19	5008.41	1694.43	524.46	3177.03	1793.00	768.50	2941.33	3021.90	2330.75	3794.03
Eosinophile (/mm <sup>3</sup> )	92 - 390	100 - 200	136.33	71.43	207.74	128.29	66.43	217.57	114.70	66.70	156.99	147.26	116.06	179.17
Basophile (/mm <sup>3</sup> )	0 - 100	0 - 100	67.00	31.84	111.42	246.57	44.43	584.41	66.80	56.80	77.80	105.10	64.36	171.26
Lymphocyte (/mm <sup>3</sup> )	1839- 4050	2600 – 3600	2730.92	1932.81	3611.66	3174.14	2236.33	4144.92	3629.70	2553.56	5082.90	3196.69	2712.57	3745.09
Monocytes (/mm <sup>3</sup> )	213- 510	200 – 400	460.33	203.51	856.82	575.00	261.22	910.45	562.70	187.69	996.97	486.82	332.97	668.00
AGE			8.25	5.00	11.91	11.91	7.29	14.00	12.00	8.60	15.50	10.26	8.44	12.08

## ii. Analyse des résultats

Nous nous sommes principalement intéressés à décrire la moyenne d'âge des races et des différents paramètres du sang.

À partir des résultats de ce tableau (tableau 3), on peut affirmer que les groupes de race (R1, R2, R3 et R4) de l'échantillon ont un âge adultes 2 - 25 ans.

En ce qui concerne les paramètres : nous observons que les résultats sont similaires aux paramètres de références « l'âge Adultes » mise à part le paramètre GB ( $10^3/\text{mm}^3$ ) plus au moins faible par rapport toutes les races. Dont la valeur moyenne de paramètre varie entre 6.92 pour la race 1 et 7.05 pour la race 4 ça peut être due soit une infection soit au dopage puisqu'il a un effet secondaire sur l'érythropoïétine y'a même une possibilité de supprimer la repense immunitaire.

Ainsi le paramètre plaquettes ( $10^3/\text{mm}^3$ ) de la race 1 affiche une valeur plus au moins élevé [Min= 118.42, Max = 217.07], et également CCMH (g/dL) un plus faible [Min = 31.67, Max = 33.42] elle peut être due à l'utilisation inadaptée ou abusive de dopage ce qui entraîne un déséquilibre systémique secondaire.

Les intervalles de confiance (**tableau annexe 4**) sont sensiblement similaires avec la plus faible variabilité pour le paramètre GB ( $10^3/\text{mm}^3$ ) des chevaux de la race 2, [Min =4140 ; Max =7000] et la plus grande pour les chevaux de la race 3 pour le paramètre lymphocyte ( $\text{ele}/\text{mm}^3$ ) [Min =2553.56, Max = 5082.90].

On conclure que l'ensemble des paramètres de sang montrent que les valeurs est relativement similaire par rapport à la norme de l'âge adulte.

## iii. Comparaisons multiples

L'analyse descriptive nous indique qu'il existe des différences entre les groupes, mais ne précise pas où sont situées ces différences. Pour remédier à la situation, nous avons fait un **test post-hoc** avec la comparaison de Bonferonni

Il est a noté que les tableaux de comparaisons multiples de 5 à 13 (voir annexe) comprend plusieurs résultats, mais est relativement simple à interpréter. La première colonne comprend chaque groupe comparé et la deuxième présente les groupes comparés avec celui de la première colonne.

Dans la colonne différence de moyennes (**I- J**), on observe les différences entre les groupes suivies par l'erreur-type et le degré de signification associés à cette comparaison.

Grâce au logiciel SPSS nous pouvons lire par un astérisque les différences de moyennes qui sont significatives. Comme on le remarque sur le **tableau 4** ci-dessous, plusieurs comparaisons sont répétitives dans la mesure où on teste chaque groupe par rapport aux autres. Des répétitions sont inévitables. Notons que les intervalles de confiance sont aussi ajustés en fonction du nombre de comparaisons. Ils sont plus étendus que si seulement deux moyennes avaient été comparées.

**Tableau 4** : Différence des moyennes des races selon les paramètres sanguin

PARAMETRES \ RACES	R1			R2			R3			R4		
	R2	R3	R4	R1	R3	R4	R1	R2	R4	R1	R2	R3
GB ( $10^3/mm^3$ )						(+)			(+)		(+)	(+)
GR ( $10^6/mm^3$ )			(+)			(+)			(+)	(+)	(+)	(+)
Hémoglobine (g/dl)	(+)			(+)		(+)						(+)
Hématocrite (%)	(+)			(+)	(+)	(+)		(+)			(+)	
VGM $\mu^3$			(+)			(+)			(+)	(+)	(+)	(+)
TCMH (pg)			(+)			(+)			(+)	(+)	(+)	(+)
CCMH (g/dL)												
Plaquettes ( $10^3/mm^3$ )		(+)					(+)					
Neutrophile ( $10^3/mm^3$ )						(+)			(+)		(+)	(+)
Eosinophile ( $10^3/mm^3$ )												
Basophile ( $10^3/mm^3$ )	(+)			(+)	(+)			(+)				
Lymphocyte ( $10^3/mm^3$ )												
Monocytes ( $10^3/mm^3$ )												

(+) : indique qu'il existe des différences significatives au seuil 0.05 : Sinon absence des différences significatives

Dans ce cas, on constate que plusieurs groupes de race se distinguent. D'une part, le paramètre GR ( $10^6/mm^3$ ) de race se différencie significativement des GR ( $10^6/mm^3$ ) avec race1, race2, race 3 est également avec le paramètre TCMH (pg). D'autre part, nous observons une différence significative pour le paramètre (VGM  $\mu^3$ ).

Il n'existe aucune autre différence de moyenne entre les races qui dépasse le seuil de signification dans les paramètres, CCMH (g/dL), Eosinophile ( $10^3/mm^3$ ), Lymphocyte ( $10^3/mm^3$ ) et Monocytes ( $10^3/mm^3$ ). A l'exception la différence significative entre race1 et race3 pour le paramètre plaquettes ( $10^3/mm^3$ ).

## **V. ESTIMATION ECONOMETRIQUES ET ANALYSE DES RESULTATS**

Cette section va s'attacher à saisir l'impact des variables qualitatives sur la variable dépendante paramètres sanguins. Dans ce contexte il y a certainement d'autres variables associées aux paramètres par race et que la relation que nous voulons tester ne tient pas compte à la variable indépendante d'âge. Donc, il apparaît logique de dire que les variations de la variable dépendante probablement en lien avec l'âge de cheval on suppose probablement les paramètres sanguin varient en fonction de l'âge de cheval ce qui conduit à une situation d'osmose négative ou positive en principe ?

Modèles statistiques linéaire général uni variée ou multi varie traite ce genre de question. Il s'agit de nous allons retirer l'effet de l'âge dans la relation en le plaçant comme covariable dans le modèle (paramètres explicatives), ,

quand bien même l'estimation empirique de cet impact est difficile à cerner car elle nécessite la disponibilité des données partant du poids , la taille la vitesse , saute ..Etc. Mais aussi le régime alimentaire adapté...etc. Afin de dégagées l'efficacité et leurs l'efficacité des chevaux.

## **VI. MODELE LINEAIRE GENERAL UNI VARIEE : ANALYSE DE LA COVARIANCE (ANCOVA)**

Le but de l'ANCOVA est de tester la relation initiale en supprimant statistiquement l'effet indirect de la covariable. Ceci revient à tester l'effet de la variable indépendante (Catégorielle type de race) sur la variable dépendante (continue : paramètres sanguin) une fois que l'effet de la covariable sur la variable dépendante est enlevé. La particularité de l'ANCOVA est de calculer cet effet en contrôlant l'effet d'une autre variable continue (âge) qui a un impact présumé sur la relation initiale.

Dans l'ANCOVA, nous testons l'hypothèse nulle de l'absence de différence entre les moyennes des groupes races une fois que l'effet de la covariable est retiré. L'hypothèse alternative est donc que les moyennes des groupes se distinguent.

Dans cette section nous intéressons si les variables qualitatives, la race et l'âge

(Variables indépendantes) influencent sur la structure de sang (paramètres) par race (variable

Dépendante). Les variables visent à capter l'effet de l'âge sur les caractéristiques de sang.

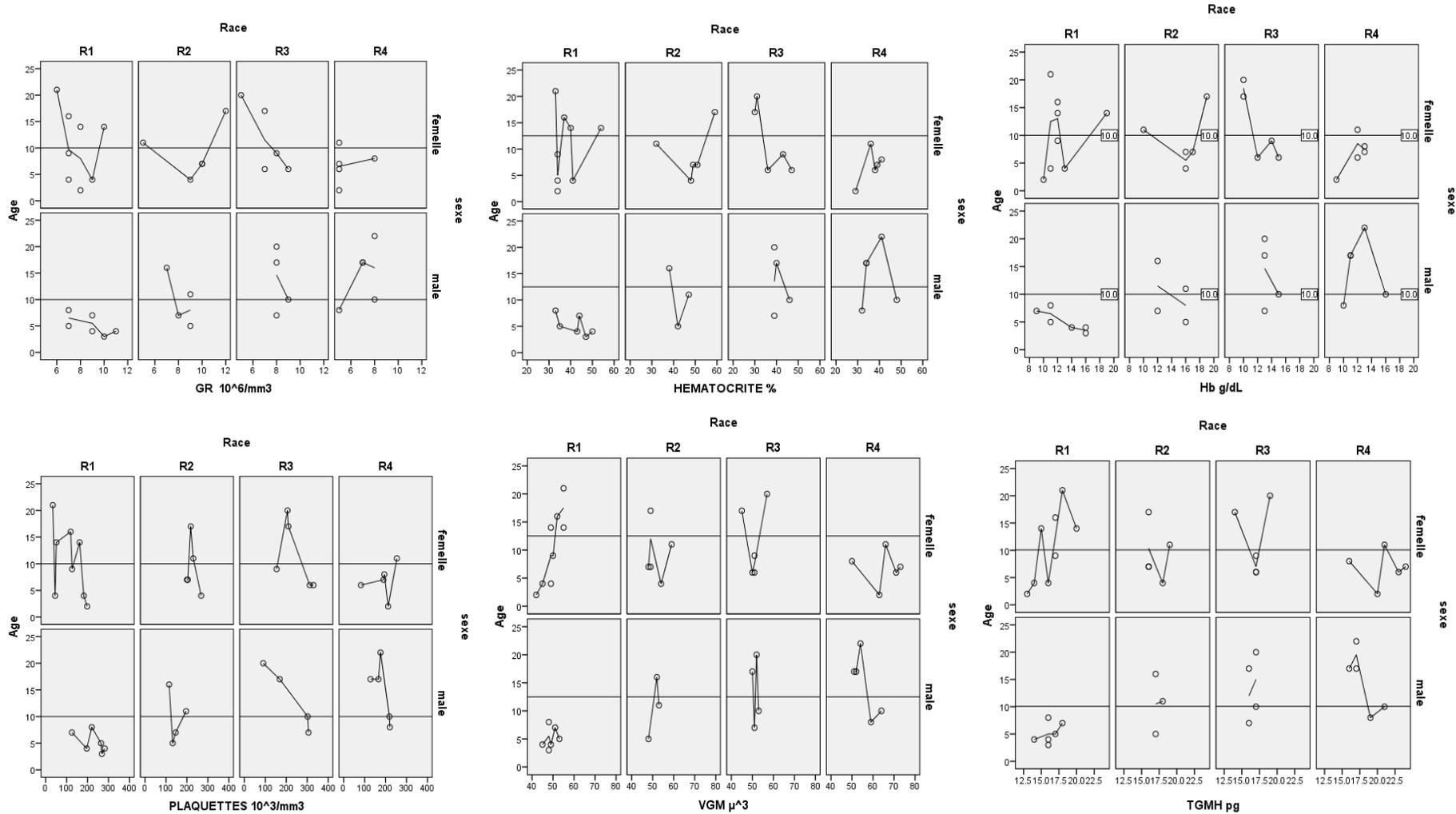
i. Définition des variables opérationnelles

Le modèle d'ANCOVA a été construit en utilisant la variable qualitative « La race » pour l'estimation de la variable dépendante telle que le GB (/mm<sup>3</sup>), GR (/mm<sup>3</sup>), Hémoglobine (g/dl), Hématocrite (%), VGM (μm<sup>3</sup>), TCMH (pg) ....etc.

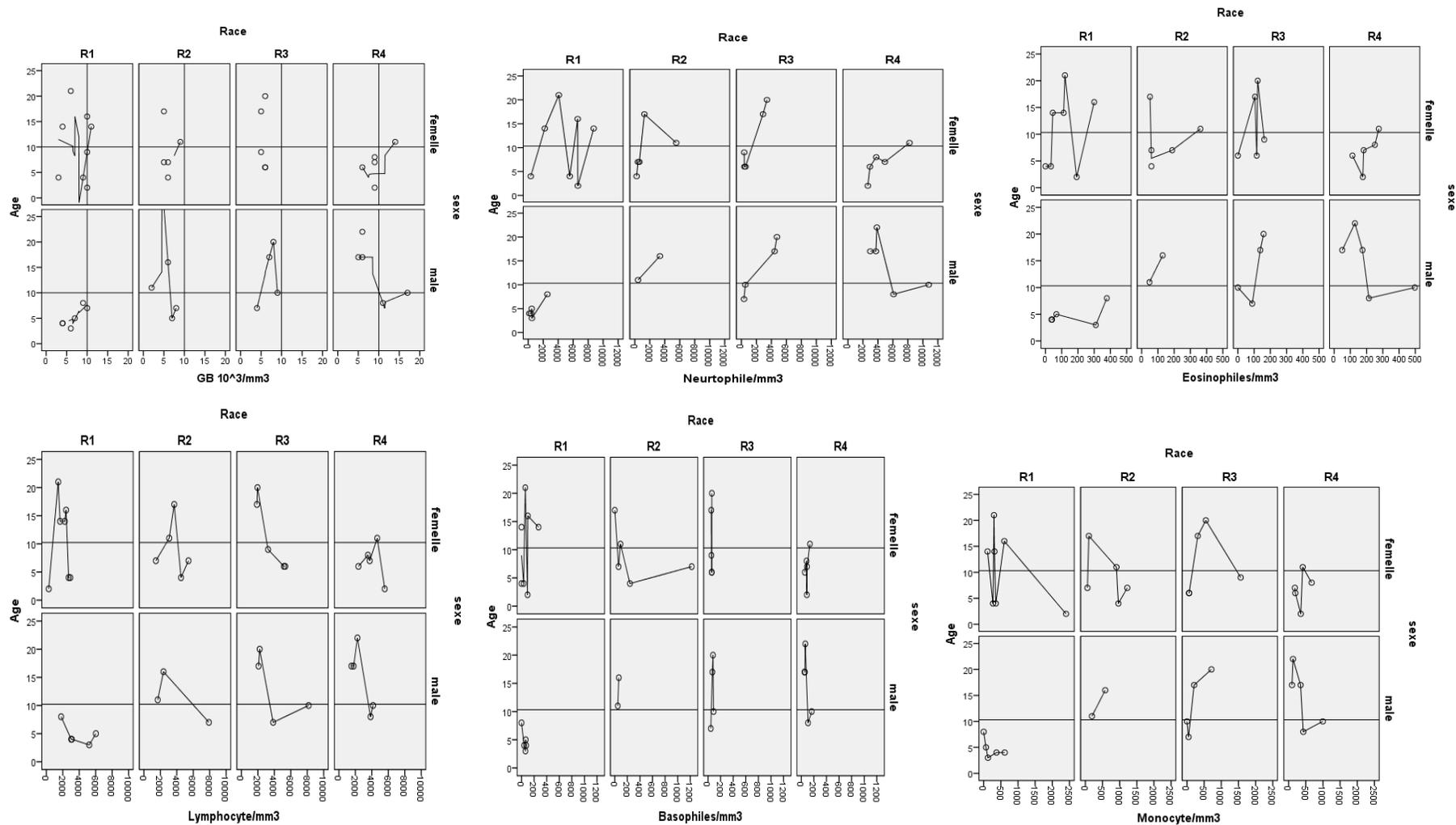
Fonction de la variable indépendante (variable de contrôle / covariable : âge).

ii. Interprétation et analyse des résultats

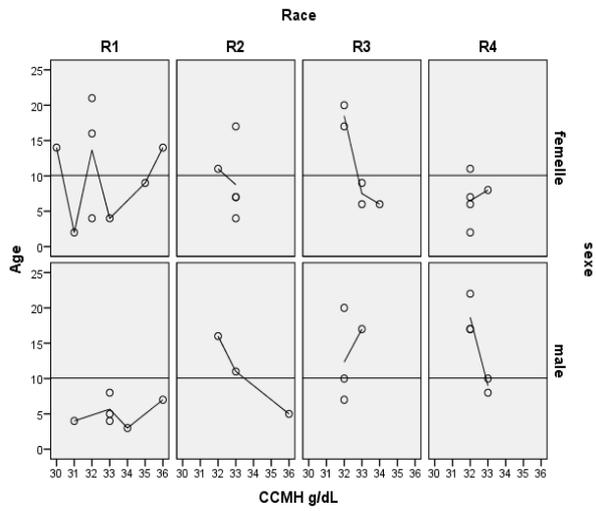
Nous voyons que la probabilité d'obtenir une valeur de Fischer dans une population où les variances sont égales est insignifiante pour les modèles estimés et nous invite à accepter l'hypothèse nulle d'égalité des variances.



**Dispersion des paramètres de sang par rapport race sexe et âge**  
**Source : réalisé par les auteurs à partir des données de test NFS**



**Dispersion des paramètres de sang par rapport race sexe et âge**  
**Source : réalisé par les auteurs à partir des données de test NFS**



**Source :** réalisé par les auteurs à partir des données d'enquête

**Graphes (1-13) :** de type matricielle indique la dispersion et la concentration des paramètres sanguins

Cependant, ces résultats ne nous permettent pas de dire s'il existe une relation significative au plan statistique entre les variables (sexe race et âge). Rappelons-nous que nous sommes essentiellement dans un univers descriptif.

**Tableau 5 :** différence des moyennes races, âge et l'interaction (race\*âge) sur les paramètres sanguins

Modèles des paramètres de sang estimés par la Méthode ANCOVA	Variables explicatives ou indépendantes										
	I Effet race				Effet âge	Effet d'interaction (Race* âge)				Effet de taille (force de relation)	
variable à expliquer (dépendantes)	R1	R2	R3	R4	âge	R1 *âge	R2*âge	R3*âge	R4*âge	** Eta au carré	***Puissance observée
GB (10 <sup>3</sup> /mm <sup>3</sup> )	(+)		(+)							0,526	1,000
GR (10 <sup>6</sup> /mm <sup>3</sup> )	(+)	(+)	(+)							0,398	0,997
Hémoglobine (g/dl)											
Hématocrite (%)											
VGM μ <sup>3</sup>	(+)	(+)	(+)		(+)	(+)				0,940	1,000
TCMH (pg)	(+)	(+)	(+)		(+)	(+)		(+)		0,917	1,000
CCMH (g/dL)											
Plaquettes (10 <sup>3</sup> /mm <sup>3</sup> )			(+)							0,397	0,997
Neutrophile (ele/mm <sup>3</sup> )			(+)							0,262	0,895
Eosinophile (ele/mm <sup>3</sup> )											
Basophile (ele/mm <sup>3</sup> )		(+)					(+)			0,027	0,145
Lymphocyte (ele/mm <sup>3</sup> )											
Monocytes (ele/mm <sup>3</sup> )											

**(+) : indique qu'il existe l'effet significatives au seuil 0.05 : Sinon absence des différences significatives**

**\*\*Estimations d'effet de taille :** l'indice eta-carré ( $\eta^2$ ) qui mesure la taille de l'effet de la variable indépendante sur la variable dépendante.

**\*\*\*Puissance observée :** cette option indique si on a la puissance statistique nécessaire pour détecter une différence entre les races. Elle est très peu utilisée, puisque si le test est significatif, cela implique que nous avons la puissance nécessaire pour détecter une différence.

Dans un premier temps, on remarque que la variable âge, race1, race2, race 3 ont un effet significatif sur les deux paramètres VGM  $\mu^3$  et TCMH (pg). Ces deux paramètres sont donc statistiquement associées et elles partagent une covariance importante (à tout le moins statistiquement significative). Nous pouvons donc dire que l'âge influence significativement les deux paramètres. Est que le facteur âge non significative pour le reste des paramètres.

La Particularité des résultats d'estimations réside dans le non signification de facteur âge sur l'ensemble des paramètres de sang. A l'exception l'effet d'interactions R1\*AGE qui influencent les deux paramètres sanguins VGM  $\mu^3$  et TCMH (pg), ceci par la présence de la relation de dépendance entre l'âge et la race1. Est également l'impact de R3\*AGE sur le paramètre CCMH (g/dL).

Donc on constate que les facteurs race 1 et race 3 ont une similarité d'impact sur les paramètres sanguin. Mais un plus pour le facteur Race3 qui a un effet sur le paramètre Plaquettes ( $10^3/\text{mm}^3$ ) et Neutrophile ( $\text{ele}/\text{mm}^3$ ). Nous constatons aussi que le degré de signification est supérieur à 0,05 ( voir annexe ) c'est pourquoi nous devons accepter l'hypothèse nulle, selon laquelle les deux facteurs, R4 , Age\*race4 et R2\* AGE ; n'ont pas d'influence directe sur les paramètres de sang mais à part le paramètre Basophile lié de l'effet de R2\* AGE ET R2.

Enfin, une fois l'effet de l'âge contrôlé, il demeure un effet significatif des paramètres de sang (VGM  $\mu^3$ , TCMH (pg)) pour les races 1, 2 et 3. On peut donc avancer que l'appartenance à un ou l'autre des races a un effet significatif, et ce, même en contrôlant l'effet de l'âge des chevaux.

### iii. La taille d'effet

Dans l'ANCOVA, La lecture de la statistique «**l'indice eta-carré ( $\eta^2$ )** » qui permet d'apprécier l'importance de l'effet de la variable indépendante sur la variable dépendante. Les balises de Cohen (1988), pour ce test, sont les suivantes :

Autour de <b>0,01</b>	effet de petite taille	(small effect)
Autour de <b>0,06</b>	effet de taille moyenne	(moderate effect)
Autour de <b>0,14</b> et plus	effet de grande taille	(large effect)

Quoique la différence entre les races soit significative au plan statistique, l'indice de l'indice **eta-carré ( $\eta^2$ ) confirme**, la taille de l'effet associé à la variable indépendante est grande ( $\eta^2 \in [2.25, 0.94]$ ).

# CONCLUSION

## CONCLUSION

Le sang est fréquemment prélevé pour analyse dans le cadre d'une pathologie, d'un bilan pré-anesthésique ou du suivi d'un cheval sain et sportif, par exemple. Des paramètres hématologiques (globule rouge, globule blanc, plaquettes), biochimique endocrinologiques ou sérologiques peuvent être mesurés. Leurs valeurs doivent être interprétées en fonction de divers facteurs de variation qui sont la race, l'âge, la discipline ou spécialité du cheval, l'état de nervosité au moment de la prise de sang, date de dernier exercice ou l'heure de dernier repas.

Il est donc important, dans la mesure du possible, de standardiser le moment de prélèvement (le matin au box, avant le repas, 48 ou 72 heures après l'exercice intense ou un stress, transport notamment), d'effectuer ce prélèvement avec une contention minimale et d'interpréter les résultats en fonction de normes adaptées au cheval (race, l'âge et discipline). Il existe d'autres facteurs de variation liés aux conditions de transport des prélèvements et au laboratoire d'analyse. Mais dans notre travail, on n'avait pas la chance de respecter ses mesures favorables.

L'ensemble des paramètres de sang montrent que les valeurs sont relativement similaires par rapport à la norme de l'âge adulte.

En parlant de sexe on note qu'il n'a pas un effet significatif sur l'ensemble des paramètres.

Entre races on constate que plusieurs groupes de race se distinguent. D'une part, le paramètre GR ( $10^6/\text{mm}^3$ ) de race 4 se différencie significativement des GR avec race1, race2, race 3 est également avec le paramètre TCMH d'autre part nous observons une différence significative pour le paramètre VGM ainsi que il n'existe aucune autre différence de moyenne entre les races qui dépasse le seuil de signification quand les paramètres, CCMH, Eosinophile, Lymphocyte et Monocytes. À l'exception la différence significative entre race1 et race3 pour le paramètre plaquettes.

En parlant de l'âge nos résultats révèlent que la variable âge, race1, race2, race 3 ont un effet significatif sur les deux paramètres VGM et TCMH sont statistiquement associées et elles partagent une covariance importante, nous pouvons donc dire que l'âge influence significativement sur ces deux paramètres et que le facteur âge non significatif pour le reste des paramètres.

# Références

## Références et liens utiles

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Pur-sang\\_arabe](http://fr.wikipedia.org/wiki/Pur-sang_arabe)

<http://www.le-site-cheval.com/races/arabe.php>

<http://www.eutraco.com/equitation/magazine/pursang.htm>

<http://www.le-site-cheval.com/races/arabe.php>

<http://wikipédia.com>

**Pur-sang anglais** Auteur syndicat d'éleveur de cheval aout 2014

[Bataille 2008] Lætitia Bataille, Races équines de France, Éditions France Agricole, 2008, 286 p. (ISBN 978-2-85557-154-6, notice BnF no FRBNF41374805). Voir et modifier les données sur Wikidata

[Brabenetz 1987] (de) Hans Brabenetz, Das k.k. Staatsgestüt Radautz und seine Pferde, ISG-Verlag, 1987

[Gawlik et Haller 2016] (de) Heinrich Gawlik et Martin Haller, Die Zucht des Halbblutpferdes in Österreich-Ungarn; Vereinspublikation Dokumentationszentrum für altösterreichische Pferderassen, 2016

[Macgregor-Morris 1986] (en) Pamela Macgregor-Morris, The History of the HIS, Tremation Press, 1986

[Porter et al. 2016] (en) Valerie Porter, Lawrence Alderson, Stephen J.G. Hall et Dan Phillip Sponenberg, Mason's World Encyclopedia of Livestock Breeds and Breeding, CAB International, 9 mars 2016, 6e éd., 1 107 p. (ISBN 1-84593-466-0, OCLC 948839453). Voir et modifier les données sur Wikidata

[Smith 1991] (en) Brian Smith, The Horse in Ireland, Wolfhound Press, 1991

**Selle français** Auteur : ANSF - Association Nationale du Selle Français Mise à jour : juillet 2017

**Maladies des chevaux** édition France Agricole 3<sup>e</sup> édition, 2015 ISBN :978-2-85557-350-2.

**Chevaux** édition française Yves Verbeek Larousse 2005 ISBN : 2-03-560408-7

**Hématologie** auteur Choquet Sylvain 2002 ISBN : 2-7298-1198-2 langue : français éditeur Ellipses, paris France

# ANNEXES

TABLEAU 1 Effectif croisé Race * Sexe					
		Sexe			Total
		castré	femelle	male	
Race	R1	0	8	6	14
	R2	0	5	4	9
	R3	1	5	4	10
	R4	0	5	5	10
Total		1	23	19	43

TABLEAU 2 : Répartition par sexe					
		Effectifs	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	castré	1	2.3	2.3	2.3
	femelle	23	53.5	53.5	55.8
	male	19	44.2	44.2	100.0
	Total	43	100.0	100.0	

TABLEAU 3 : Répartition des Races					
		Effectifs	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	R1	14	32.6	32.6	32.6
	R2	9	20.9	20.9	53.5
	R3	10	23.3	23.3	76.7
	R4	10	23.3	23.3	100.0
	Total	43	100.0	100.0	

TABLEAU 4 : Statistiques descriptives des paramètres sanguins								
	N	Minimum	Maximum	Somme	Moyenne		Ecart type	Variance
	Statistique	Statistique	Statistique	Statistique	Statistique	Erreur std	Statistique	Statistique
GB 10 <sup>3</sup> /mm <sup>3</sup>	43	2	17	310	7.21	.445	2.916	8.503
GR 10 <sup>6</sup> /mm <sup>3</sup>	43	5	12	333	7.74	.262	1.720	2.957
Hb g/dL	43	9	19	558	12.98	.387	2.540	6.452
HEMATOCRITE %	42	29	59	1684	40.10	1.081	7.005	49.064
VGM μ <sup>3</sup>	42	42	73	2217	52.79	1.013	6.565	43.099
TGMH pg	42	13	24	724	17.24	.347	2.250	5.064
CCMH g/dL	42	30	36	1374	32.71	.194	1.255	1.575
PLAQUETTES 10 <sup>3</sup> /mm <sup>3</sup>	43	34	330	8042	187.02	10.962	71.880	5166.690
Neutrophile/mm <sup>3</sup>	39	149	10777	117854	3021.90	439.856	2746.900	7545460.516
Eosinophiles/mm <sup>3</sup>	39	0	497	5743	147.26	18.277	114.137	13027.354
Basophiles/mm <sup>3</sup>	39	0	1222	4099	105.10	30.656	191.445	36651.042
Lymphocyte/mm <sup>3</sup>	40	288	8165	132571	3314.28	277.048	1752.206	3070226.717
Monocyte/mm <sup>3</sup>	39	0	2400	18986	486.82	87.938	549.173	301591.099
N valide (listwise)	39							
Age	43	2	22	428	9.95	.863	5.657	31.998

**TABLEAU 5 : Résultats statistique de paramètre Variable dépendante : VGM  $\mu^3$**

Variable dépendante : VGM $\mu^3$									
Paramètre	A	Erreur standard	t	Sig.	Intervalle de confiance à 95%		Eta au carré partiel	Non centré. Paramètre	Puissance observée <sup>b</sup>
					Borne inférieure	Limite supérieure			
Constante	69.119	2.993	23.097	.000	63.037	75.200	.940	23.097	1.000
[Race=R1]	-23.547	3.665	-6.425	.000	-30.994	-16.099	.548	6.425	1.000
[Race=R2]	-18.502	4.784	-3.868	.000	-28.224	-8.780	.306	3.868	.964
[Race=R3]	-18.927	4.515	-4.192	.000	-28.101	-9.752	.341	4.192	.983
[Race=R4]	0 <sup>a</sup>								
Age	-.817	.244	-3.342	.002	-1.313	-.320	.247	3.342	.901
[Race=R1] * Age	1.277	.324	3.943	.000	.619	1.936	.314	3.943	.969
[Race=R2] * Age	.907	.424	2.138	.040	.045	1.769	.119	2.138	.547
[Race=R3] * Age	.892	.354	2.521	.017	.173	1.611	.158	2.521	.688
[Race=R4] * Age	0 <sup>a</sup>								

a. Ce paramètre est mis à zéro car il est redondant.

b. Calculé à partir d'alpha = .05

Variable dépendante : VGM  $\mu^3$

Race	Moyenne	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95%	
			Borne inférieure	Limite supérieure
R1	50.191 <sup>a</sup>	1.253	47.644	52.738
R2	51.525 <sup>a</sup>	1.581	48.312	54.737
R3	50.950 <sup>a</sup>	1.499	47.904	53.997
R4	60.934 <sup>a</sup>	1.424	58.040	63.828

a. Les covariables apparaissant dans le modèle sont évaluées pour les valeurs suivantes : Age = 10.02.

Variable dépendante : VGM  $\mu^3$

(I) Race		Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Sig. <sup>b</sup>	Intervalle de confiance de la différence à 95% <sup>b</sup>	
					Borne inférieure	Limite supérieure
R1	R2	-1.334	2.017	.513	-5.433	2.766
	R3	-.759	1.954	.700	-4.731	3.212
	R4	-10.743 <sup>*</sup>	1.897	.000	-14.598	-6.888
R2	R1	1.334	2.017	.513	-2.766	5.433
	R3	.574	2.179	.794	-3.853	5.002
	R4	-9.409 <sup>*</sup>	2.128	.000	-13.733	-5.085
R3	R1	.759	1.954	.700	-3.212	4.731
	R2	-.574	2.179	.794	-5.002	3.853
	R4	-9.983 <sup>*</sup>	2.068	.000	-14.185	-5.781
R4	R1	10.743 <sup>*</sup>	1.897	.000	6.888	14.598
	R2	9.409 <sup>*</sup>	2.128	.000	5.085	13.733
	R3	9.983 <sup>*</sup>	2.068	.000	5.781	14.185

Basée sur les moyennes marginales estimées

\*. La différence des moyennes est significative au niveau .05.

b. Ajustement des comparaisons multiples : Différence la moins significative (équivalent à aucun ajustement).

**TABLEAU 6 : Résultats statistique de paramètre Variable dépendante :  
HEMATOCRITE %**

Estimations de paramètre									
Variable dépendante : HEMATOCRITE %									
Paramètre	A	Erreur standard	t	Sig.	Intervalle de confiance à 95%		Eta au carré partiel	Non centré. Paramètre	Puissance observée <sup>b</sup>
					Borne inférieure	Limite supérieure			
Constante	38.345	2.929	13.091	.000	32.410	44.281	.822	13.091	1.000
Age	-.106	.189	-.562	.577	-.488	.276	.008	.562	.085
[Race=R1]	2.454	2.798	.877	.386	-3.215	8.123	.020	.877	.137
[Race=R2]	8.439	3.162	2.668	.011	2.031	14.846	.161	2.668	.738
[Race=R3]	1.627	2.984	.545	.589	-4.420	7.674	.008	.545	.083
[Race=R4]	0 <sup>a</sup>								

a. Ce paramètre est mis à zéro car il est redondant.

b. Calculé à partir d'alpha = .05

Variable dépendante : HEMATOCRITE %				
Race	Moyenne	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95%	
			Borne inférieure	Limite supérieure
R1	39.695 <sup>a</sup>	1.903	35.828	43.562
R2	45.772 <sup>a</sup>	2.400	40.895	50.650
R3	39.662 <sup>a</sup>	2.276	35.036	44.288
R4	37.062 <sup>a</sup>	2.162	32.668	41.456

a. Les covariables apparaissant dans le modèle sont évaluées pour les valeurs suivantes : Age = 10.02.

Variable dépendante : HEMATOCRITE %

(I) Race		Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Sig. <sup>b</sup>	Intervalle de confiance de la différence à 95% <sup>b</sup>	
					Borne inférieure	Limite supérieure
R1	R2	-6.077	3.063	.055	-12.302	.147
	R3	.033	2.967	.991	-5.996	6.063
	R4	2.633	2.880	.367	-3.220	8.487
R2	R1	6.077	3.063	.055	-.147	12.302
	R3	6.110	3.308	.073	-.612	12.832
	R4	8.711 <sup>*</sup>	3.230	.011	2.146	15.275
R3	R1	-.033	2.967	.991	-6.063	5.996
	R2	-6.110	3.308	.073	-12.832	.612
	R4	2.600	3.139	.413	-3.780	8.980
R4	R1	-2.633	2.880	.367	-8.487	3.220
	R2	-8.711 <sup>*</sup>	3.230	.011	-15.275	-2.146
	R3	-2.600	3.139	.413	-8.980	3.780

Basée sur les moyennes marginales estimées

\*. La différence des moyennes est significative au niveau .05.

b. Ajustement des comparaisons multiples : Différence la moins significative (équivalent à aucun ajustement).

**TABLEAU 7 Résultats statistique de paramètre Variable dépendante : Hb g/dL**

Estimations de paramètre									
Variable dépendante : Hb g/Dl									
Paramètre	A	Erreur standard	t	Sig.	Intervalle de confiance à 95%		Eta au carré partiel	Non centré. Paramètre	Puissance observée <sup>b</sup>
					Borne inférieure	Limite supérieure			
Constante	11.320	1.670	6.778	.000	7.930	14.711	.568	6.778	1.000
[Race=R1]	1.303	2.045	.637	.528	-2.849	5.455	.011	.637	.095
[Race=R2]	3.873	2.587	1.497	.143	-1.378	9.125	.060	1.497	.308
[Race=R3]	3.275	2.520	1.300	.202	-1.840	8.390	.046	1.300	.244
[Race=R4]	0 <sup>a</sup>								
[Race=R1] * Age	.002	.119	.020	.984	-.239	.243	.000	.020	.050
[Race=R2] * Age	-.032	.190	-.170	.866	-.418	.353	.001	.170	.053
[Race=R3] * Age	-.158	.143	-1.105	.277	-.448	.132	.034	1.105	.189
[Race=R4] * Age	.063	.136	.462	.647	-.214	.340	.006	.462	.073

a. Ce paramètre est mis à zéro car il est redondant.

b. Calculé à partir d'alpha = .05

Variable dépendante: Hb g/dL

Race	Moyenne	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95%	
			Borne inférieure	Limite supérieure
R1	12.647 <sup>a</sup>	.697	11.232	14.062
R2	14.872 <sup>a</sup>	.836	13.176	16.569
R3	13.023 <sup>a</sup>	.840	11.318	14.729
R4	11.947 <sup>a</sup>	.796	10.331	13.563

a. Les covariables apparaissant dans le modèle sont évaluées pour les valeurs suivantes : Age = 9.95.

Variable dépendante: Hb g/dL

(I) Race		Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Sig. <sup>b</sup>	Intervalle de confiance de la différence à 95% <sup>b</sup>	
					Borne inférieure	Limite supérieure
R1	R2	-2.225 <sup>*</sup>	1.088	.048	-4.435	-.016
	R3	-.376	1.092	.733	-2.592	1.840
	R4	.700	1.058	.512	-1.447	2.848
R2	R1	2.225 <sup>*</sup>	1.088	.048	.016	4.435
	R3	1.849	1.185	.128	-.557	4.255
	R4	2.926 <sup>*</sup>	1.154	.016	.583	5.269
R3	R1	.376	1.092	.733	-1.840	2.592
	R2	-1.849	1.185	.128	-4.255	.557
	R4	1.076	1.157	.359	-1.273	3.426
R4	R1	-.700	1.058	.512	-2.848	1.447
	R2	-2.926 <sup>*</sup>	1.154	.016	-5.269	-.583
	R3	-1.076	1.157	.359	-3.426	1.273

Basée sur les moyennes marginales estimées

\*. La différence des moyennes est significative au niveau .05.

b. Ajustement des comparaisons multiples : Différence la moins significative (équivalent à aucun ajustement).

**Tableau 8 Résultats statistique de paramètre Variable dépendante : TGMH pg**  
Estimations de paramètre

Paramètre	A	Erreur standard	t	Sig.	Intervalle de confiance à 95%		Eta au carré partiel	Non centré. Paramètre	Puissance observée <sup>b</sup>
					Borne inférieure	Limite supérieure			
Constante	22.417	1.155	19.416	.000	20.071	24.764	.917	19.416	1.000
[Race=R1]	-7.721	1.414	-5.461	.000	-10.594	-4.847	.467	5.461	1.000
[Race=R2]	-5.071	1.846	-2.748	.010	-8.822	-1.321	.182	2.748	.761
[Race=R3]	-6.015	1.742	-3.453	.002	-9.554	-2.475	.260	3.453	.918
[Race=R4]	0 <sup>a</sup>								
Age	-.279	.094	-2.964	.006	-.471	-.088	.205	2.964	.821
[Race=R1] * Age	.464	.125	3.714	.001	.210	.718	.289	3.714	.950
[Race=R2] * Age	.257	.164	1.568	.126	-.076	.589	.067	1.568	.332
[Race=R3] * Age	.296	.137	2.167	.037	.018	.573	.121	2.167	.558
[Race=R4] * Age	0 <sup>a</sup>								

a. Ce paramètre est mis à zéro car il est redondant.

b. Calculé à partir d'alpha = .05

**Estimations**

Variable dépendante: TGMH pg

Race	Moyenne	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95%	
			Borne inférieure	Limite supérieure
R1	16.549 <sup>a</sup>	.484	15.566	17.531
R2	17.119 <sup>a</sup>	.610	15.879	18.358
R3	16.567 <sup>a</sup>	.578	15.392	17.743
R4	19.617 <sup>a</sup>	.549	18.500	20.733

a. Les covariables apparaissant dans le modèle sont évaluées

pour les valeurs suivantes : Age = 10.02.

Variable dépendante: TGMH pg

(I) Race	Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Sig. <sup>b</sup>	Intervalle de confiance de la différence à 95% <sup>b</sup>	
				Borne inférieure	Limite supérieure
R1	R2	-.570	.778	.469	-2.152 1.011
	R3	-.019	.754	.980	-1.551 1.513
	R4	-3.068*	.732	.000	-4.556 -1.581
R2	R1	.570	.778	.469	-1.011 2.152
	R3	.551	.841	.516	-1.157 2.259
	R4	-2.498*	.821	.004	-4.166 -.830
R3	R1	.019	.754	.980	-1.513 1.551
	R2	-.551	.841	.516	-2.259 1.157
	R4	-3.049*	.798	.001	-4.671 -1.428
R4	R1	3.068*	.732	.000	1.581 4.556
	R2	2.498*	.821	.004	.830 4.166
	R3	3.049*	.798	.001	1.428 4.671

Basée sur les moyennes marginales estimées

\*. La différence des moyennes est significative au niveau .05.

b. Ajustement des comparaisons multiples : Différence la moins significative (équivalent à aucun ajustement).

**Tableau 9 Résultats de statistique de paramètre**  
**Variable dépendante : CCMH g/dL**

Paramètre	A	Erreur standard	t	Sig.	Intervalle de confiance à 95%		Eta au carré partiel	Non centré. Paramètre	Puissance observée <sup>b</sup>
					Borne inférieure	Limite supérieure			
Constante	32.507	.865	37.586	.000	30.750	34.265	.976	37.586	1.000
[Race=R1]	.473	1.059	.447	.658	-1.679	2.626	.006	.447	.072
[Race=R2]	1.899	1.383	1.374	.179	-.911	4.709	.053	1.374	.266
[Race=R3]	.624	1.305	.479	.635	-2.027	3.276	.007	.479	.075
[Race=R4]	0 <sup>a</sup>								
Age	-.019	.071	-.272	.788	-.163	.124	.002	.272	.058
[Race=R1] * Age	.013	.094	.137	.892	-.177	.203	.001	.137	.052
[Race=R2] * Age	-.112	.123	-.915	.367	-.361	.137	.024	.915	.144
[Race=R3] * Age	-.033	.102	-.327	.746	-.241	.174	.003	.327	.062
[Race=R4] * Age	0 <sup>a</sup>								

a. Ce paramètre est mis à zéro car il est redondant.

b. Calculé à partir d'alpha = .05

**Estimations**

Variable dépendante: CCMH g/dL

Race	Moyenne	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95%	
			Borne inférieure	Limite supérieure
R1	32.917 <sup>a</sup>	.362	32.181	33.653
R2	33.089 <sup>a</sup>	.457	32.161	34.017
R3	32.604 <sup>a</sup>	.433	31.723	33.485
R4	32.315 <sup>a</sup>	.412	31.479	33.151

a. Les covariables apparaissant dans le modèle sont évaluées pour les valeurs suivantes : Age = 10.02.

**Comparaisons par paire**

Variable dépendante: CCMH g/dL

(I) Race		Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Sig. <sup>a</sup>	Intervalle de confiance de la différence à 95% <sup>a</sup>	
					Borne inférieure	Limite supérieure
R1	R2	-.172	.583	.770	-1.357	1.013
	R3	.313	.565	.583	-.835	1.461
	R4	.602	.548	.280	-.512	1.716
R2	R1	.172	.583	.770	-1.013	1.357
	R3	.485	.630	.446	-.795	1.765
	R4	.774	.615	.217	-.475	2.024
R3	R1	-.313	.565	.583	-1.461	.835
	R2	-.485	.630	.446	-1.765	.795
	R4	.289	.598	.632	-.925	1.504
R4	R1	-.602	.548	.280	-1.716	.512
	R2	-.774	.615	.217	-2.024	.475
	R3	-.289	.598	.632	-1.504	.925

Basée sur les moyennes marginales estimées

a. Ajustement des comparaisons multiples : Différence la moins significative (équivalent à aucun ajustement).

**Tableau 10 : résultats de statistique de Variable dépendante : PLAQUETTES 10<sup>3</sup>/mm<sup>3</sup>**  
Estimations de paramètre

Paramètre	A	Erreur standard	t	Sig.	Intervalle de confiance à 95%		Eta au carré partiel	Non centré. Paramètre	Puissance observée <sup>b</sup>
					Borne inférieure	Limite supérieure			
Constante	199.216	41.530	4.797	.000	114.906	283.526	.397	4.797	.997
[Race=R1]	36.824	50.857	.724	.474	-66.421	140.069	.015	.724	.108
[Race=R2]	8.581	64.324	.133	.895	-122.003	139.165	.001	.133	.052
[Race=R3]	131.555	62.652	2.100	.043	4.366	258.745	.112	2.100	.533
[Race=R4]	0 <sup>a</sup>								
Age	-1.409	3.391	-.415	.680	-8.293	5.475	.005	.415	.069
[Race=R1]	-7.570	4.495	-1.684	.101	-16.696	1.556	.075	1.684	.374
* Age									
[Race=R2]	-.487	5.811	-.084	.934	-12.285	11.310	.000	.084	.051
* Age									
[Race=R3]	-7.647	4.911	-1.557	.128	-17.616	2.322	.065	1.557	.328
* Age									
[Race=R4]	0 <sup>a</sup>								
* Age									

a. Ce paramètre est mis à zéro car il est redondant.

b. Calculé à partir d'alpha = .05

**Estimations**

Variable dépendante: PLAQUETTES 10<sup>3</sup>/mm<sup>3</sup>

Race	Moyenne	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95%	
			Borne inférieure	Limite supérieure
R1	146.670 <sup>a</sup>	17.330	111.488	181.852
R2	188.924 <sup>a</sup>	20.784	146.730	231.117
R3	240.633 <sup>a</sup>	20.891	198.223	283.043
R4	185.193 <sup>a</sup>	19.794	145.008	225.377

a. Les covariables apparaissant dans le modèle sont évaluées pour les valeurs suivantes : Age = 9.95.

**Comparaisons par paire**

Variable dépendante: PLAQUETTES 10<sup>3</sup>/mm<sup>3</sup>

(I) Race		Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Sig. <sup>b</sup>	Intervalle de confiance de la différence à 95% <sup>b</sup>	
					Borne inférieure	Limite supérieure
R1	R2	-42.254	27.061	.127	-97.191	12.683
	R3	-93.963*	27.143	.001	-149.067	-38.860
	R4	-38.523	26.309	.152	-91.932	14.887
R2	R1	42.254	27.061	.127	-12.683	97.191
	R3	-51.709	29.468	.088	-111.533	8.115
	R4	3.731	28.702	.897	-54.536	61.998
R3	R1	93.963*	27.143	.001	38.860	149.067
	R2	51.709	29.468	.088	-8.115	111.533
	R4	55.440	28.779	.062	-2.984	113.865
R4	R1	38.523	26.309	.152	-14.887	91.932
	R2	-3.731	28.702	.897	-61.998	54.536
	R3	-55.440	28.779	.062	-113.865	2.984

Basée sur les moyennes marginales estimées

\*. La différence des moyennes est significative au niveau .05.

b. Ajustement des comparaisons multiples : Différence la moins significative (équivalent à aucun ajustement).

**Tableau 11 : Variable dépendante : Neutrophile/mm3**

Estimations de paramètre

Paramètre	A	Erreur standard	t	Sig.	Intervalle de confiance à 95%		Eta au carré partiel	Non centré. Paramètre	Puissance observée <sup>b</sup>
					Borne inférieure	Limite supérieure			
Constante	5185.838	1563.417	3.317	.002	1997.229	8374.448	.262	3.317	.895
[Race=R1]	-3751.745	1934.302	-1.940	.062	-7696.781	193.290	.108	1.940	.468
[Race=R2]	-5386.403	2729.898	-1.973	.057	-10954.065	181.260	.112	1.973	.481
[Race=R3]	-6993.509	2358.570	-2.965	.006	-11803.845	-2183.173	.221	2.965	.819
[Race=R4]	0 <sup>a</sup>								
Age	-18.068	127.652	-.142	.888	-278.417	242.281	.001	.142	.052
[Race=R1] *	229.653	169.408	1.356	.185	-115.857	575.164	.056	1.356	.260
Age									
[Race=R2] *	199.780	234.954	.850	.402	-279.413	678.973	.023	.850	.131
Age									
[Race=R3] *	318.124	184.870	1.721	.095	-58.921	695.169	.087	1.721	.385
Age									
[Race=R4] *	0 <sup>a</sup>								
Age									

a. Ce paramètre est mis à zéro car il est redondant.

b. Calculé à partir d'alpha = .05

Estimations

Race	Moyenne	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95%	
			Borne inférieure	Limite supérieure
R1	3604.192 <sup>a</sup>	709.182	2157.805	#####
R2	1663.145 <sup>a</sup>	881.892	-135.486	#####
R3	1269.826 <sup>a</sup>	773.284	-307.298	#####
R4	5000.522 <sup>a</sup>	740.555	3490.151	#####

a. Les covariables apparaissant dans le modèle sont évaluées pour les valeurs suivantes : Age = 10.26.

Comparaisons par paire

(I) Race		Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Sig. <sup>b</sup>	Intervalle de confiance de la différence à 95% <sup>b</sup>	
					Borne inférieure	Limite supérieure
R1	R2	1941.048	1131.668	.096	-367.005	4249.100
	R3	2334.367 <sup>*</sup>	1049.242	.034	194.424	4474.310
	R4	-1396.329	1025.359	.183	-3487.563	694.904
R2	R1	-1941.048	1131.668	.096	-4249.100	367.005
	R3	393.319	1172.903	.740	-1998.833	2785.471
	R4	-3337.377 <sup>*</sup>	1151.588	.007	-5686.056	-988.698
R3	R1	-2334.367 <sup>*</sup>	1049.242	.034	-4474.310	-194.424
	R2	-393.319	1172.903	.740	-2785.471	1998.833
	R4	-3730.696 <sup>*</sup>	1070.696	.001	-5914.395	-1546.997
R4	R1	1396.329	1025.359	.183	-694.904	3487.563
	R2	3337.377 <sup>*</sup>	1151.588	.007	988.698	5686.056
	R3	3730.696 <sup>*</sup>	1070.696	.001	1546.997	5914.395

Basée sur les moyennes marginales estimées

\*. La différence des moyennes est significative au niveau .05.

b. Ajustement des comparaisons multiples : Différence la moins significative (équivalent à aucun ajustement).

**Tableau 12 Variable dépendante : Eosinophiles/mm3**  
Estimations de paramètre

Paramètre	A	Erreur standard	t	Sig.	Intervalle de confiance à 95%		Eta au carré partiel	Non centré. Paramètre	Puissance observée <sup>b</sup>
					Borne inférieure	Limite supérieure			
Constante	258.245	79.240	3.259	.003	96.634	419.855	.255	3.259	.884
[Race=R1]	-143.409	98.037	-1.463	.154	-343.358	56.539	.065	1.463	.294
[Race=R2]	-133.851	138.361	-.967	.341	-416.040	148.338	.029	.967	.155
[Race=R3]	-175.163	119.541	-1.465	.153	-418.968	68.642	.065	1.465	.295
[Race=R4]	0 <sup>a</sup>								
Age	-4.819	6.470	-.745	.462	-18.014	8.376	.018	.745	.112
[Race=R1] *	7.425	8.586	.865	.394	-10.087	24.936	.024	.865	.134
Age	5.192	11.908	.436	.666	-19.095	29.479	.006	.436	.071
[Race=R2] *	7.454	9.370	.796	.432	-11.656	26.564	.020	.796	.120
Age	0 <sup>a</sup>								
[Race=R3] *									
Age									
[Race=R4] *									
Age									

a. Ce paramètre est mis à zéro car il est redondant.

b. Calculé à partir d'alpha = .05

**Estimations**

Variable dépendante: Eosinophiles/mm3

Race	Moyenne	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95%	
			Borne inférieure	Limite supérieure
R1	141.562 <sup>a</sup>	35.944	68.254	214.870
R2	128.221 <sup>a</sup>	44.697	37.060	219.382
R3	110.106 <sup>a</sup>	39.193	30.172	190.040
R4	208.820 <sup>a</sup>	37.534	132.269	285.371

a. Les covariables apparaissant dans le modèle sont évaluées pour les valeurs suivantes : Age = 10.26.

**Comparaisons par paire**

Variable dépendante: Eosinophiles/mm3

(I) Race		Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Sig. <sup>a</sup>	Intervalle de confiance de la différence à 95% <sup>a</sup>	
					Borne inférieure	Limite supérieure
R1	R2	13.340	57.357	.818	-103.640	130.321
	R3	31.456	53.179	.558	-77.004	139.916
	R4	-67.258	51.969	.205	-173.249	38.733
R2	R1	-13.340	57.357	.818	-130.321	103.640
	R3	18.116	59.447	.763	-103.127	139.358
	R4	-80.598	58.367	.177	-199.638	38.441
R3	R1	-31.456	53.179	.558	-139.916	77.004
	R2	-18.116	59.447	.763	-139.358	103.127
	R4	-98.714	54.267	.079	-209.391	11.964
R4	R1	67.258	51.969	.205	-38.733	173.249
	R2	80.598	58.367	.177	-38.441	199.638
	R3	98.714	54.267	.079	-11.964	209.391

Basée sur les moyennes marginales estimées

a. Ajustement des comparaisons multiples : Différence la moins significative (équivalent à aucun ajustement).

**Tableau 13 Variable dépendante : Monocyte/mm3**

**Estimations de paramètre**

Paramètre	A	Erreur standard	t	Sig.	Intervalle de confiance à 95%		Eta au carré partiel	Non centré. Paramètre	Puissance observée <sup>b</sup>
					Borne inférieure	Limite supérieure			
Constante	520.921	391.872	1.329	.193	-278.308	1320.150	.054	1.329	.251
[Race=R1]	160.868	484.835	.332	.742	-827.960	1149.697	.004	.332	.062
[Race=R2]	506.186	684.252	.740	.465	-889.355	1901.728	.017	.740	.111
[Race=R3]	96.727	591.179	.164	.871	-1108.991	1302.444	.001	.164	.053
[Race=R4]	0 <sup>a</sup>								
Age	-12.956	31.996	-.405	.688	-78.212	52.301	.005	.405	.068
[Race=R1]	-13.887	42.462	-.327	.746	-100.490	72.715	.003	.327	.062
* Age									
[Race=R2]	-30.397	58.892	-.516	.609	-150.507	89.713	.009	.516	.079
* Age									
[Race=R3]	8.377	46.338	.181	.858	-86.130	102.883	.001	.181	.054
* Age									
[Race=R4]	0 <sup>a</sup>								
* Age									

a. Ce paramètre est mis à zéro car il est redondant.

b. Calculé à partir d'alpha = .05

**Estimations**

Variable dépendante: Monocyte/mm3

Race	Moyenne	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95%	
			Borne inférieure	Limite supérieure
R1	406.475 <sup>a</sup>	177.758	43.936	769.014
R2	582.464 <sup>a</sup>	221.047	131.635	1033.293
R3	570.684 <sup>a</sup>	193.825	175.376	965.992
R4	388.043 <sup>a</sup>	185.621	9.466	766.619

a. Les covariables apparaissant dans le modèle sont évaluées pour les valeurs suivantes : Age = 10.26.

**Comparaisons par paire**

Variable dépendante: Monocyte/mm3

(I) Race		Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Sig. <sup>a</sup>	Intervalle de confiance de la différence à 95% <sup>a</sup>	
					Borne inférieure	Limite supérieure
R1	R2	-175.989	283.654	.540	-754.505	402.528
	R3	-164.209	262.994	.537	-700.588	372.171
	R4	18.432	257.008	.943	-505.738	542.603
R2	R1	175.989	283.654	.540	-402.528	754.505
	R3	11.780	293.990	.968	-587.816	611.376
	R4	194.421	288.647	.506	-394.278	783.121
R3	R1	164.209	262.994	.537	-372.171	700.588
	R2	-11.780	293.990	.968	-611.376	587.816
	R4	182.641	268.371	.501	-364.706	729.988
R4	R1	-18.432	257.008	.943	-542.603	505.738
	R2	-194.421	288.647	.506	-783.121	394.278
	R3	-182.641	268.371	.501	-729.988	364.706

Basée sur les moyennes marginales estimées

a. Ajustement des comparaisons multiples : Différence la moins significative (équivalent à aucun ajustement).

Tableau 14 : estimation de résultat

Variable dépendante: GB 10<sup>3</sup>/mm<sup>3</sup>

Paramètre	A	Erreur standard	t	Sig.	Intervalle de confiance à 95%		Eta au carré partiel	Non centré. Paramètre	Puissance observée <sup>b</sup>
					Borne inférieure	Limite supérieure			
Constante	11.583	1.883	6.151	.000	7.756	15.410	.527	6.151	1.000
[Race=R1]	-4.877	2.306	-2.115	.042	-9.564	-.190	.116	2.115	.538
[Race=R2]	-4.705	2.917	-1.613	.116	-10.633	1.222	.071	1.613	.348
[Race=R3]	-6.322	2.948	-2.145	.039	-12.313	-.331	.119	2.145	.549
[Race=R4]	0 <sup>a</sup>								
Age	-.221	.154	-1.435	.160	-.533	.092	.057	1.435	.286
[Race=R1]	.300	.204	1.471	.150	-.114	.714	.060	1.471	.298
* Age									
[Race=R2]	.128	.264	.485	.631	-.408	.663	.007	.485	.076
* Age									
[Race=R3]	.298	.226	1.316	.197	-.162	.758	.048	1.316	.249
* Age									
[Race=R4]	0 <sup>a</sup>								
* Age									

a. Ce paramètre est mis à zéro car il est redondant.

b. Calculé à partir d'alpha = .05

**Statistiques descriptives**

Variable dépendante: GB 10<sup>3</sup>/mm<sup>3</sup>

Race	Moyenne	Ecart-type	N
R1	7.36	2.818	14
R2	6.00	2.000	9
R3	6.22	1.563	9
R4	9.20	3.882	10
Total	7.26	2.931	42

**Comparaisons par paire**

Variable dépendante: GB 10<sup>3</sup>/mm<sup>3</sup>

(I) Race		Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Sig. <sup>b</sup>	Intervalle de confiance de la différence à 95% <sup>b</sup>	
					Borne inférieure	Limite supérieure
R1	R2	1.550	1.229	.216	-.948	4.048
	R3	1.465	1.289	.264	-1.154	4.085
	R4	-1.878	1.193	.125	-4.303	.548
R2	R1	-1.550	1.229	.216	-4.048	.948
	R3	-.085	1.390	.952	-2.909	2.739
	R4	<b>-3.428<sup>*</sup></b>	<b>1.302</b>	<b>.013</b>	<b>-6.073</b>	<b>-.783</b>
R3	R1	-1.465	1.289	.264	-4.085	1.154
	R2	.085	1.390	.952	-2.739	2.909
	R4	<b>-3.343<sup>*</sup></b>	<b>1.358</b>	<b>.019</b>	<b>-6.103</b>	<b>-.583</b>
R4	R1	1.878	1.193	.125	-.548	4.303
	R2	<b>3.428<sup>*</sup></b>	<b>1.302</b>	<b>.013</b>	<b>.783</b>	<b>6.073</b>
	R3	<b>3.343<sup>*</sup></b>	<b>1.358</b>	<b>.019</b>	<b>.583</b>	<b>6.103</b>

Basée sur les moyennes marginales estimées

\*. La différence des moyennes est significative au niveau .05.

b. Ajustement des comparaisons multiples : Différence la moins significative (équivalent à aucun ajustement).

Tableau 15 : estimation des résultat de Variable dépendante : **Basophiles/mm3**

Paramètre	A	Erreur standard	t	Sig.	Intervalle de confiance à 95%		Eta au carré partiel	Non centré. Paramètre	Puissance observée <sup>b</sup>
					Borne inférieure	Limite supérieure			
Constante	110,910	120,188	,923	,363	-134,215	356,035	,027	,923	,145
[Race=R1]	-68,684	148,700	-,462	,647	-371,959	234,592	,007	,462	,073
[Race=R2]	546,844	209,861	2,606	,014	118,829	974,858	,180	2,606	,714
[Race=R3]	-45,965	181,315	-,254	,802	-415,761	323,830	,002	,254	,057
[Race=R4]	0 <sup>a</sup>								
Age	-1,927	9,813	-,196	,846	-21,941	18,087	,001	,196	,054
[Race=R1] * Age	4,930	13,023	,379	,708	-21,631	31,491	,005	,379	,066
[Race=R2] * Age	-37,502	18,062	-2,076	,046	-74,340	-,664	,122	2,076	,521
[Race=R3] * Age	2,081	14,212	,146	,885	-26,904	31,067	,001	,146	,052
[Race=R4] * Age	0 <sup>a</sup>								

a. Ce paramètre est mis à zéro car il est redondant.  
b. Calculé à partir d'alpha = .05

Race	Moyenne	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95%	
			Borne inférieure	Limite supérieure
R1	73.025 <sup>a</sup>	54,518	-38,166	184,216
R2	253.359 <sup>a</sup>	67,796	115,090	391,629
R3	66.530 <sup>a</sup>	59,446	-54,711	187,772
R4	91.147 <sup>a</sup>	56,930	-24,963	207,257

a. Les covariables apparaissant dans le modèle sont évaluées pour les valeurs suivantes : Age = 10.26.

(I) Race		Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Sig. <sup>b</sup>	Intervalle de confiance de la différence à 95% <sup>b</sup>	
					Borne inférieure	Limite supérieure
R1	R2	-180.335 <sup>*</sup>	86,997	,047	-357,766	-2,903
	R3	6,495	80,661	,936	-158,014	171,003
	R4	-18,122	78,825	,820	-178,886	142,641
R2	R1	180.335 <sup>*</sup>	86,997	,047	2,903	357,766
	R3	186.829 <sup>*</sup>	90,167	,047	2,932	370,726
	R4	162,212	88,528	,077	-18,343	342,767
R3	R1	-6,495	80,661	,936	-171,003	158,014
	R2	-186.829 <sup>*</sup>	90,167	,047	-370,726	-2,932
	R4	-24,617	82,310	,767	-192,489	143,255
R4	R1	18,122	78,825	,820	-142,641	178,886
	R2	-162,212	88,528	,077	-342,767	18,343
	R3	24,617	82,310	,767	-143,255	192,489

Basée sur les moyennes marginales estimées

\*. La différence des moyennes est significative au niveau .05.

b. Ajustement des comparaisons multiples : Différence la moins significative (équivalent à aucun ajustement).

Tableau 16 : estimation de résultat de Variable dépendante : Lymphocyte/mm3

Paramètre	A	Erreur standard	t	Sig.	Intervalle de confiance à 95%		Eta au carré partiel	Non centré. Paramètre	Puissance observée <sup>b</sup>
					Borne inférieure	Limite supérieure			
Constante	5021,018	1079,034	4,653	,000	2823,097	7218,939	,404	4,653	,995
[Race=R1]	-1545,884	1335,011	-1,158	,255	-4265,212	1173,445	,040	1,158	,202
[Race=R2]	514,190	1792,843	,287	,776	-3137,711	4166,092	,003	,287	,059
[Race=R3]	1165,708	1627,831	,716	,479	-2150,075	4481,492	,016	,716	,107
[Race=R4]	0 <sup>a</sup>								
Age	-155,798	88,103	-1,768	,087	-335,257	23,662	,089	1,768	,403
[Race=R1] * Age	65,590	116,922	,561	,579	-172,572	303,751	,010	,561	,085
[Race=R2] * Age	-21,235	158,193	-,134	,894	-343,464	300,993	,001	,134	,052
[Race=R3] * Age	-57,288	127,593	-,449	,656	-317,186	202,611	,006	,449	,072
[Race=R4] * Age	0 <sup>a</sup>								

a. Ce paramètre est mis à zéro car il est redondant.

b. Calculé à partir d'alpha = .05

Race	Moyenne	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95%	
			Borne inférieure	Limite supérieure
R1	2557.266 <sup>a</sup>	487,526	1564,208	3550,323
R2	3733.894 <sup>a</sup>	569,393	2574,079	4893,709
R3	4018.581 <sup>a</sup>	536,016	2926,752	5110,411
R4	3435.774 <sup>a</sup>	511,836	2393,199	4478,349

a. Les covariables apparaissant dans le modèle sont évaluées pour les valeurs suivantes : Age = 10.18.

(I) Race		Différence des moyennes (I-J)	Erreur standard	Sig. <sup>a</sup>	Intervalle de confiance de la différence à 95% <sup>a</sup>	
					Borne inférieure	Limite supérieure
R1	R2	-1176,628	749,593	,126	-2703,499	350,243
	R3	-1461,315	724,565	,052	-2937,206	14,576
	R4	-878,508	706,864	,223	-2318,343	561,328
R2	R1	1176,628	749,593	,126	-350,243	2703,499
	R3	-284,687	781,999	,718	-1877,566	1308,192
	R4	298,120	765,627	,700	-1261,410	1857,651
R3	R1	1461,315	724,565	,052	-14,576	2937,206
	R2	284,687	781,999	,718	-1308,192	1877,566
	R4	582,807	741,141	,437	-926,846	2092,461
R4	R1	878,508	706,864	,223	-561,328	2318,343
	R2	-298,120	765,627	,700	-1857,651	1261,410
	R3	-582,807	741,141	,437	-2092,461	926,846

Basée sur les moyennes marginales estimées

a. Ajustement des comparaisons multiples : Différence la moins significative (équivalent à aucun ajustement).