



**Projet de fin d'étude**

En vue de l'obtention du

**Diplôme de Docteur Vétérinaire**

**Évaluation des Plaques d'ostéosynthèse en alliage de titane  
(Application sur des rats wistar)**

**Présenté par :** - MANSOURI Oussama

Date de soutenance : 29/09/2018

- NAOUS Sidahmed

**Devant le jury composé de :**

- Président : MILLA Amel	Professeur	-ENSV-
- Promoteur : AINOUZ Lynda	Maitre Assistant Classe A	-ENSV-
- Co-promoteur : BENMOUHAND Chabha	Maitre Assistant Classe A	-ENSV-
- Examineur 1 : ZAOUANI Mohammed	Maitre de conférence Classe B	-ENSV-
- Examineur 2 : ATHMANI Djamila	Chercheur CDTA BABA HASSEN	
- Invité: ZENAD Wahiba	Maitre Assistant Classe A	-ENSV-

Année universitaire : 2017/2018



# Remerciements

Avant toute chose, nous remercions Dieu, Le Tout Puissant, pour nous avoir donné la force et la patience qui nous ont permis d'arriver jusque-là.

Nous remercions du fond du cœur **nos parents, nos familles, nos amis** et tous **nos proches** pour leur soutien et amour inconditionnels en toutes circonstances.

Arrivées au terme de ce modeste travail, nous tenons à remercier pour son aide et ses conseils, notre promotrice Madame **AINOUZ .L** qui nous a consacré de son temps et nous a encouragées à beaucoup travailler et à faire de notre mieux.

Nos vifs remerciements vont également au **Pr MILLA .A** pour son aide et ses conseils et pour nous avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury, ainsi qu'aux **Dr BENMOUHAND .C** et **Dr ZENAD .W** et **Dr ZAOUANI .M** et Madame **ATHMANI .D** pour leur aide et pour avoir accepté d'évaluer notre travail et pour le temps qu'ils y ont consacré.

Nous tenons également à remercier l'ensemble de nos enseignants et le personnel administratif de l'école qui ont contribué de manière directe ou indirecte à notre formation, et l'ensemble des vétérinaires privés et toutes personnes ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

# Abréviations

AO: Ostéosynthèse anatomique

PLA : Polylactides

PGA : Polyglycolides

PHB : Polyhydroxybutyrates

PHV : Polyhydroxyvalerates

Fe : Fer

Cr : Chrome

Ni : Nickel

Mo : Molybdenum

C : Carbon

Co : Cobalt

Ti : Titane

cpTi : Titane commercialement pur

TiMo : Titane Molybdène

PEEK: Poly-ether-ether-ketone

Rf : Rutherfordium

Zr : Zirconium

Hf : Hafnium

IRM : Imagerie par résonance magnétique

MPa : Megapascalle

EDTA : Éthylènediaminetétraacétique

# Unité

- % : pourcentage.
- < : Inferieur.
- > : Supérieur.
- $\mu$  mol/l : micro moles par litre.
- g : gramme.
- h : heure.
- j : jour.
- KDa : kilo-Dalton.
- Kg : kilogramme.
- l : litre.
- mEq : milliéquivalent.
- mg : milligramme.
- ml : millilitre.
- UI : Unité international.
- VU : Valeurs Usuelles.

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Des fractures selon aspect de trait .....	4
<b>Figure 2</b> : -Translation-Chevauchement .....	4
<b>Figure 3</b> : Fractures déplacées .....	5
<b>Figure 4</b> : Classification de Salter et Harris .....	6
<b>Figure 5</b> : Animaux utilisés en recherche dans le monde en 2004.....	17
<b>Figure 6</b> : Animaux d'expérimentation (Rats Wistar) .....	27
<b>Figure 7</b> : technique de prélèvements sanguins (sinus rétro-orbital) .....	31
<b>Figure 8</b> : déroulement de la chirurgie .....	33
<b>Figure 9</b> : valeur moyenne de consommation d'eau par tous les lots .....	37
<b>Figure 10</b> : valeur moyenne de consommation alimentaire par tous les lots .....	39

## Liste des tableaux

<i>Tableau 1</i> : la relation entre le voltage de formation et la couleur des films anodiques .....	26
<i>Tableau (2)</i> : tableau récapitulatifs de la répartition des lots durant l'expérimentation .....	28
<i>Tableau (3)</i> : types de plaques et traitement appliquées .....	29
<i>Tableau (4)</i> : type de plaque implanté et le rat correspondant a chaque plaque .....	33
<i>Tableau 5</i> : déroulement des sacrifices durent l'expérimentation .....	34
<i>Tableau 6</i> : valeurs des poids corporelles (gramme) .....	35
<i>Tableau 7</i> : valeur de température corporelle (C°) .....	36
<i>Tableau 8</i> : valeurs moyennes par jour de la consommation d'eau (ml) .....	37
<i>Tableau 9</i> : valeurs moyennes par jour de la consommation alimentaire (gr) .....	38
<i>Tableau 10</i> : suivi de l'état des rats expérimentaux après l'implantation .....	40

# Sommaire

## INTRODUCTION GENERALE

Introduction .....	1
--------------------	---

## BIBLIOGRAPHIE

### Chapitre1 : les fractures

1. Définition .....	3
2. Mécanismes .....	3
3. types de fractures .....	3
3.1. Fractures complète de l'adulte .....	3
3.2. Fractures incomplètes des jeunes .....	5
4. Clinique .....	6
4.1. Interrogatoire .....	6
4.2. Examen physique .....	6
4.3. Examens radiologiques .....	7
4.4. Conclusion radio-clinique .....	7
5. Anomalies de consolidation .....	7

6. Traitement chirurgical .....	7
7. Complications .....	8
7.1. Complications immédiats .....	8
7.2. Complications secondaires .....	8
7.3. Complications générales .....	8
7.4. Complications liées au terrain .....	9
Chapitre2 : Ostéosynthèse	
1. L'ostéosynthèse anatomique .....	9
2. L'ostéosynthèse biologique .....	9
3. Matériaux utilisés pour l'ostéosynthèse .....	10
3.1. Matériaux résorbables .....	10
3.2. Matériaux non résorbables .....	11
3.2.1. Acier inoxydable .....	11
3.2.1.1. Implants en acier inoxydable (alliages à base de Fer) .....	12
3.2.1.2. Acier inoxydable à faible teneur en nickel (Ni) .....	12
3.2.2. Alliages à base de cobalt (alliages Co-Cr-Mo) .....	12
3.2.3. Titane .....	13
3.2.3.1. Titane pur .....	13
3.2.3.2. Alliages de titane .....	13
3.2.3.3. Titane Molybdène – TiMo (TiMo15) .....	14

3.2.4. Alliages à mémoire de forme (TiNi) .....	14
3.2.5. Polymères .....	14
3.2.5.1. Polymères non résorbables .....	14
3.2.5.2. PEEK renforcé .....	15
3.3. Complications liées aux matériaux utilisés .....	15

## MATERIEL ET METHODES

I. Matériel biologique .....	17
1. Le choix de l'animal .....	17
2. Rat wistar ou de laboratoire (rattus Norvégicus) .....	18
2.1. Origine et développement .....	18
2.2. Caractéristiques .....	19
2.2.1. Particularités du développement .....	19
2.2.2. Morphophysiologie .....	19
2.2.3. Comportement .....	20
2.3. Installations et entretien .....	20
2.3.1. Hébergement .....	20
2.3.1.1. Cages .....	20
2.3.2. Environnement .....	22
2.3.2.1. Litière/Ammoniaque .....	22

2.3.2.2. Température et humidité .....	22
2.3.2.3. Changements d'air.....	22
2.3.2.4. Éclairage et bruit.....	22
2.4. Nutrition .....	23
2.4.1. Aliments et approvisionnement en eau .....	23
II. Matériel non biologique : le titane .....	23
1. Histoire .....	23
2. propriétés physiques .....	24
2.1. : propriétés physiques .....	24
2.2. Propriétés cristallographiques .....	24
2.3. Anodisation du titane .....	24
3. Prix des plaques .....	26
III . Protocole expérimentale .....	26
1. Animaux d'expérimentation .....	26
2. Déroulement de l'expérimentation .....	27
2.1. Répartition des lots .....	27
2.2. Installation et entretien des animaux .....	28
2.2.1. Litière .....	28
2.2.2. Aliments et approvisionnement en eau .....	28
2.3. Plaques implanté .....	28

3. matériel chirurgicale .....	29
3.1. Anesthésie .....	29
3.2. Instruments de chirurgie .....	29
3.3. Moyens de désinfection et préparation .....	30
Iv. Techniques .....	30
1. prélèvements sanguins (sinus rétro-orbital) .....	30
2. Technique opératoire .....	31
2.1. Préparation de la chirurgie .....	31
2.2. Préparation de l'opéré .....	31
2.2.1. Contention de base .....	31
2.2.2. Anesthésie par injection intra péritonéale .....	32
2.2.3. Nettoyage et désinfection .....	32
2.3. Déroulement de la chirurgie .....	32
2.4. Surveillance Postopératoires .....	33
3. Méthode de sacrifice .....	33

## RESULTATS ET DISCUSSION

1. Evolution pondéral .....	35
2. température corporelle .....	36
2.1 Consommation Hydrique .....	37
2.1.1. Avant l'intervention chirurgicale .....	38

2.1.2 Après l'intervention chirurgicale .....	38
2.2. Consommation alimentaire .....	38
2.1.1. Avant l'intervention chirurgicale .....	39
2.1.2 Après l'intervention chirurgicale .....	39
3. Suivi macroscopique .....	40

## CONCLUSION ET PERSPECTIVE

Conclusion .....	42
------------------	----

# INTRODUCTION

# INTRODUCTION

**L**es os sont les organes durs et solides qui constituent notre squelette. Le cartilage est un tissu conjonctif qu'on retrouve chez l'adulte au niveau des surfaces osseuses notamment au niveau des articulations.

La fracture est une rupture de la continuité ou cassure d'un os mais aussi d'un cartilage dur.

Une fracture peut être fermée ou ouverte avec plaie, complète ou incomplète, avec ou sans déplacement des fragments. Les cassures d'un os en plusieurs morceaux sont qualifiées de fractures comminutives

On distingue plusieurs sortes de fractures alors que leur traitement varie grandement selon la nature de la région touchée, s'il s'agit ou non d'une fracture ouverte, la fracture doit être réduite, et le membre immobilisé pendant plusieurs semaines à plusieurs mois.

Les techniques d'immobilisation externe consistent à poser un plâtre ou une attelle. Si les déplacements des fragments osseux sont trop importants, il faut recourir à la chirurgie. Broches, vis, plaques, cerclages : ces techniques ont pour but de repositionner et de fixer les fragments osseux, aussi près que possible de leur position naturelle. L'immobilisation par ostéosynthèse est complétée par une immobilisation externe, et par un traitement médical basé sur des antibiotiques et des anti-inflammatoires.

La technique vis et plaques de l'ostéosynthèse, utilisées s'il y a un risque de rotation qui décalerait l'axe des articulations sous-jacentes, ou pour les os courts. Il y a une diversité de plaques et de vis de formes adaptées, permettant de fixer tout cela en bonne position.

Les matériaux utilisés pour les matériels implantables, c'est à dire les matériels (plaques, vis, broches) destinés à être insérés dans le corps peuvent être de deux sortes :

- Matériaux résorbables (**Poly lactides et autres polymères résorbables**)
- Matériaux non résorbables (alliages à base d'acier inoxydable, titane et alliages de titane, alliages de cobalt )

En traumatologie osseuse, différents alliages de titane sont utilisés. Comme le titane pur, ils sont biocompatibles et ont un haut pouvoir de résistance à la corrosion. De plus, ces alliages offrent des propriétés mécaniques plus élevées (Titane Aluminium Niobium -TAN (TiAl6Nb7) et Titanium Aluminium Vanadium – TAV (TiAl6V4)

Ces deux matériaux sont utilisés couramment pour les implants d'ostéosynthèse, augmentent de manière significative à la fois la résistance mécanique aux contraintes statiques et cycliques. La ductilité de ces alliages est inférieure à celle du titane pur. Par conséquent, les

## INTRODUCTION

implants fabriqués à partir de ces alliages sont bien adaptés pour supporter des contraintes élevées.

Notre travail s'est étalé sur 10 semaines, il porte principalement sur une partie expérimentale où nous avons mis en place des implants en alliage de titane traités différemment à un lot de rats wistar.

L'objectif de notre travail est de tester la réaction des implants sur les rats.

Tout au long de cette expérimentation, nous avons effectué des suivies de l'état vital des rats (poids, températures, consommation hydrique et alimentaires), ainsi que des prélèvements sanguins pour les animaux témoins et expérimentaux avant et après la mise en place des implants.

Enfin, nous avons finalisé notre expérimentation par une étude statistique que des résultats afin d'estimer l'acceptabilité des implants par nos animaux.

# BIBLIOGRAPHIE

# BIBLIOGRAPHIE

## Chapitre 1 : Les FRACTURES

### 1. Définition:

C'est une solution de continuité osseuse (rupture de la continuité) au niveau d'un segment osseux ou cartilagineux secondaire le plus souvent à un traumatisme violent, mais peuvent survenir après un traumatisme bénin surtout chez le vieillard ou au niveau d'un os remanié.

Elles restent plus fréquentes chez le vieillard du fait de la diminution de la densité osseuse et plus fréquente chez le sexe masculin que féminin (chez l'adulte jeune).

### 2. Mécanismes:

Deux grands mécanismes peuvent se voir :

- Choc direct : La solution de continuité siège au niveau du point d'impact.
- Choc indirect : La solution de continuité (douleur et signe clinique) siège à distance du point d'impact.

Exemple: Contracture exagéré d'un muscle (lésions capsuloligamentaires).

### 3. types de fractures:

Deux types de fractures:

#### 3.1. Fractures complète de l'adulte :

Elle se voit chez l'adulte, les deux corticales sont rompues :

- Préciser le siège de la solution de continuité :
  - L'épiphyse : fracture articulaire.
  - La diaphyse : 1/3 moyen, supérieur, inférieur.
  - La métaphyse
  - Des fractures selon le siège
- Aspect du trait de fracture :
  - Simple : transversal, oblique (court, long), spiroïde (mécanisme par torsion).
  - Complexe : bifocale, aile de papillon, comminutive.
- Le déplacement : On prend en considération le fragment distal, l'alignement est perturbé :
  - Translation : elle peut être soit en externe ou en interne sur le cliché de face soit en avant ou en arrière sur le cliché de profil.
  - Chevauchement : sous l'effet du muscle (contraction), il se mesure en cm
  - Angulation : les deux fragments forment un angle sur un cliché de profil soit à sommet antérieur ou à sommet postérieur [1].

BIBLIOGRAPHIE



Figure 1 : Des fractures selon aspect de trait

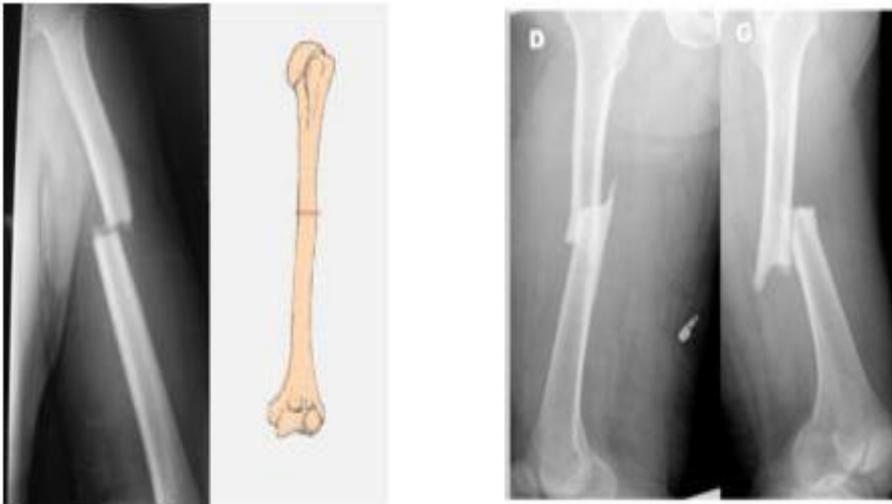
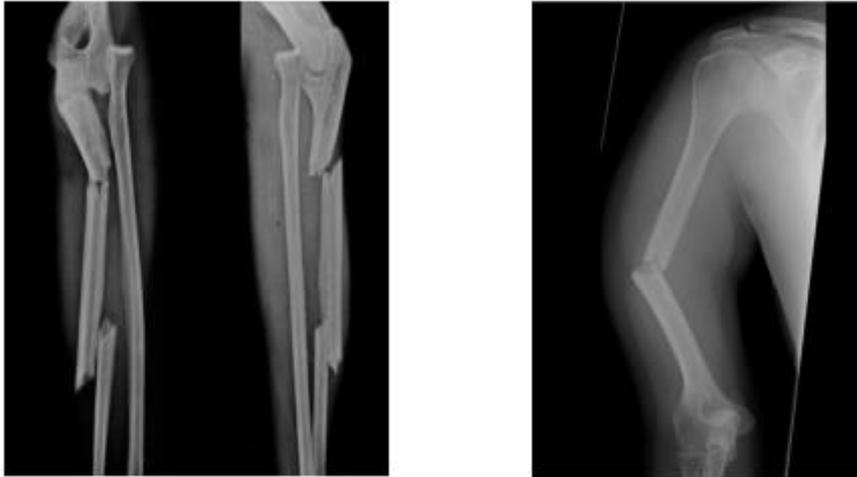


Figure 2 : -Translation -Chevauchement

## BIBLIOGRAPHIE



*Figure 3 : Fractures déplacées*

### 3.2. Fractures incomplètes des jeunes :

Chez les jeunes il existe :

- Une élasticité de l'os.
- Présence du périoste (protège la corticale).

a. Fractures en bois vert : Une corticale va se rompre et la corticale opposée va s'infléchir.

b. Fractures sous périostes : Les deux corticales sont rompues mais sans aucun déplacement.

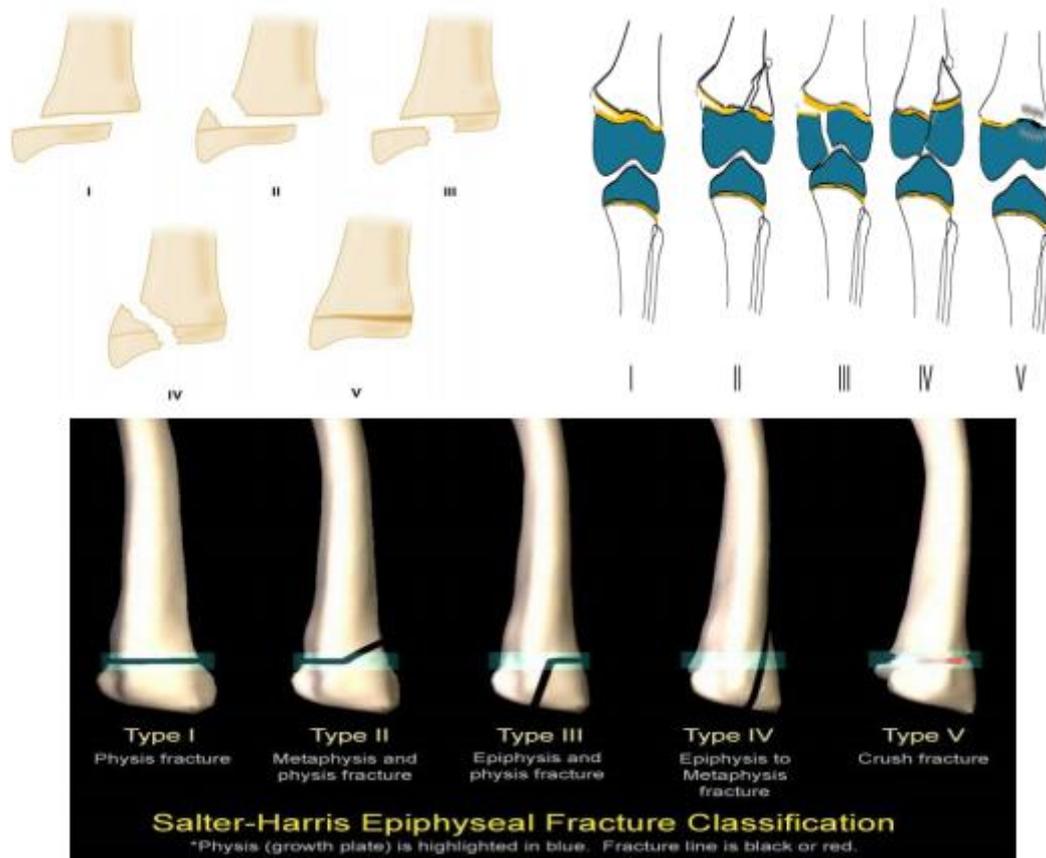
c. Motte de beurre : C'est un tassement selon le grand axe du segment osseux sans aucun déplacement.

d. Décollement épiphysaire : Le cartilage de conjugaison qui est touché.

Selon la classification de SALTER et HARRIS on distingue 5 types :

- Type 1 : décollement pur de l'épiphyse,
- Type 2 : décollement de l'épiphyse + fracture métaphysaire
- Type 3 : décollement et fracture de l'épiphyse
- Type 4 : fractures métaphyso-épiphysaire + décollement épiphysaire,
- Type 5 : tassement de la plaque conjugale (radio controlatérale) [2].

## BIBLIOGRAPHIE



*Figure 4 : Classification de Salter et Harris*

### 4. Clinique :

#### 4.1. Interrogatoire :

Motif de consultation.

Mécanisme : direct ou indirect.

L'heure de l'accident.

ATCD médicaux : surtout en cas de tard.

#### 4.2. Examen physique :

- Inspection : de la zone d'appel a la recherche d'une déformation, œdème, cyanose (tardive), d'indice cutané (plaie, phlyctène, contusion, égratignure)
- Palpation : trouve son intérêt pour voir l'axe nerveux et l'axe vasculaire (pouls) mais pas de mobilité passive.
- Examen du reste de l'appareil locomoteur
- Examen somatique systématique

# BIBLIOGRAPHIE

## 4.3. Examens radiologiques :

Radiographie du segment traumatisé avec 2 incidences obligatoires face et profil.

Si fracture diaphysaire : face + profil + articulations sus et sous jacentes

## 4.4. Conclusion radio-clinique :

Fracture isolée, associée, simple ou complexe, fermée ou ouverte, compliquée ou pas.

## 5. Anomalies de consolidation :

- Cal vicieux : C'est la formation d'un cal en mauvaise position, il est du soit a une réduction imparfaite au départ ou a une réduction parfaite mais un déplacement secondaire.
- Pseudarthrose : Absence de consolidation et elle est déclarée à partir du 6ème mois.
- Retard de consolidation : Entre 4ème et 5ème mois.

## 6. Traitement chirurgical :

Réduire chirurgicalement le foyer d'une fracture et maintenir le foyer de fracture soit par plaques vissées, soit vissage simple ou broche.

- **But :**

Obtenir une réduction anatomique

Obtenir une consolidation

Conservé la fonction du membre

- **Moyens thérapeutiques :**

Traitement orthopédique : Fait appel à une réduction anatomique de la fracture et la contention par des bandes plâtrées ou de résine.

Ce traitement nécessite une surveillance stricte, à savoir apparition d'un :

- Déplacement sous plâtre
- D'escarres
- Ou le syndrome de VOLKMANN

- **Deux types d'ostéosynthèse :**

A foyer fermé : a distance on envoi des clous ou des broches sous contrôle de l'amplificateur de brillance.

A foyer ouvert : Réduction anatomique et on place un vice.

- **Les fixateurs externes :**

C'est une contention externe indiquée en cas de fracture ouverte permet de stabiliser et de maintenir la fracture.

## BIBLIOGRAPHIE

- **Rééducation :**

Entamé le plus vite possible et doit être longtemps poursuivie, doit être passive puis active afin de récupérer la fonction du membre lésé [3].

### 7. Complications :

#### 7.1. Complications immédiats :

- **Lésions vasculaires :**

interruption d'un tronc vasculaire important artériel (ou veineux) par déplacement du foyer de fracture.

- **Lésions nerveuses :**

syndrome d'interruption (ou étirement Plexus) dans le territoire d'un ou plusieurs nerfs.

Lésions associées :

- viscérales : rein, colonne vertébrale et côtes
- thoraco vasculaires : côtes et plèvre
- cranio faciales : embarrure

#### 7.2. Complications secondaires :

- **Compression ischémique :** Syndrome des loges et de Volkmann

- **Paralysie post opératoire :**

- Hématome compressif ou position
- Hyper appui
- Cal hypertrophique

#### 7.3. Complications générales :

- **Embolie graisseuse :**

embols de micro-particules graisseuses obstruant la micro-circulation œil-cerveau

Le traitement est surtout préventif, immobilisation du foyer de fracture.

- **Phlébite :**

- Caillot à partir du mollet, cuisse voire bassin
- Fracture du membre inférieur (fémur)
- Risque embolie pulmonaire
- Douleur mollet dorsiflexion pied, œdème hyperthermie
- Echodoppler

# BIBLIOGRAPHIE

## 7.4. Complications liées au terrain :

- Morbidité personnes âgées
- Delirium tremens (diabète)
- Escarres aux points d'appui
- Fécalome, infections urinaires [3].

## BIBLIOGRAPHIE

### 1. L'ostéosynthèse anatomique :

L'ostéosynthèse anatomique implique une réduction précise avec un minimum d'écart entre les abouts osseux et un alignement parfait des corticales. Il est nécessaire d'obtenir une stabilité absolue au sein du trait de fracture. En effet, le moindre mouvement provoque des déformations qui dépassent le seuil de résistance des cellules impliquées dans le processus de cicatrisation. Les fractures articulaires sont les seules indications absolues de l'ostéosynthèse anatomique.

La réduction anatomique implique une ouverture du foyer de fracture qui entraîne des lésions des tissus vasculaires environnants et une désorganisation de l'hématome fracturaire. Lors de reconstruction anatomique, la stabilité d'un montage par plaque vissée est assurée généralement par les forces de friction entre la plaque et l'os. Ce contact étroit entre la plaque et l'os peut compromettre la vascularisation périoste [4].

L'ostéosynthèse anatomique est limitée lorsque la reconstruction du fût osseux est difficile, comme lors de fractures diaphysaires multi esquilleuses ou comminutives. Ces 15 dernières années, les principes de l'AO ont beaucoup évolué. L'intérêt de préserver les tissus mous environnants et la vascularisation locale pour améliorer les conditions de cicatrisation des fractures a conduit à développer un nouveau concept, l'ostéosynthèse biologique [5].

### 2. L'ostéosynthèse biologique :

L'ostéosynthèse biologique se situe dans la continuité des recommandations qui préconisait déjà un abord chirurgical minimal voire absent, du foyer de fracture. Les objectifs de l'ostéosynthèse biologique sont donc d'obtenir :

- Un alignement des deux abouts osseux dans les plans frontal et sagittal
- Une absence de torsion axiale
- Un rétablissement de la longueur de l'os
- Sans obligation de mettre les deux abouts fracturaires en contact intime.

Ce mode de fixation permet d'obtenir une cicatrisation indirecte par la formation rapide d'un cal périoste volumineux. Dans ces conditions, la récupération fonctionnelle du membre est

## BIBLIOGRAPHIE

obtenue précocement. Les micromouvements présents au niveau du foyer de fracture ne nuisent pas à l'installation du cal et peuvent même en stimuler la formation.

La réussite de l'ostéosynthèse biologique repose sur quatre points clés : la réduction et fixation, la préservation de l'apport sanguin, la stabilité et la mise en charge [6].

### 3. Matériaux utilisés pour l'ostéosynthèse :

Les matériaux utilisés pour les matériels implantables, c'est à dire les matériels (plaques, vis, broches) destinés à être insérés dans le corps humain peuvent être de deux sortes :

- Matériaux résorbables
- Matériaux non résorbables

#### 3.1. Matériaux résorbables :

Le principal avantage d'un implant bio résorbable est que son ablation devient superflue. Cependant, en raison de leur faible résistance mécanique, les implants bio résorbables ne sont pas utilisables comme implants d'ostéosynthèse soumis à des contraintes en charge. Les implants bio résorbables existants sont utilisés dans certaines indications comme en chirurgie de la main ou en chirurgie maxillo faciale.

- **Poly lactides et autres polymères résorbables :**

Pour l'ostéosynthèse, les implants sont faits de polymères résorbables, de polylactides (PLA), mais aussi de polyglycolides (PGA), plus rarement de polyhydroxybutyrates (PHB) ou de polyhydroxyvalérates (PHV), mais le plus souvent de copolymères appropriés comme les polyactides (L-D/L). L'utilisation de polymères résorbables demeure limitée à certaines indications spécifiques en raison de leurs propriétés mécaniques limitées.

Pour la production d'implants orthopédiques, on emploie principalement des granules qui sont fondus et modelés avant leur extrusion sous une forme pré-déterminée. Après l'implantation, les caractéristiques mécaniques des polymères résorbables sont importantes initialement uniquement, dans la mesure où la résistance mécanique disparaît relativement vite, et certainement bien avant la détection des premiers signes de résorption. La structure de ces polymères influence leur dégradation tandis que les contraintes mécaniques et la dégradation agissent à l'inverse de ce qui est attendu d'un matériau d'ostéosynthèse.

La dégradation de ces matériaux est due aux interactions entre le matériau et les tissus du corps, c'est à dire par un mécanisme d'hydrolyse et de résorption des acides spécifiques du polymère.

## BIBLIOGRAPHIE

Par conséquent, on peut supposer que la biocompatibilité de ce matériau est excellente, et ce d'autant plus que ces polymères sont réalisés à partir de substances endogènes comme le polyester aliphatique, et d'autres polymères naturels comme la gélatine ou le collagène. On ne peut jamais exclure la survenue d'un épisode inflammatoire car la concentration en acide peut se retrouver en excès, du fait du processus de dégradation.

Les produits intermédiaires, issus eux aussi du processus de dégradation peuvent également inter-agir avec les tissus environnants et provoquer une réaction inflammatoire.

En traumatologie osseuse, des broches, des vis et des plaques sont réalisées et ont été validées dans des indications spécifiques.

En pratique, les implants réalisés à partir de matériaux biorésorbables sont peu utilisés. Il est en effet difficile d'évaluer leur résistance dans le temps. Utiliser ce type d'implant expose au risque de déplacement secondaire si la résorption s'effectue trop rapidement [7].

### 3.2. Matériaux non résorbables :

- **Métaux :**

Les métaux utilisés en traumatologie osseuse ont des propriétés mécaniques et biologiques favorables et sont bien connus et ont été bien étudiés. Trois groupes principaux peuvent être distingués :

- Alliages à base d'acier inoxydable
- Titane et alliages de titane
- Alliages de cobalt

#### 3.2.1. Acier inoxydable

Aujourd'hui encore, l'acier inoxydable est le matériau le plus utilisé pour la fixation interne. Les raisons sont une combinaison favorable des propriétés mécaniques, de la résistance à la corrosion et de la biocompatibilité. La résistance à la corrosion élevée de l'acier est principalement due à la couche protectrice d'oxyde de chrome sur la surface du métal. Tous les aciers inoxydables utilisés dans la traumatologie osseuse sont non magnétiques. Leur résistance est obtenue par l'alliage d'éléments choisis et par le traitement effectué (travail à froid). En fonction de ce qui est attendu d'un implant, différents types d'acier inoxydable peuvent être utilisés.

## BIBLIOGRAPHIE

### 3.2.1.1. Implants en acier inoxydable (alliages à base de Fer) :

Ces types d'implants en acier inoxydable sont ceux utilisés généralement pour les plaques et les vis. Ils sont également utilisés pour les clous. Une ductilité élevée est idéale pour la malléabilité per-opératoire. De plus, la capacité de résister aux charges élevées, que ce soit de façon statique ou cyclique, rend le matériel idéal pour des implants d'ostéosynthèse. Les éléments principaux sont : Fe, Cr (17-19%), Ni (13 – 15%), Mo (2.25 – 3.5%) et C (<0.03%). En dépit de la teneur élevée en nickel, peu d'effets secondaires ont été signalés pour ce matériel. Par ailleurs, la matière première est disponible sous beaucoup de formes différentes, avec des délais de livraison courts et est bien adaptée pour l'usinage.

### 3.2.1.2. Acier inoxydable à faible teneur en nickel (Ni) :

Les implants en acier ont habituellement une teneur en nickel de 13 à 16%. Le nickel est connu pour être un allergène de contact. Dans les aciers à faible teneur en nickel, le nickel est remplacé par de l'azote et du manganèse. La force, la résistance à la corrosion et la résistance à la rupture sont sensiblement plus haut pour les aciers à faible teneur en nickel que pour les aciers inoxydables standard. En dépit de ces propriétés favorables, ce matériel est encore rarement employé, les raisons principales étant : fourniture limitée de matière première, prix du marché élevé et usinage exigeant [7].

### 3.2.2. Alliages à base de cobalt (alliages Co-Cr-Mo)

Les alliages à base de cobalt sont également non magnétiques, résistants à l'usure, à la corrosion, à la chaleur. Ils sont difficiles à produire et à usiner, mais des progrès significatifs ont été accomplis ces dernières années. En raison de leur excellent comportement à long terme, ces alliages sont utilisés habituellement pour la chirurgie prothétique. Dans l'ostéosynthèse les qualités de ces matériaux sont moins intéressantes, une fois comparées à d'autres métaux en service, mais ont également leur application (en particulier pour les clous).

### 3.2.3. Titane

Le titane (Ti) a une résistance à la corrosion très élevée tout en étant biocompatible. En dépit de la longue et large utilisation des implants en Titane, pratiquement aucun effet secondaire en rapport avec la biocompatibilité n'a été rapporté ou publié. En ce qui concerne l'acier inoxydable le Titane a deux différences apparentes :

## BIBLIOGRAPHIE

- Densité : Le Titane a une densité de 4.5 g/cm<sup>3</sup>, comparée à 7.9 à 8.3 g/cm<sup>3</sup> pour les aciers inoxydables
- Le titane a une plus grande élasticité que l'acier inoxydable [8].

### 3.2.3.1. Titane pur

Le titane « commercialement pur » (cpTi) a été industriellement développé dans les années 40 et rapidement son aptitude à être utilisé dans des applications chirurgicales a été découverte. Quatre catégories de titane pur ont été définies. La première différence se situe dans la teneur en oxygène. Par rapport à ce qui est demandé à un implant lors de la mise en charge, le titane avec le taux d'oxygène le plus élevé, encore appelé titane de grade 4 est habituellement utilisé. Le cpTi est principalement employé pour des plaques et des vis dans des tailles et des indications multiples.

### 3.2.3.2. Alliages de titane

En traumatologie osseuse, différents alliages de titane sont utilisés. Comme le titane pur, ils sont biocompatibles et ont un haut pouvoir de résistance à la corrosion. De plus, ces alliages offrent des propriétés mécaniques plus élevées.

Titane Aluminium Niobium -TAN (TiAl6Nb7) et Titanium Aluminium Vanadium – TAV (TiAl6V4)

Ces deux matériaux sont utilisés couramment pour les implants d'ostéosynthèse. Dans le TAN, le Vanadium appartenant à cet alliage a été remplacé par un élément biologiquement inerte, le Niobium. Les deux éléments augmentent de manière significative à la fois la résistance mécanique aux contraintes statiques et cycliques. La ductilité de ces alliages est inférieure à celle du titane pur. Par conséquent, les implants fabriqués à partir de ces alliages sont bien adaptés pour supporter des contraintes élevées, mais pas dans des indications où un modelage per-opératoire de l'implant est requis. Ces matériaux sont utilisés essentiellement pour les clous et quelques modèles de plaques préformées.

## BIBLIOGRAPHIE

### 3.2.3.3. Titane Molybdène – TiMo (TiMo15)

TiMo a été conçu à l'origine pour l'industrie chimique qui recherchait un alliage de titane avec un haut pouvoir de résistance à la corrosion. Le principal avantage des alliages de Titane « beta » comme le TiMo15 par rapport au titane et aux autres alliages de titane est leur extrême malléabilité à froid. Les inconvénients sont le prix élevé, la mise en oeuvre et la disponibilité limitée de la matière première. Par conséquent, ce matériau est utilisé principalement pour les plaques de petite taille comme les plaques de radius distal.

### 3.2.4. Alliages à mémoire de forme (TiNi)

Des alliages à mémoire de forme sont également utilisés comme implants biomédicaux, le plus courant d'entre eux étant le Nitinol (Ti-Ni). Leurs propriétés sont dérivées du concept de la super-élasticité. Le Nitinol est utilisé dans les agrafes à compression, les ancrs. En dépit d'une exceptionnelle résistance à la corrosion, la dissolution des ions cytotoxiques de Nitinol dans les tissus entourant les implants associés au risque d'hypersensibilité a limité l'usage du Nitinol comme matériau implantable [9].

### 3.2.5. Polymères

Les polymères utilisés en traumatologie osseuse peuvent être résorbables ou non résorbables. En dépit des recherches effectuées et des avancées des dernières décennies, ces matériaux ont, à l'heure actuelle, des indications limitées comme matériau d'ostéosynthèse. Les facteurs limitants sont actuellement la résistance mécanique et le coût de revient élevé.

#### 3.2.5.1. Polymères non résorbables: Poly-ether-ether-ketone (PEEK)

Le PEEK est un polymère haute performance et est déjà utilisé comme matériau pour les implants d'ostéosynthèse. Comparé à d'autres polymères, le PEEK a des propriétés mécaniques élevées, tout en restant inférieures à celles des métaux.

Le PEEK est résistant aux radiations et à la chaleur (jusqu'à 250 °C), peut-être stérilisé à de multiples reprises et est chimiquement inerte. Du Sulfate de Barium peut lui être ajouté afin d'accroître son opacité radiologique dans le but de le rendre visible sur les radiographies. Son application clinique se rencontre aujourd'hui sous la forme de rondelles pour la fixation ligamentaire et de cages dans la chirurgie rachidienne. D'autres applications sont envisageables notamment dans les cas d'artéfacts retrouvés lors d'exams tomodensitométriques ou par résonance magnétique. Le PEEK est également utilisé pour l'instrumentation comme les guides de visée pour l'enclouage.

## BIBLIOGRAPHIE

### 3.2.5.2. PEEK renforcé

Le renfort permet de compenser la différence de résistance et la faiblesse des implants en polymère comparés aux implants métalliques. Pour des problèmes de biocompatibilité, qui peuvent s'avérer important en cas de rupture de l'implant, un renforcement par des fibres continues doit être préféré aux fibres de carbone ou aux fibres de verre. De plus en plus de nouvelles technologies comme modelage composite à jet continu sont disponibles et permettent de réaliser des implants à la fois résistants et radio-transparents.

### 3.3. Complications liées aux matériaux utilisés :

#### ➤ **Cancérisation :**

Le risque de cancer lié à l'usage d'un matériau est en rapport avec le relargage de particules. Ce mécanisme est dû au contact entre 2 surfaces entre elles, l'une étant mobile par rapport à l'autre, et se retrouve essentiellement dans les arthroplasties. Les différentes études menées jusqu'à présent n'ont jamais retrouvé, chez des patients porteurs de prothèse de hanche ou de genou et suivis pendant de nombreuses années, une incidence plus importante de cancers. Dans le cas d'une ostéosynthèse, les différentes pièces utilisées (vis et plaque) sont fixes l'une par rapport à l'autre et parfois même fixées en cas de plaque à vis bloquées. Il n'existe donc pas de « couple de frottement » entraînant le relargage de particules susceptibles d'induire une tumeur.

A ce jour, aucun cas de cancer induit par un matériel d'ostéosynthèse ou une prothèse, quel qu'ils soient, n'a été signalé.

Il paraît donc licite de faire disparaître le cancer de la liste des risques induits par l'ostéosynthèse, y compris lorsque le matériel est laissé en place [10].

#### ➤ **Allergie :**

Les allergies cutanées aux métaux sont bien connues et fréquentes dans la population (10 à 15%). Elles concernent essentiellement trois éléments : le chrome, le cobalt et le nickel. L'allergie provoquée par un implant métallique au contact de l'os (implant prothétique ou d'ostéosynthèse) est encore mal connue. Tout implant métallique subit un phénomène de corrosion au contact de l'organisme qui entraîne la libération d'ions (ion nickel, chrome, cobalt, etc.). Ces ions ne sont pas allergènes par eux-mêmes mais peuvent activer le système immunitaire en s'associant avec des protéines. Les complexes ion métallique-protéine peuvent alors devenir des allergènes. Dans un certain nombre de cas rapportés dans la littérature, l'allergie au composant métallique a pu être prouvée de façon formelle avec la disparition des manifestations cliniques après le retrait de l'implant [11].

BIBLIOGRAPHIE



# MATERIEL ET METHODES

# MATERIEL ET METHODES

## I. Matériel biologique :

### 1. Le choix de l'animal :

Après la souris d'expérimentation, le rat est le mammifère d'expérimentation le plus utilisé. Depuis les quatre-vingts dernières années, le rat a été utilisé dans presque tous les aspects de la recherche biomédicale et comportementale et de la toxicologie. Les mutations génétiques et la sélection ont produit de nombreux modèles de recherche extrêmement valables.

Une publication récente sur les applications en recherche biomédicale donne une liste de domaines de recherche dans lesquels le rat est largement utilisé et particulièrement utile : toxicologie, tératologie, oncologie expérimentale, gérontologie expérimentale, recherche cardiovasculaire, immunologie, recherche dentaire, immunogénétique et parasitologie expérimentale.

Le rat est aussi le mammifère d'expérimentation le plus largement utilisé dans les études comportementales pour lesquelles, incidemment, la souris ne convient pas. De plus, le rat a été traditionnellement l'animal de choix dans beaucoup de projets de recherche sur la nutrition mais il ne faut pas oublier que son penchant naturel à la coprophagie peut être un facteur limitant sur son utilisation dans certaines de ces études[12].

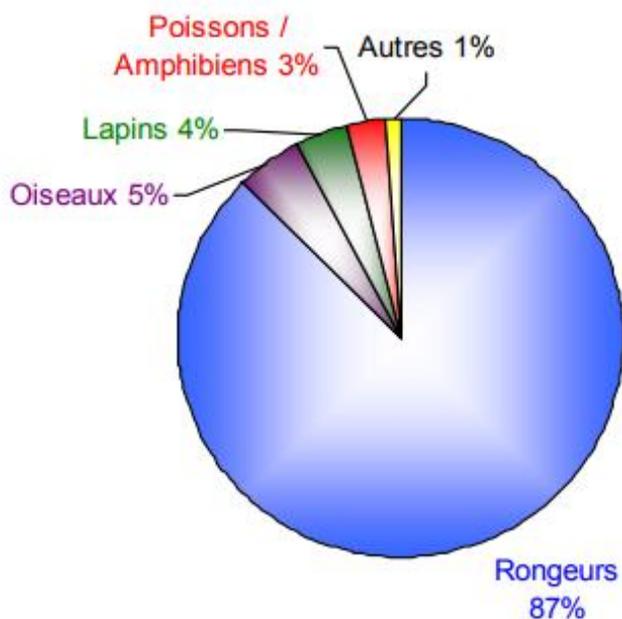


Figure 5 : Animaux utilisés en recherche dans le monde en 2004

# MATERIEL ET METHODES

## 2. Rat wistar ou de laboratoire (*rattus* Norvégicus) :

### 2.1. Origine et développement :

Le rat brun sauvage (*Rattus norvegicus*) aurait établi son habitat original dans les zones tempérées de ce qui est maintenant la Russie, de la mer Caspienne jusqu'au nord de la Chine. A partir de cet habitat, ce rat s'est répandu à travers l'Ancien Monde au cours du 18<sup>e</sup> siècle suivant en même temps que les déplacements de la civilisation moderne et, jusque dans une large mesure, refoulant le rat noir sauvage (*Rattus rattus*) plus petit et moins agressif. Le rat norvégien n'a pas atteint l'Amérique du Nord avant 1775 et il y a encore des régions géographiques, comme la Province de l'Alberta, qui prétendent être encore exemptes de la présence du rat. Il n'existe aucune raison évidente pour que les membres de cette espèce soient appelés rats de Norvège ou norvégiens autre que «*norvegicus*», son nom latin.

L'élevage en captivité du rat de Norvège a probablement commencé au début du 19<sup>e</sup> siècle pour la fantaisie et pour fournir des rats dans le cadre du sport ayant le rat comme appât (chasse compétitive des rats par les terriers), sport qui, heureusement, a été interdit depuis fort longtemps. Les expériences sur la reproduction du rat d'expérimentation ont été rapportées en Allemagne autour des années 1880. Les rats d'expérimentation élevés en captivité ont été introduits aux États-Unis pour la première fois dans un laboratoire de Chicago où ils ont été utilisés dans des études neurologiques. En 1906, quelques animaux de cette colonie ont été transférés au Wistar Institute de Philadelphie et ce sont ces rats qui sont à l'origine de la souche de rats Wistar qui est omniprésente de nos jours.

Le rat d'expérimentation tel qu'on le connaît aujourd'hui est le résultat d'une initiative essentiellement d'origine américaine et la grande majorité des souches qui sont utilisées présentement dans le monde scientifique ont pris naissance aux États-Unis. L'historique de ces développements a été récemment révisé.

On retrouve occasionnellement le rat noir dans les colonies d'expérimentation même s'il n'est utilisé que rarement en recherche biomédicale ou comportementale. Le rat de coton et le rat kangourou sont tous les deux indigènes de l'Amérique du Nord et ils appartiennent à la famille des Cricetidés, famille différente de celle à laquelle appartiennent les rats noir et norvégien qui sont des rongeurs appartenant à la famille des Muridés[13].

# MATERIEL ET METHODES

## 2.2. Caractéristiques

### 2.2.1. Particularités du développement :

Le raton à la naissance pèse à peu près 5 grammes, est aveugle mais très actif et il atteint rapidement 35-50 grammes en trois semaines. Le mâle adulte pèsera 400- 500 grammes alors que la femelle adulte pèsera environ 100 grammes en moins. Le rapport taille/poids varie beaucoup selon les lignées. Le squelette des adultes continue de croître graduellement pendant toute la vie de l'animal parce que l'épiphyse des os longs du rat ne devient pas complètement inactive. Un rat en santé peut vivre de 2 à 3 ans dépendant de la souche, du sexe, des conditions environnementales et d'autres variables. Les rats Sprague-Dawley mâles à flore définie vivent à peu près 2 ans comparativement à une moyenne de 31 mois pour les mâles. Les poils des jeunes rats albinos sont d'un blanc soyeux mais ils deviennent progressivement plus rugueux et décolorés (gris jaunâtre) avec l'âge. La dentition est typique de celle des Muridés en ce sens que les incisives sont par paires, croissent continuellement et possèdent de l'émail seulement sur le bord coupant (en avant). Les trois paires de molaires sont des dents permanentes seulement (pas de dentition de lait), leurs pointes sont ouvertes et elles ne sont pas émaillées.

### 2.2.2. Morphophysiologie :

Le tissu adipeux multiloculaire (graisse brune) est composé de cellules remplies d'une multitude de petites gouttelettes de lipides brunes qui n'entrent pas en coalescence comme dans la cellule adipeuse ordinaire «à enclave lipidique». La graisse multiloculaire est distribuée d'une façon diffuse dans les régions dorsale, latérale et ventrale du cou ainsi que dans le rétropéritoine particulièrement dans la région pelvienne du rein. L'accumulation importante de la graisse brune dans la région interscapulaire épouse l'apparence d'une glande et elle est identifiée comme la glande de l'hibernation. Ses fonctions exactes ne sont pas encore complètement élucidées même si on sait qu'elle est importante pour la vie du rat et qu'elle joue un rôle majeur dans la thermogénèse. A cause de ces raisons, le rat est utilisé couramment comme un modèle pour les études portant sur l'adaptation au froid. L'estomac du rat, comme celui des autres rongeurs, possède une grande portion aglandulaire ou estomac antérieur qui compte pour plus du tiers de l'ensemble de la muqueuse gastrique. La partie glandulaire ne renferme pas de glandes cardiaques et elle est riche en mastocytes gastriques (production d'histamine); les glandes pyloriques, quant à elles, sont confinées à l'antré. Quant au gros coecum, il participe à la digestion de la cellulose. Un atlas et une revue de l'anatomie et des caractéristiques biologiques et morphophysiologiques générales du rat ont été publiés

## MATERIEL ET METHODES

récemment. Le fait qu'il existe des néphrons superficiels dans le cortex rénal du rat a permis d'établir un modèle expérimental sur l'évaluation de la fonction tubulaire in vivo en utilisant la technique de microbiopsie . On a décrit récemment la présence d'un bouchon urétral comme une caractéristique normale de l'urètre proximale de tous les mâles faisant partie des Muridés et des Cavidés et l'absence de ce bouchon serait en retour associée à une santé chancelante. Il est cliniquement semblable aux sécrétions des vésicules séminales et au bouchon copulatoire du vagin des rongeurs femelles, sa présence, cependant n'empêche pas la miction. Les données hématologiques et de chimie clinique des rats d'expérimentation ont été revues en détail récemment et on a porté aussi une attention particulière à beaucoup de variables qui peuvent influencer ces paramètres[14].

### 2.2.3. Comportement :

Les rats d'expérimentation sont généralement dociles et si on les manipule fréquemment et gentiment ils deviennent apprivoisés et faciles à dresser. Ils se battent rarement entre eux alors qu'ils vivent et élèvent leurs petits collectivement souvent en partageant les responsabilités des soins. Ces types de comportement varient presque peu avec la souche et plus spécifiquement avec la sélection qui a été faite à l'intérieur d'une sous-lignée. Les rats d'expérimentation, contrairement aux rats sauvages, se reproduisent pendant toute l'année. Ils sont omnivores et, si on en leur donne la chance, ils se creuseront un terrier. Les rats sont des animaux intelligents qui démontrent une grande variété de caractéristiques comportementales représentant un intérêt en recherche psychophysologique. De plus, ils s'adaptent bien aux études de psychologie et ils supportent bien la chirurgie. Finalement, les procédures pour l'implantation stéréotaxique d'électrodes dans divers centres du cerveau du rat sont bien établies.

## 2.3. INSTALLATIONS ET ENTRETIEN :

### 2.3.1. Hébergement :

#### 2.3.1.1. Cages:

La cage représente la résidence principale dans laquelle le rat passe sa vie. Sa forme, sa fabrication et son contenu (bouteilles d'eau, nourrisseurs, litière et occupants) influencent profondément le micro-milieu qui se crée à l'intérieur de la cage, micro-milieu qui, à son tour, à travers les variations sur la physiologie, la santé et le comportement de ses occupants, influence aussi profondément les réponses expérimentales.

Les choix très largement diversifiés de cages pour les rats peuvent se résumer ainsi:

- petites cages rectangulaires vs cages à fond en treillis métallique
- litière vs plateau à excréments recouvert de papier

## MATERIEL ET METHODES

- métal vs matière plastique
- couvercle en métal perforé vs en matière plastique vs en treillis métallique
- couvercle filtrant vs non filtrant.

Il y a du pour et du contre pour chacune de ces catégories qui ont fait l'objet d'une révision dans plusieurs publications et au cours de plusieurs symposiums sur le soin des animaux. Évidemment les choix sur lesquels on s'arrêtera dépendront d'éléments tels les objectifs expérimentaux et la disponibilité de l'équipement, cependant, il y a quelques points qu'on ne doit pas oublier lorsqu'on considère ces options:

- Le métal galvanisé ne doit pas être utilisé dans les études de toxicité à long terme et dans les études nutritionnelles parce que les rats ingèrent le zinc qui recouvre le métal.
- Aucune sorte de métal ne doit entrer dans la fabrication des cages ou des équipements auxiliaires qui viennent en contact avec les animaux qui font l'objet d'études sur les oligo-éléments (chromium, nickel, etc.) Des cages construites de matière plastique (et exemptes de métal) suspendues individuellement et adaptées à des supports standards ont déjà fait l'objet d'une publication.
- L'hébergement individuel des rats entraîne des changements importants dans leur caractère, au niveau des surrénales, de la thyroïde, des enzymes microsomiques hépatiques et de certains paramètres de comportement comme la consommation d'alcool.
- L'addition d'un grillage métallique dans le fond des cages rectangulaires (type «shoe box») en polycarbonate (clair) ou en polypropylène (translucide) peut s'avérer utile dans les essais biologiques de carcinogènes ou dans des études nutritionnelles. L'accumulation d'ammoniaque est de beaucoup réduite si on ajoute de la litière absorbante sous le grillage métallique et elle est minime si les animaux sont hébergés directement sur la litière (sans grillage métallique). Cependant, cette dernière formule augmente considérablement l'étendue de la contamination aérogène.
- Tous les avantages à utiliser des couvercles filtrants doivent être mesurés avec prudence quant aux changements qu'ils provoquent dans l'environnement au sein de la cage particulièrement en ce qui a trait à l'accumulation d'ammoniaque. on devra augmenter la fréquence de nettoyage

## MATERIEL ET METHODES

des cages, diminuer le nombre d'animaux par cage, abaisser la température de la pièce et favoriser plus de changements d'air à l'heure.

### 2.3.2. Environnement :

#### 2.3.2.1. Litière/Ammoniaque:

Le contrôle de qualité et le soin qu'il faut établir au cours de l'entreposage de ces matériaux sont de la plus haute importance parce que ce sont des produits naturels qui ont une longue durée de conservation et que souvent ils sont contaminés par les rongeurs et les chats. Une litière contaminée peut introduire des maladies (particulièrement des mites et des ténias) dans une colonie de rats. La litière destinée aux colonies à l'abri de barrières doit être stérilisée. Malheureusement, il existe au moins une petite possibilité que les stérilisations à l'oxyde d'éthylène et à la vapeur peuvent être des agents contaminants pour certains matériaux de litière

#### 2.3.2.2. Température et humidité:

Les variations de température et d'humidité suggérées pour les rats sont de 20°-25°C (68°-77°F) et 50-55 % respectivement.

Les rats peuvent, à la condition qu'on leur permette une période d'acclimations adéquate, s'adapter à des écarts de température beaucoup plus grands tout en étant apparemment confortables. C'est particulièrement évident en ce qui concerne les basses températures auxquelles ils s'ajusteront facilement jusqu'à 10°C (50°F) ou moins. Les variations d'humidité de l'ordre de 40-70 % sont aussi tolérées sans effets néfastes apparents. Cependant, la température et l'humidité doivent être maintenues relativement constantes pendant la durée d'une expérience afin de minimiser les effets indirects considérables des fluctuations sur les résultats de la recherche à travers des changements dans la nourriture et la consommation d'eau et une susceptibilité accrue à certaines maladies.

Les gains de poids corporel ne diffèrent pas chez les rats hébergés à des températures variant de 18°-28°C (64°-82°F) alors qu'elles diminuent lorsque les variations excèdent cette limite.

#### 2.3.2.3. Changements d'air:

La ventilation est très importante dans les salles d'hébergement des rats à cause de la très grande susceptibilité de cette espèce aux maladies respiratoires. On recommande de 10-20 changements d'air frais à 100 % à l'heure selon la densité de population animale ou si on utilise des couvercles filtrants ou non.

## MATERIEL ET METHODES

### 2.3.2.4. Éclairage et bruit:

Les dommages rétiens imputés à l'exposition à la lumière et à l'âge chez plusieurs lignées de rats albinos sont généralement semblables à ceux que l'on rencontre chez les souris albinos.

Les rats possèdent une ouïe très sensible de sorte que des bruits de 160 décibels causent des blessures physiques à leurs oreilles, comme cela se produit chez l'homme. En conséquence, le niveau de bruit dans les salles à rats devrait se situer sous les 85 décibels.

Un bruit de 107-112 décibels qui a duré 1 1/2 heure par jour pendant cinq jours consécutif a été rendu responsable de l'augmentation significative du poids des surrénales, d'une éosinopénie relative, d'une leucocytose et d'une augmentation de la prise alimentaire accompagnée d'un gain de poids plus faible que celui des animaux contrôles

### 2.4. NUTRITION :

#### 2.4.1. Aliments et approvisionnement en eau :

La majorité des rats d'expérimentation sont nourris avec des aliments secs en cubes d'origine commerciale. Dans la plupart des cas, ces aliments sont satisfaisants à la condition qu'ils proviennent de manufacturiers reconnus, qu'ils soient raisonnablement frais et emmagasinés adéquatement. Ces facteurs ainsi que les concepts inhérents aux différents types de formules alimentaires et ceux concernant la propagation de contaminants par les aliments ont fait l'objet d'une discussion générale lorsqu'on a traité des régimes alimentaires des rongeurs dans le chapitre sur les souris.

Les rats adultes mangent de 12-30 grammes d'aliments secs en cube quotidiennement et, si le régime est complet, ils n'ont pas besoin de suppléments alimentaires.

Les rats boivent 140 millilitres d'eau par kilogramme de poids corporel par jour. Ils boivent en moyenne 2 ml d'eau pour chaque gramme de nourriture sèche qu'ils mangent et cette valeur est beaucoup plus faible si la nourriture est sous forme de gélose, laquelle contient approximativement 50 % d'eau.

## II. Matériel non biologique : le titane

### 1. Histoire :

Le titane est l'élément chimique de numéro atomique 22, de symbole Ti.

C'est un métal de transition léger, résistant, d'un aspect blanc métallique, qui résiste à la corrosion. Le titane est principalement utilisé dans les alliages légers et résistants, et son oxyde est utilisé comme pigment blanc.

On trouve cet élément dans de nombreux minerais mais ses principales sources sont le rutile et l'anatase. Il appartient au groupe des titanés avec le zirconium (Zr), le hafnium (Hf) et le rutherfordium (Rf).

# MATERIEL ET METHODES

Les propriétés industriellement intéressantes du titane sont sa résistance à la corrosion, souvent associée à la résistance à l'érosion et au feu, la biocompatibilité, mais aussi ses propriétés mécaniques (résistance, ductilité, fatigue, etc.) qui permettent notamment de façonner des pièces fines et légères comme les articles de sport, mais aussi des prothèses orthopédiques.

## 2. propriétés physiques :

### 2.1. : propriétés physiques :

- **Caractéristiques physiques remarquables du titane :**

Sa masse volumique est environ 60 % de celle de l'acier.

Sa tenue à la corrosion est exceptionnelle dans de nombreux milieux tels que l'eau de mer ou l'organisme humain.

Ses caractéristiques mécaniques restent élevées jusqu'à une température d'environ 600 °C et restent excellentes jusqu'aux températures cryogéniques.

Il est disponible sous des formes et des types de produits très variés : lingots, billettes, barres, fils, tubes, brames, tôles, feuillard.

Sa valeur de susceptibilité magnétique ( $1,8$  à  $2,3 \times 10^{-4}$ ) est très inférieure à celle du fer ( $3 \times 10^5$ ). C'est donc un matériau avantageux en cas de diagnostic par IRM : diminution des artefacts.

Son coefficient de dilatation, légèrement inférieur à celui de l'acier, est moitié moins que celui de l'aluminium. On prendra pour valeur moyenne un coefficient de dilatation de  $8,5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

Son module de Young ou module d'élasticité longitudinal se situe entre 100 000 et 110 000 MPa. Cette valeur assez faible comparée à l'acier inox (220 000 MPa) en fait un matériau particulièrement intéressant pour sa biocompatibilité.

### 2.2. Propriétés cristallographiques :

Le titane pur est le siège d'une transformation allotropique de type martensitique au voisinage de 882 °C. En dessous de cette température, la structure est hexagonale pseudo-compacte ( $a = 0,295 \text{ nm}$ ,  $c = 0,468 \text{ nm}$ ,  $c/a = 1,633$ ) et est appelée Ti  $\alpha$  (groupe d'espace n° 194 P63/mmc). Au-dessus de cette température la structure est cubique centrée ( $a = 0,332 \text{ nm}$ ) et est appelée Ti  $\beta$ . La température de transition  $\alpha \rightarrow \beta$  est appelée transus  $\beta$ . La température exacte de transformation est largement influencée par les éléments substitutifs et interstitiels. Elle dépend donc fortement de la pureté du métal.

# MATERIEL ET METHODES

## 2.3. Anodisation du titane :

Comparativement aux anodisations chromique, sulfurique et dure réalisées sur alliage d'aluminium, la structure du film obtenu sur titane par anodisation sulfurique est différente. Dans ce dernier cas, il s'agit d'un film de type barrière, c'est-à-dire mince, compact et non poreux.

Dans la plupart des cas, ce traitement sera réalisé sur du titane pur, T40 ou T60, ou sur du titane allié, TA6V, TA5Zr, TU2

A titre d'exemple, les paramètres de traitement peuvent être réglés comme suit :

Voltage	2 à 30 volts
Température	15 à 30°C
Temps	5 à 30 min

Le traitement se limitera donc en général à une opération de dégraissage alcalin (le dégraissage en milieu solvant chloré est la plupart du temps évité pour ne pas risquer de fragiliser le titane par inclusion d'hydrogène), à une opération de décapage dans un bain fluor-nitrique puis à l'anodisation proprement dites.

Après le traitement d'anodisation, un traitement complémentaire sera souvent appliqué. Il pourra s'agir d'une peinture ou d'un lubrifiant sec tel que vernis à base de MoS<sub>2</sub> ou de P.T.F.E

Il convient de noter que les surfaces de titane traitées par anodisation sont très sensibles aux manipulations et se tachent facilement.

L'anodisation permet d'obtenir des films d'oxyde d'épaisseur contrôlée et la couleur résulte de l'interférence optique de la lumière blanche.

L'effet d'interférence optique provient du fait que la lumière incidente est en partie réfléchie, en partie transmise et réfractée dans le film d'oxyde. La lumière atteignant l'interface métal / oxyde est de nouveau en partie absorbée, mais pour la majeure partie réfléchie dans le film d'oxyde. Plusieurs réflexions peuvent avoir lieu, pendant lesquelles il se produit un déphasage. Le faisceau qui émerge finalement, procure l'interférence optique ayant pour résultat une lumière de longueur d'onde réduite, autrement dit, une lumière colorée arrivant à l'œil.

L'épaisseur du film anodique dépend du voltage appliqué et, comme la couleur est fonction de l'épaisseur du film, cette couleur peut être contrôlée par le voltage d'anodisation. Le tableau suivant indique la relation entre le voltage de formation et la couleur des films anodiques obtenus en milieu sulfurique.

## MATERIEL ET METHODES

*Tableau 1 : la relation entre le voltage de formation et la couleur des films anodiques*

<b>Voltage</b>	<b>Couleur du film d'oxyde</b>
2 v	argent
10 v	Or pale
14 v	Or foncé
18 v	Or foncé/pourpre
22 v	Bleu/pourpre
30 v	Bleu clair

V : volt

### 3. Prix des plaques :

Pour le moment, il ya aucun fabricant des plaques d'ostéosynthèse en alliage de titane en Algérie, toutes les plaques utilisées dans la médecine humaine et animale sont importées. Le prix de ces plaques varies entre 40 et 150 € ce qui rend le cout de l'intervention chirurgicale très chère, la présence des plaques de ce genre localement développer et disponible de prix moins chère, va servir à diminuer le prix des interventions chirurgicale.

### III . Protocole expérimentale :

#### 1. Animaux d'expérimentation :

Pour notre expérimentation nous avons choisi des rats Wistar de sexe femelle ces rats proviennent de l'institut pasteur de Delly Brahim.

Après des examens préliminaires en s'assure qu'ils ne présentent aucune anomalie corporelle ou physiologique.

## MATERIEL ET METHODES



*Figure 6 : Animaux d'expérimentation (Rats Wistar)*

### 2. Déroulement de l'expérimentation :

L'objectif de notre travail expérimental est de faire un suivi de l'acceptation des implants par les rats :

- Implanté des plaques d'alliage de titane chez des rats Wistar
- Suivi de l'état général des rats avant et après la chirurgie
- Effectué des prélèvements sanguins avant et après la chirurgie
- Faire des sacrifices avec récupération de toute la partie autour de l'implant

Notre expérimentation s'est étalée sur environ 10 semaines, durant tout ce temps les animaux témoins et expérimentaux soumis aux mêmes conditions expérimentales, reçoivent de la même nourriture (granules) et de l'eau : ad-libitum.

#### 2.1. Répartition des lots :

L'expérimentation que nous avons menée porte sur vingt (20) rats pesant en moyenne 223,95 grammes, les 20 rats misent dans une grande cage la première semaine. Nous les avons repartis en 10 cages : 2 rats dans chaque cage (les rats sont individuellement identifiés par un marquage au niveau de la queue selon l'identification des cages après cette répartition). Après on a mis chaque rat dans une cage individuelle après l'intervention chirurgicale.

Pour faciliter l'étude nous avons repartis les rats en 7 lots, notre répartition basée sur le nombre et les types des plaques disponibles pour notre expérimentation, avec un lot témoin, voir tableau (2).

## MATERIEL ET METHODES

*Tableau (2) : tableau récapitulatifs de la répartition des lots durant l'expérimentation*

<b>RATS / LOTS</b>	LOT 1	LOT 2	LOT 3	LOT 4	LOT 5	LOT 6	LOT 7
	(témoin)	(expérimentale)	(expérimentale)	(expérimentale)	(expérimentale)	(expérimentale)	(expérimentale)
	Rat 1	Rat 1	Rat 1	Rat 1	Rat 1	Rat 1	Rat 1
	Rat 2						
	Rat 3	Rat 2					
Rat 4							

### 2.2. Installation et entretien des animaux :

#### 2.2.1. Litière :

- litière utilisée : copeaux de bois
- changement de litière : une fois chaque deux jours avant l'intervention chirurgicale et une fois chaque jour après l'intervention.

#### 2.2.2. Aliments et approvisionnement en eau :

- nourriture : granules
- Eau ad-libitum
- Vérification quotidienne de l'alimentation et les abreuvoirs

### 2.3. Plaques implanté :

Les 12 plaques en alliage de titane implanté proviennent du Centre de Développement des Technologies Avancées (CDTA) de Baba Hassen, wilaya d'Alger.

Les plaques de natures d'alliage de titane sont développées au niveau du centre (CDTA), de forme rectangulaires de taille variable (entre 10 mm et 20 mm de longueur, et de 5 mm a 12mm de largeur, et de 0,2 a 0,5 mm d'épaisseur).

Un traitement spécifique était appliquée sur chaque de ces plaques voir tableau (3)

L'implantation des plaques était faites a l'aide un acte chirurgicale effectué a par des spécialistes en chirurgie vétérinaire : Madame Benmouhand et Madame Zenad a l'aide : Madame Milla et madame Ainouz

# MATERIEL ET METHODES

*Tableau (3) : types de plaques et traitement appliquées*

<b>Identification de la plaque</b>	Plaque1 x 2	Plaque2 x 2	Plaque3 x 2	Plaque4 x 2	Plaque5 x 2	Plaque6 x 2
<b>Traitement de la plaque (voltage/temps)</b>	10 v 30 min	10 v 60 min	20 v 30 min	20 v 60 min	30 v 30 min	30 v 60 min

x 2 : deux exemplaires

v : volt

min : minutes

### 3. matériel chirurgicale :

#### 3.1. Anesthésie :

kétamidor 100mg/ml : Anesthésie générale (kétamine)

<b>Voie d'administration</b>	Voies intraveineuse ou intramusculaire.
<b>Posologie</b>	<u>Animaux de laboratoire</u> : voie intraveineuse : 10 mg/kg voie intramusculaire : 40 a 200 mg/kg
<b>Composition</b>	Substance active : Kétamine (sf chlorhydrate) ..... 100,00 mg Excipient(s) : Chlorobutanol hémihydraté ..... 3,15 mg

#### 3.2. Instruments de chirurgie :

- ciseaux
- pinces hémostatique
- pinces anatomiques
- manche de bistouri
- lames de bistouri
- sonde cannelé
- curette
- rasoir infirmier
- porte aiguilles
- seringue
- fils de suture

## MATERIEL ET METHODES

### 3.3. Moyens de désinfection et préparation :

- champs stérile
- compresse stérile
- gants stérile
- bavette
- Bétadine
- alcool chirurgicale
- savon
- eau oxygénée
- coton

### IV. Techniques :

#### 1. prélèvements sanguins (sinus rétro-orbital) :

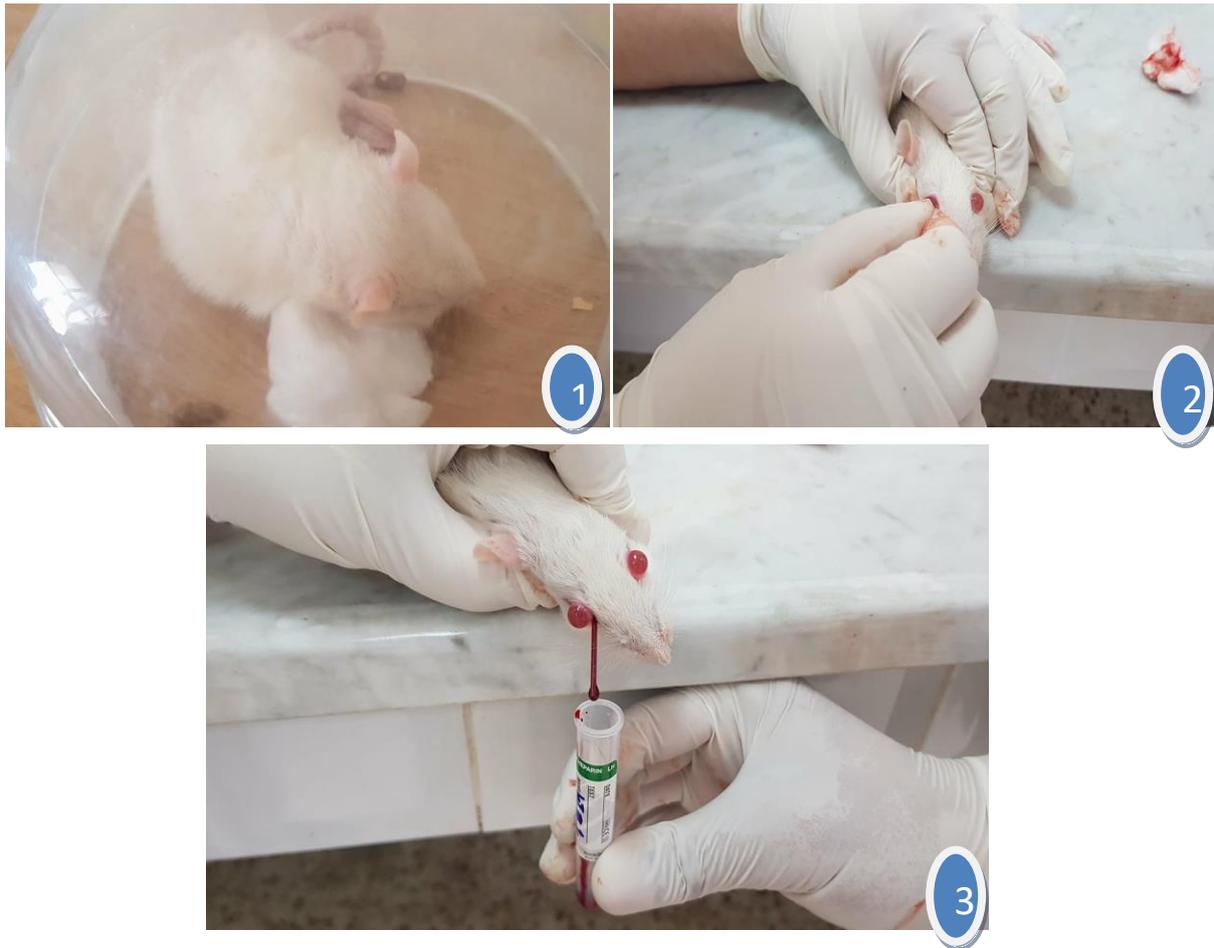
L'ensemble des animaux expérimentaux sont mis à jeun la veille du prélèvement.

Le prélèvement est réalisé au niveau du sinus rétro-orbital de l'œil (région cartilagineuse richement vascularisée) grâce à des capillaires héparines pour hématocrites. Le recueil de sang a été effectué respectivement sur tubes EDTA numérotés.

Cette opération est effectuée dans le but des tests biochimiques réalisés plus tard.

D'abord on a mis les rats dans une cloche avec du coton imprégné dans l'éther qui est inhalé par le rat jusqu'à la perte de conscience.

## MATERIEL ET METHODES



*Figure 7 : technique de prélèvements sanguins (sinus rétro-orbital)*

### 2. Technique opératoire :

#### 2.1. Préparation de la chirurgie :

Avant l'intervention on a appliqué une diète hydrique de tous les animaux 24 heures avant l'opération avec vérification de l'état générale des animaux

Pour diminuer au maximum les risques septiques (risques d'infection), une attention toute particulière est portée à la préparation de nos patients: tonte de la zone, nettoyages multiples avec une solution moussante et désinfectante.

#### 2.2. Préparation de l'opéré :

##### 2.2.1. Contention de base :

Il est très important de saisir le rat par la base de la queue et non l'extrémité de celle-ci.

Maintenir une traction sur la queue afin que le rat s'agrippe et s'immobilise.

Avec l'autre main, avancé l'index et le pouce de chaque côté de la tête du rat en appuyant vers la surface de travail et bien saisir la peau du cou et du dos.

## MATERIEL ET METHODES

### 2.2.2. Anesthésie par injection intra péritonéale :

La technique s'exécute seule ou a deux. Insérer au complet l'aiguille avec un angle de 45° dans les cadrans inférieurs droits ou gauches de l'abdomen. Eviter les cadrans supérieurs et la ligne médiane au bas de l'abdomen où se situe la vessie.

Administration de 0,3 ml de kétamine et laisser l'animale s'endormir.

NB : on a perdu deux rats à cause du mauvais calcul de la dose anesthésique avant de rectifier l'erreur.

### 2.2.3. Nettoyage et désinfection :

- La dépilation de la zone opératoire.
- La préparation du champ opératoire.
- Asepsie .

### 2.3. Déroulement de la chirurgie :

- Poser la plaque entre le muscle spinotrapezius et le muscle triceps brachii après ouverture cutanée.
- Le déroulement de la chirurgie prend entre dix à quinze minutes.
- La suture est faite à l'aide d'un fil résorbable sur deux plans (musculaire et cutané).
- Désinfection et nettoyage après l'intervention.
- Les types de plaques implantées et le choix des animaux correspondants à chaque type est fait au hasard tableau (4).

*Tableau (4) : type de plaque implanté et le rat correspondant à chaque plaque*

Type de plaque	Plaque 1	Plaque 2	Plaque 3	Plaque 4	Plaque 5	Plaque 6
Rat correspond	rat1 lot 2	rat1 lot 3	rat1 lot 4	rat1 lot 5	rat1 lot 6	rat1 lot 7
	rat 1 lot 2	rat 2 lot 3	rat 2 lot 4	rat 2 lot 5	rat 2 lot 6	rat 2 lot 7

## MATERIEL ET METHODES



*Figure 8 : déroulement de la chirurgie*

### 2.4. Surveillance Postopératoires :

- Après l'opération, Nous avons reparti en 20 cages : chaque rat dans une cage.
- changement de litière une fois par jour au lieu d'une fois chaque deux jours.
- surveillance de l'état générales des animaux avec pesé et prise de températures et suivie de la cicatrisation de la plaie.

### 3. Méthode de sacrifice :

Le sacrifice des animaux est une étape qui doit être réalisée dans des conditions éthiques très rigoureuses en effet elle doit provoquer la mort rapidement, sans être précédée ou accompagnée de stress ou de douleur.

## MATERIEL ET METHODES

Donc on a choisis l'égorgeage des animaux comme méthode de sacrifice, on a mis les rats dans une cloche avec du coton imprégné dans l'éther qui est inhalé par le rat jusqu'à la perte de conscience, ce dernier est mis en décubitus dorsal avec les membres écartés ensuite on l'égorge.

Après sacrifice on récupère une partie large de peau, muscles et os qui entoure le lieu de l'implantation de plaque, et on les conserve dans une solution de formole a 10%.

Les sacrifices étaient programmés selon la disponibilité de deux exemplaires de chaque type de plaque, bien qu'on a programmé un sacrifice chaque deux jours à partir du jour d'implantation pour le premier exemplaire et après vingt huit jours pour le deuxième exemplaires de plaque tableau (5).

*Tableau 5 : déroulement des sacrifices durant l'expérimentation*

<b>Jour de Sacrifice</b>	Jour 1(après 2 jour de l'intervention)	Jour 3	Jour 5	Jour 7	Jour 9	Jour 11	Jour 27(après 28 jours l'intervention)
<b>Rat sacrifié + plaque</b>	Rat 1 Lot 2 (p1)	Rat1 lot3 ( p2)	Rat1 lot4 (p3)	Rat1 lot5 (p4)	Rat1 lot6 (p5)	Rat1 lot7 (p6)	Rat2 lot2(p1) Rat2 lot3(p2) Rat2 lot4(p3) Rat2 lot5(p4) Rat2 lot6(p5) Rat2 lot7(p6)

(P): plaque

# RESULTATS ET DISCUSSION

## RESULTATS ET DISCUSSION

Dans cette partie, nous allons présenter les résultats obtenus dans notre expérimentation.

### 1. Evolution pondéral :

Les pesées hebdomadaires tout au long de la durée de l'expérimentation, ont permis de suivre l'évolution pondérale des animaux expérimentaux et témoins. Les résultats des pesées effectuées sont rapportés dans le tableau (6)

*Tableau 6 : valeurs moyennes des poids corporelles (gramme)*

Lot/temps	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
<b>Lot1</b> <b>(témoin)</b>	264	264	265	263	267	268	262	254	263	266
<b>Lot2</b>	223	223	222	221	223	220	221	224	226	225
<b>Lot3</b>	221	217	218	216	221	220	218	218	221	223
<b>Lot4</b>	264	264	265	262	266	265	260	253	262	265
<b>Lot5</b>	263	263	264	262	265	264	259	255	261	264
<b>Lot6</b>	236	225	223	232	230	233	226	228	232	233
<b>Lot7</b>	260	258	261	262	260	261	258	260	261	260

SA : sacrifice de l'animal

↓ : implantation des plaques

↓ : fin des sacrifices T : temps (semaine)

Au début de l'expérimentation, une diminution légère du poids corporelle est observée chez l'ensemble des rats au cours de la première semaine due au stress (stress du transport, changements des locaux, changement d'aliment habituée), après une élévation puis stabilité au cours des 5 semaines qui suivent.

## RESULTATS ET DISCUSSION

Après la mise en place des plaques, une baisse du poids des rats expérimentaux était remarquée chez les rats qui subissent l'intervention, et stabilité chez les rats témoins sachant que les rats expérimentaux ont subi une diète hydrique 24 heures avant l'intervention.

Récupération progressive du poids des rats expérimentaux au cours des semaines qui suivent l'intervention après stabilité du poids avant leur sacrifice.

Stabilité du poids remarque chez les rats témoins pendant toute l'expérimentation.

L'analyse statique des résultats montre un déséquilibre de poids corporelle des rats expérimentaux au cours de l'expérimentation, avec un poids plus au moins stables chez les rats témoins.

### 2. température corporelle :

La prise de température corporelle des rats était faite d'une manière hebdomadaire tout au long de la durée de l'expérimentation, nous a permettre de suivre l'évolution de la température corporelle des animaux expérimentaux et témoins.

Les résultats sont rapportés dans le tableau (7)

*Tableau 7 : valeur moyenne de température corporelle (C°)*

<b>Lot/temps</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>	<b>T10</b>
<b>Lot1 (témoin)</b>	36,5	36,3	36,5	36,5	36,4	36,7	36,6	36,3	36,8	36,4
<b>Lot2</b>	36,6	36,7	36,2	36,8	36,7	36,6	36,6	36,5	36,2	36,4
<b>Lot3</b>	36,6	36,8	36,6	36,7	37	36,8	36,9	36,3	36,7	36,6
<b>Lot4</b>	37,1	36,8	36,5	36,9	36,6	36,5	36,7	36,3	36	36
<b>Lot5</b>	36,3	36,7	36,6	36,6	36,5	36,2	36,4	36,1	36,3	36
<b>Lot6</b>	36,1	36,6	36,6	36,5	36,6	36,7	36,8	36,5	36,9	36,6
<b>Lot7</b>	36,3	36,8	36,9	36,3	36,7	36,6	36,6	36,5	36,9	36,6

T : temps (semaine)

## RESULTATS ET DISCUSSION

La température corporelle des rats à l'état physiologique est entre (36 - 37,5), alors que la température corporelle calculée durant notre expérimentation varie entre (36,1 – 37,2).

La température corporelle est stabilisée, chez les tous les animaux, pendant toute la durée de notre expérimentation.

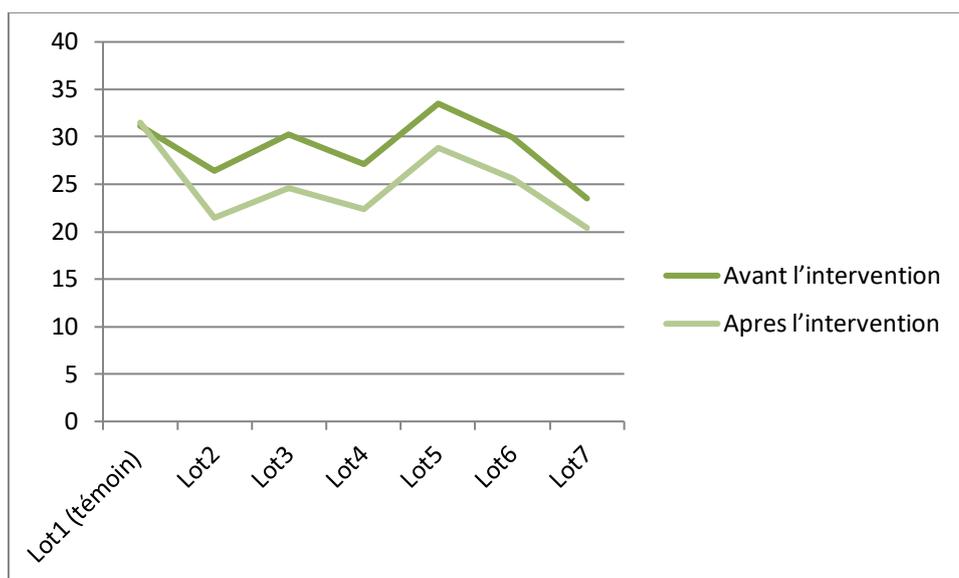
### 3. Consommation hydrique et alimentaire :

Le suivi de ces deux paramètres a été fait tout au long de la durée de l'expérimentation et chez tous les lots expérimentaux et témoins. Les résultats du suivi effectués sont rapportés dans les tableaux (8) (9) et figures (9) (10).

#### 2.1 Consommation Hydrique :

*Tableau 8 : valeurs moyennes par jour de la consommation d'eau (ml)*

<b>Lot/période</b>	<b>Avant l'intervention</b>	<b>Après l'intervention</b>
<b>Lot1 (témoin)</b>	21,3	21,1
<b>Lot2</b>	20,2	23,3
<b>Lot3</b>	20,1	23,5
<b>Lot4</b>	22,1	25,2
<b>Lot5</b>	23,2	27,2
<b>Lot6</b>	21,5	24,9
<b>Lot7</b>	20,2	24,3



*Figure 9 : valeur moyenne de consommation d'eau par tous les lots*

## RESULTATS ET DISCUSSION

### 2.1.1. Avant l'intervention chirurgicale :

La consommation d'eau avant l'intervention chirurgicale était en moyenne 20 ml par jour on ne constate aucune variation.

### 2.1.2 Après l'intervention chirurgicale :

La consommation d'eau après l'intervention chirurgicale était en moyenne de 23 ml par jour.

On a constaté une augmentation de la moyenne de consommation hydrique.

La consommation d'eau a augmenté dans les lots expérimentaux (lot 2,3,4,5,6,7) d'une manière remarquable après l'intervention chirurgicale.

La consommation d'eau est presque constante pour le lot 1 (lot témoin).

L'analyse statique des résultats montre la différence entre les moyennes de consommation d'eau par les rats avant l'intervention et après l'intervention, pour les lots expérimentaux l'augmentation de la consommation hydrique est très significative.

Pour les lots témoins la stabilité de la moyenne de la consommation hydrique est significative.

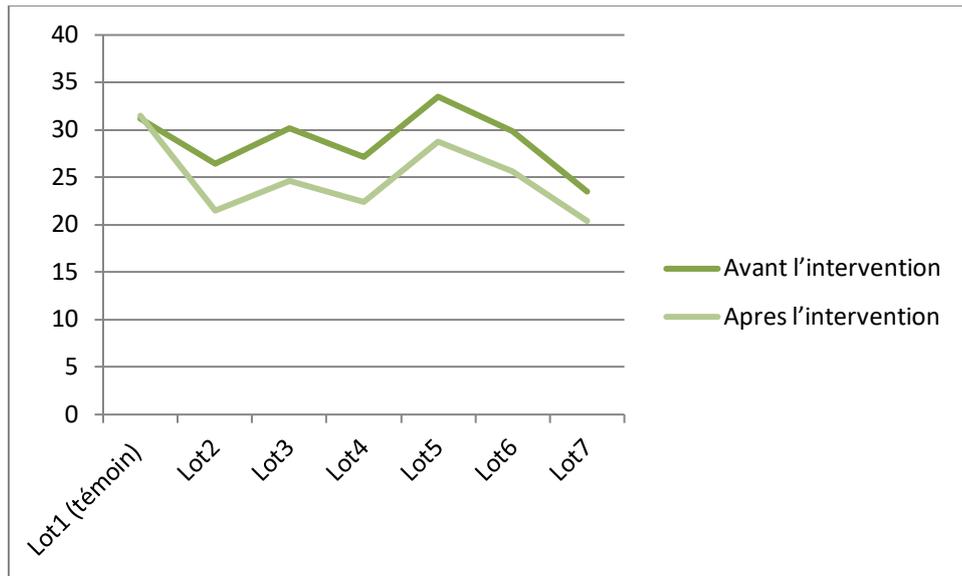
En générale pour chaque animal expérimenté une augmentation de la consommation hydrique est remarquable.

### 2.2. Consommation alimentaire :

*Tableau 9 : valeurs moyennes par jour de la consommation alimentaire (gr)*

<b>Lot/période</b>	<b>Avant l'intervention</b>	<b>Après l'intervention</b>
<b>Lot1 (témoin)</b>	31,2	31,5
<b>Lot2</b>	26,4	21,5
<b>Lot3</b>	30,2	24,6
<b>Lot4</b>	27,1	22,4
<b>Lot5</b>	33,5	28,8
<b>Lot6</b>	29,9	25,6
<b>Lot7</b>	23,5	20,4

## RESULTATS ET DISCUSSION



*Figure 10* : valeur moyenne de consommation alimentaire par tous les lots

### 2.1.1. Avant l'intervention chirurgicale :

La consommation alimentaire avant l'intervention chirurgicale était en moyenne 27 gramme par jour pour, on ne constate aucune variation.

### 2.1.2 Après l'intervention chirurgicale :

La consommation d'aliment après l'intervention chirurgicale était en moyenne de 24 gramme par jour, On a constaté une diminution de la moyenne de consommation alimentaire.

La consommation d'aliment a diminuer dans les lots expérimentaux (2,3,4,5,6,7) d'une manière remarquable après l'intervention chirurgicale.

La consommation d'aliment est presque constante pour le lot 1 (lot témoin).

L'analyse statique des résultats montres la déférence entres les moyennes de consommation d'aliment par les rats avant l'intervention et après l'intervention, pour les lots expérimentaux la diminution de la consommation alimentaire est très significatif.

Pour le lot témoins la stabilité de la moyenne de la consommation alimentaire est significative.

En générale pour chaque animal expérimenté une diminution de la consommation d'aliment est remarquable.

## RESULTATS ET DISCUSSION

### 3. Suivre macroscopique :

*Tableau 10* : suivi de l'état des rats expérimentaux après l'implantation

Rats	Vue macroscopique de la plaie / activité
Rat1 lot2	- bonne cicatrisation. - bonne activité.
Rat2 lot2	- bonne cicatrisation. - bonne activité.
Rat1 lot3	<b>- Infection au niveau de la plaie</b> <b>- bonne activité</b>
Rat2 lot3	- bonne cicatrisation. - bonne activité.
Rat1 lot4	- bonne cicatrisation. - bonne activité.
Rat2 lot4	- bonne cicatrisation. - bonne activité.
Rat1 lot5	- bonne cicatrisation. - bonne activité.
Rat2 lot5	- bonne cicatrisation. - bonne activité.
Rat1 lot6	<b>- Infection au niveau de la plaie + sortie de la plaque implantée</b> <b>- bonne activité</b>
Rat2 lot6	- bonne cicatrisation. - bonne activité.
Rat1 lot7	- bonne cicatrisation. - bonne activité.
Rat2 lot7	- bonne cicatrisation. - bonne activité.

Le suivi quotidien de l'état des rats expérimentaux après implantation des plaques, tous les rats expérimentaux présentent un bon état général et une bonne activité, la plupart des rats représentés arrivent à avoir une bonne cicatrisation de la plaie sans présenter des signes inflammatoires.

Le rat1 du lot3 présente un bon état général avec une bonne activité avec apparition des signes d'infection au niveau de la plaie.

Le rat1 du lot6 présente un bon état général avec une bonne activité, apparition des signes d'infection au niveau de la plaie avec sortie de la plaque implantée.

## RESULTATS ET DISCUSSION

En générale les plaques implantées sont bien accepter par les rats, l'échec de l'implantation chirurgicale peut êtres la cause d'inflammation chez le rat1 du lot3 et l'inflammation plus le refus de l'implantation de la plaque chez le rat1 du lot6, reste à confirmer a l'aide des études supplémentaires.

# CONCLUSION ET PERSPECTIVE

# CONCLUSION ET PERSPECTIVE

## Conclusion

L'objectif de notre travail expérimental est de tester la réaction d'implants synthétisé au Centre de Développement des Technologies Avancées (CDTA). Les implants sont de natures d'alliage de titane, de forme rectangulaire de taille variable, au nombre de 12 plaques traitée différemment.

Lors de notre expérimentation nous nous sommes intéressé en premier lieu à la réaction de l'endroit où l'on placé les plaques pour voir s'il y'a rejet ou pas, ensuite nous avons effectués un suivie rigoureux au quotidien de l'état générale des animaux et de la plaie en particulier

Au terme des différents examens effectués tout au long de l'expérimentation, des modifications comportementales ont pu être relevé et qui sont marquées par:

- Un déséquilibre de poids corporelle des rats au cours de l'expérimentation, avec un poids plus au moins stables chez les rats témoins.
- La température corporelle est stabilisée, chez les tous les animaux, pendant toute la durée de notre expérimentation.
- Une augmentation de consommation hydrique chez les rats expérimentaux par rapport aux témoins, par contre une diminution de consommation alimentaire chez les rats expérimentaux.

Ces observations dénotent donc un comportement très normal chez les rats expérimentaux.

10 plaques sur 12 plaques implantées été bien accepter par les rats, les 2 autres plaques sont rejeter.

L'étude cellulaire des tissus et biochimique et chimiques des plaques implantées confirmera les résultats macroscopique et comportementale obtenue dans notre expérimentation.

CONCLUSION ET PERSPECTIVE

## Références bibliographiques

- [1] Professeur kissi. Les classifications des fractures. UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID-TELEMCEN. 2012.
- [2] Docteur MIRAUCOURT Thierry. Chirurgie orthopédique. Les fractures. 2006.
- [3] Docteur DAVID Picovski. Chirurgie orthopédique. 2 Avenue Van Dyck 75008 Paris. 2010.
- [4] Jacques Drape, Josep De La Fuente. MED'COM 2017. Recueil de cas cliniques fractures chez le chien et le chat. 2017.
- [5] Jean-Paul Meyrueis, Alain Cazenave, Richard Zimmermann, Jacques Meyrueis. Matériel d'ostéosynthèse Vis et plaques, 01 Janvier 1995. Article publié dans le traité EMC Techniques chirurgicales - Orthopédie-Traumatologie. 1995.
- [6] OMS. Organisation Mondial de la Santé. Chirurgie et sante publique. 2001.
- [7] 2005. vet-orthopedie. Méthodes d'osteosynthese, Octobre 2005. [En ligne]. vet-orthopedie.com/methodes-dosteosynthese/. 2005.
- [8] 2018. Wikipedia.[En ligne]. fr.wikipedia.org/wiki/Titane#Secteur\_biomédical.
- [9] Ansm. 2017. Plaques d'ostéosynthèse verrouillées en titane, Bilan d'une analyse des difficultés d'explantation. janvier 2017 .
- [10] Donald L.piermattei, Gretchen L.Flo, Charles E.Decamp. Manuel d'orthopédie et traitement des fractures des animaux. Quatrième Édition. Octobre 2009.
- [11] Matériaux utilisés pour l'ostéosynthèse. [En ligne]. sitedupoignet.com/nouveaux-matériels/de-quoi-sont-faits-plaques-vis-et-broches/. 2018.
- [12.] Stéphanie Caron. Prélèvements sanguins chez le rat. UNIVERSITE LAVAL. Février 2013.
- [13] George Gabner. Rats : Les connaître, les nourrir, les soigner. Janvier 2002.
- [14] Michel Broustail. La souris de laboratoire et son élevage.1951.
- [15] FARGHEON Martin. Tom. Simon. 2011. ostéosynthèse par plaques vissé sur un modèle de fracture comminutive du tibia ovin. UNIVERSITE DE TOULOUSE 2011.
- [16] Professeur kissi. Les classifications des fractures. UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID-TELEMCEN. 2012.
- [17] MICHEL Alberganti. OGM. Le sacrifice des rats. 16 Octobre 2012 .
- [18] KRIS Andrews. UBC Animal Care Guidelines. ACC-2012-Tech10. IP in Rats and Mice. 2014.

- [19] Louis Plouvier. Les souris blanches et leur élevage. Guide de production. Louis Plouvier. Troisième Edition. 1949.
- [20] 2017.Regard-animalier. [En ligne]. [regard-animalier.com/fiche-d-elevage-du-rattus-norvegicus.html](http://regard-animalier.com/fiche-d-elevage-du-rattus-norvegicus.html). 2017.
- [21] M.Tremblay.Le Rat. DMV le jour éditeur. 2001.
- [22] BAZIN Herve. L'origine des rats de laboratoire. Contribution a sa connaissance. Bull. Acad. Vét. de France, 2001, 154, 145-150.2001.
- [23] Julie Andru. Les populations invasives de rongeurs en milieu agricole, 21 Décembre 2012. Université Claude Bernard Lyon 1. 303-2012. 2012.
- [24] Amélie Fortin. VERS UNE GESTION PLUS EFFICACE ET DURABLE DES RATS. Maitrise en environnement université de Sherbrooke, Septembre 2012. 2012.
- [25] OMS. Organisation Mondial de la Santé. 15.10.5. Les animaux de laboratoire. 1971.
- [26] Christine MEDAILLE. Des analyses vétérinaires. Med'com, Décembre 2011. Deuxième Edition. 2011.

## Annexes

- **Syndrome de VOLKMANN :** Le syndrome de Volkmann est une manifestation anatomo-clinique caractérisée par une rétractation ischémique des longs fléchisseurs des doigts, aboutissant à une main caractéristique en forme de griffe.
- **Delirium tremens :** est une conséquence neurologique sévère liée au syndrome de sevrage d'alcool décrit pour la première fois en 1813<sup>1</sup> ; il s'agit d'un état d'agitation avec fièvre, tremblements des membres, onirisme et trouble de la conscience, propre à l'intoxication alcoolique.
- **Le relargage :** Le relargage est une technique qui consiste à séparer une substance en solution de son solvant en introduisant une autre substance plus soluble qui prend sa place.
- **Cryogénie :** La cryogénie est l'étude et la production des basses températures (inférieures à  $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$  ou 120 K) dans le but de comprendre les phénomènes physiques qui s'y manifestent.
- **Module de young :** Le module de Young ou module d'élasticité (longitudinale) ou encore module de traction est la constante qui relie la contrainte de traction (ou de compression) et le début de la déformation d'un matériau élastique isotrope.
- **l'égorgeement :** se pratique par une incision profonde et rapide avec un couteau effilé sur la gorge, de façon à couper les veines jugulaires et les carotides bilatéralement et rapidement, mais en laissant la moelle épinière, afin que les convulsions améliorent encore le drainage.
- **éther :** est un produit légèrement inflammable et même explosif à forte concentration. Des accidents peuvent ainsi survenir soit au moment de son utilisation, voir même après, du à sa concentration dans les cadavres. L'éther, comme le chloroforme, attaque les plastiques et peut même partiellement les dissoudre. L'éther est irritant et donc anxiogène.
- **formole:** Le méthanal ou formaldéhyde ou aldéhyde formique ou formol est un composé organique de la famille des aldéhydes, de formule chimique  $\text{CH}_2\text{O}$  ; il s'agit d'ailleurs du membre le plus simple de cette famille. Utilisé comme fixateur et conservateur de cadavres d'animaux ou d'humains ou pour la conservation ou fixation d'échantillons ou de certains prélèvements biologiques, comme dans le cadre d'analyses IBGN, IBMR ou IOBS .
- **kétamine :** La kétamine est une amine dissociative, psychotrope, utilisée comme anesthésique général en médecine humaine et en médecine vétérinaire. Elle est également utilisée comme analgésique et sédatif, ainsi que pour traiter les douleurs chroniques.

## Résumé

La fracture est une rupture de la continuité ou cassure d'un os mais aussi d'un cartilage dur.

Une fracture peut être fermée ou ouverte avec [plaie](#), complète ou incomplète, avec ou sans déplacement des fragments. Les cassures d'un os en plusieurs morceaux sont qualifiées de fractures comminutives.

Broches, vis, plaques, cerclages : ces techniques ont pour but de repositionner et de fixer les fragments osseux, aussi près que possible de leur position naturelle. L'immobilisation par ostéosynthèse est complétée par une immobilisation externe, et par un traitement médical basé sur des antibiotiques et des anti-inflammatoires.

En traumatologie osseuse, différents alliages de titane sont utilisés. Comme le titane pur, ils sont biocompatibles et ont un haut pouvoir de résistance à la corrosion.

Notre travail s'est étalé sur 10 semaines, il porte principalement sur une partie expérimentale où nous avons mis en place des implants en alliage de titane traités différemment à un lot de rats wistar.

L'objectif de notre travail est de faire un suivi de l'acceptation des implants par les rats.

Tout au long de cette expérimentation, nous avons effectué des suivis de l'état vital des rats (poids, températures, consommation hydrique et alimentaires), ainsi que des prélèvements sanguins pour les animaux témoins et expérimentaux avant et après la mise en place des implants.

Les résultats obtenus dénotent un comportement très normal chez les rats expérimentaux.

10 plaques sur 12 plaques implantées ont été bien acceptées par les rats, les 2 autres plaques ont été rejetées.

L'étude cellulaire des tissus et biochimique et chimique des plaques implantées confirmera les résultats macroscopique et comportementale obtenue dans notre expérimentation.

**Mots clés :** Fracture, Ostéosynthèse, Plaques, alliage de titane.

## Abstract

The fracture is a rupture of the continuity or breakage of a bone but also of a hard cartilage.

A fracture can be closed or opened with wound, complete or incomplete, with or without displacement of the fragments. Breaks of a bone in several pieces are called comminuted fractures.

Brooches, screws, plates, straps: these techniques are intended to reposition and fix the bone fragments, as close as possible to their natural position. Immobilization by osteosynthesis is completed by external immobilization, and by medical treatment based on antibiotics and anti-inflammatories.

In bone traumatology, different titanium alloys are used. Like pure titanium, they are biocompatible and have a high resistance to corrosion.

Our work was spread over 10 weeks, it focuses mainly on an experimental part where we put in place titanium alloy implants treated differently to a batch of wistar rats.

The goal of our work is to make a follow-up of the acceptance of the implants by the rats.

Throughout this experiment, we carried out monitoring of the vital state of the rats (weight, temperature, water consumption and food), as well as blood samples for control and experimental animals before and after implant placement.

The results obtained indicate a very normal behavior in experimental rats.

10 plates on 12 implanted plates were well accepted by the rats, the other 2 plates are rejected.

The cellular and tissue biochemical and chemical study of the implanted plaques will confirm the macroscopic and behavioral results obtained in our experimentation

**Key words:** fracture, osteosynthesis, plates, titanium alloy.

## ملخص :

الكسر هو تمزق في استمرارية أو كسر في العظام ولكن أيضًا من غضروف صلب.

يمكن إغلاق الكسر أو فتحه بالجراحة، كاملة أو غير كاملة، مع أو بدون تشريد الأجزاء. تسمى فواصل العظم في عدة أجزاء بالكسور المفتتة.

دبابيس، مسامير، صفائح، أحزمة: هذه التقنيات تهدف إلى إعادة وضع وتثبيت شظايا العظام، أقرب ما يكون إلى وضعها الطبيعي. اكتمال الشلل عن طريق تثبيت العظام عن طريق الشلل الخارجي، وعن طريق العلاج الطبي على أساس المضادات الحيوية ومضادات الالتهاب.

في رضوض العظام، يتم استخدام سبائك التيتانيوم المختلفة. مثل التيتانيوم الخالص، فهي متوافقة حيويًا ولها مقاومة عالية للتآكل.

ننشر عملنا على مدى 10 أسابيع، ويركز بشكل رئيسي على جزء تجريبي حيث وضعنا في مكان يزرع سبائك التيتانيوم تعامل بشكل مختلف لمجموعة من الفئران wistar.

الهدف من عملنا هو إجراء متابعة لقبول الغرسات من قبل الجرذان.

خلال هذه التجربة، قمنا برصد الحالة الحيوية للفئران (الوزن ودرجة الحرارة واستهلاك المياه والمواد الغذائية)، وكذلك عينات الدم للسيطرة والحيوانات التجريبية قبل وبعد وضع الزرع.

تشير النتائج التي تم الحصول عليها إلى سلوك طبيعي جدًا في الجرذان التجريبية.

تم قبول 10 لوحات على 12 لوحة مزرعة بشكل جيد من قبل الفئران، ورفض 2 لوحات أخرى.

إن الدراسة البيوكيميائية والكيميائية الخلوية والكيميائية للوحات المزروعة ستؤكد النتائج العيانية والسلوكية التي تم الحصول عليها في تجربتنا.

**كلمات مفتاح:** كسر، تثبيت طرفي العظم، لوحات، سبائك التيتانيوم

