

# SOMMAIRE

SOMMAIRE.....	1
INTRODUCTION.....	5
ABREVIATIONS UTILISEES.....	8

<b>PREMIERE PARTIE : RAPPORTS ANATOMIQUES ET FONCTION DES CARTILAGES UNGULAIRES DU CHEVAL</b>
---

<b>I - <u>Anatomie des cartilages unguinaires</u></b> .....	10
A - Conformation des cartilages unguinaires	
1 - Face externe	
2 - Face interne.....	12
3 - Bord distal	
4 - Bord proximal	
5 - Bord dorsal	
6 - Bord palmaire ou plantaire	
B - Fixité	
C - Structure.....	15
D - Rapports vasculaires	
<b>II - <u>Fonction des cartilages unguinaires</u></b>	
A - Rôle vasculaire	
B - Rôle mécanique.....	16
1 - Amortissement	
2 - Soutènement	
3 - Propulsion	

<b>DEUXIEME PARTIE : ANIMAUX, MATERIEL ET METHODE</b>
---

<b>I - <u>Effectif</u></b> .....	18
A - Choix des chevaux	
B - Caractéristiques de l'effectif	
1 - Répartition par race	
2 - Répartition par sexe.....	20
3 - Répartition par classe d'âge	
<b>II - <u>Matériel de radiologie</u></b> .....	22
A - Générateur	
1 - Au CIRALE	
2 - A l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort	

B - Couples film-écran	
C - Constantes radiographiques	
D - Développement.....	24

### **III - Méthodes**

A - Examen radiographique	
1 - Préparation des chevaux	
a - Préparation des membres	
b - Contention des chevaux	
c - Difficultés rencontrées.....	25
2 - Incidences	
a - Incidence latéro-médiale	
b - Incidence dorso-palmaire pied à l'appui	
c - Incidence dorso-palmaire avec le pied positionné sur une cale inclinée de 60°.....	28
B - Interprétation des clichés.....	30
1 - Lecture des clichés	
2 - Classification des images radiographiques	
3 - Analyses.....	33

<b>TROISIEME PARTIE : RESULTATS</b>
-------------------------------------

#### **I - Incidence de l'ossification des cartilages unguulaires**

<b><u>des pieds antérieurs :</u></b> .....	36
A - Résultats sur l'ensemble de l'effectif	
B - Résultats en fonction du sexe	
C - Résultats en fonction de l'âge.....	37

#### **II - Type d'ossification**.....

A - Degré d'ossification.....	40
1 - Degré d'ossification pour l'ensemble de l'effectif	
2 - Degré d'ossification des cartilages unguulaires en fonction de l'âge.....	41
3 - Degré d'ossification des cartilages unguulaires en fonction du sexe.....	42
B - Latéralisation de l'ossification des cartilages unguulaires.....	43
C - Processus d'ossification.....	46
1 - Evolution de l'ossification	
2- Incidence des centres d'ossification séparés.....	47

## QUATRIEME PARTIE : DISCUSSION

<b>I - <u>Protocole expérimental</u></b> .....	50
A - Echantillonnage	
1 - Race et sexe des chevaux	
2 - Age des chevaux	
a - Effet sur l'incidence de l'ossification des chevaux.....	53
b- Effet sur l'étendue de l'ossification des chevaux.....	54
3 - Activité des chevaux.....	55
B – Protocole.....	56
1 - Obtention des images radiographiques	
2 - Classification des images radiographiques	
<b>II - <u>Apports des études précédentes</u></b>	
A - Relation entre les images radiographiques et la clinique	
1 - Degré de sévérité de l'ossification	
2 - Lien entre l'ossification des cartilages ungulaires et l'apparition de boiteries basses.....	57
3 - Latéralisation de l'ossification des cartilages ungulaires.....	59
B - Influence du modèle du cheval sur l'incidence de l'ossification des cartilages ungulaires	
1 - Comparaison d'une population de chevaux de trait avec une population de chevaux de selle.....	60
2 - Influence de la masse corporelle.....	62
<b>III - <u>Etiologie de l'ossification des cartilages ungulaires</u></b>	
A - Etiologie	
1 - Facteur héréditaire	
2 - Facteur morphologie.....	63
3 - Influence environnementale	
B - Application à la visite d'achat	
<b>CONCLUSION</b> .....	66
Annexes.....	68
<b>Références bibliographiques</b> .....	86



# **INTRODUCTION**



Dans les années 1990, un début d'organisation de la filière cheval de trait, indépendante de la filière hippophagique, revalorise progressivement la pratique d'activités traditionnelles tout en développant des usages inédits du cheval de trait. Les Haras Nationaux et les syndicats des 9 races reconnues en France soutiennent et médiatisent la filière avec l'aide de nombreux passionnés parfois regroupés en association (exemple de « Trait de Génie »). La complémentarité cheval-tracteur (travaux agricoles, débardage..), les activités de service (tourisme hippomobile, ramassage d'ordure dans les municipalités, classes vertes..) et les activités de loisirs ou de compétition (premier championnat d'attelage en 1990, « Route du poisson » et autres routes...) font du cheval de trait un symbole de notre ruralité passée et un athlète à part entière. Son potentiel sportif est enfin reconnu.

Pourtant, en médecine vétérinaire peu de travaux ont été réalisés sur les capacités (effort de traction, récupération..) et les faiblesses des chevaux de trait sportifs, c'est-à-dire en activité. Nos connaissances du cheval de selle sont projetées sur le cheval de trait en omettant les particularités relatives à leur morphologie, leur stature, leurs utilisations, et à un patrimoine génétique qui leur est propre. Ainsi, il semble que l'ossification des cartilages unguulaires des pieds antérieurs est une trouvaille radiographique fréquente chez les chevaux de trait. Souvent accusé d'être à l'origine de boiterie antérieure, le processus d'ossification est la source de nombreuses controverses à propos de son incidence, de son étiologie et de sa signification clinique.

Ce travail a pour but de déterminer l'incidence, les principales caractéristiques, l'éventuelle répercussion clinique et les facteurs favorisants de l'ossification en se basant sur un échantillon de 37 individus et sur les études déjà effectuées.

Après un bref rappel anatomique sur les cartilages unguulaires, le protocole de l'étude est décrit.

Puis, les résultats découlant de l'observation et de la classification des radiographies seront exposés.

Enfin, une discussion relative aux limites du protocole utilisé, aux apports des travaux précédents (clinique, étiologie) et aux applications envisageables sera développée.

## **ABREVIATIONS UTILISEES**

CU : cartilage(s) ungulaire(s)

ENVA : Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort

CIRALE : Centre d'Imagerie et de Recherche sur les Affections Locomotrices Equines

P2 : Phalange moyenne

P3 : Phalange distale

M : Mâle

F : Femelle

H : Hongre

**PREMIERE PARTIE :**  
**RAPPORTS ANATOMIQUES ET FONCTION DES**  
**CARTILAGES UNGULAIRES DU CHEVAL**



Les cartilages unguulaires sont une entité spécifique au pied des équidés qui est constitué lui-même par le sabot et son contenu.

Avec le coussinet digital, les cartilages unguulaires forment l'appareil complémentaire du pied qui participent à des fonctions complexes (sens tactile, amortissement, pompe vasculaire).

## **I – Anatomie des cartilages unguulaires :**

Les cartilages unguulaires peuvent également être nommés « fibrocartilages complémentaires de la troisième phalange » ou « cartilage scutiforme » à cause de leur forme de bouclier (du latin *scutum*, bouclier).

Chaque pied comprend 2 cartilages unguulaires : un latéral et un médial. Ils prennent la forme d'une lame aplatie qui s'attache sur le processus palmaire (ou plantaire) de la phalange distale et qui couvre le côté de l'articulation interphalangienne distale ( **figure 1** ).

Ils débordent fortement ces formations palmairement (ou plantairement) et proximale pour répondre à la base du coussinet digital et s'étendre jusque sous la peau de la région coronaire, où ils sont aisément palpables.

### **A - Conformation :**

Les cartilages unguulaires sont plus étendus sur les antérieurs que sur les postérieurs. Ils ont une forme losangique et ils présentent deux faces et quatre bords.

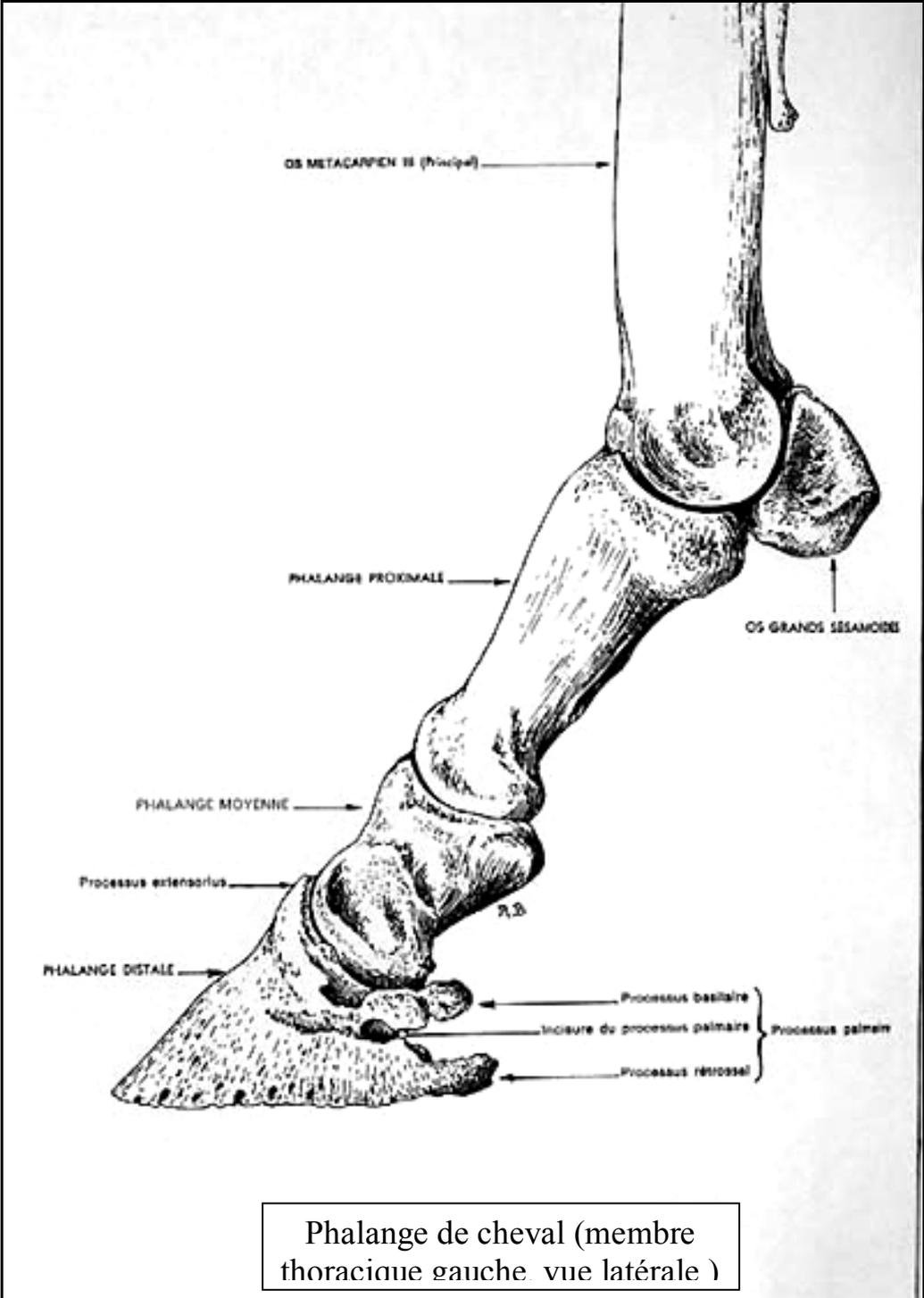
#### **1 - Face externe :**

Elle est convexe et elle est recouverte :

- par le bourrelet et le podophylle dans sa partie distale,
- par la peau dans sa partie proximale.



Figure 1 : Phalange de cheval (membre thoracique gauche, vue latérale), d'après BARONE R. (1)



## 2 - Face interne :

Elle est concave et elle adhère au récessus collatéral de l'articulation interphalangienne distale entre les ligaments collatéraux interphalangien et sésamoïdien.

Sa partie dorsale est appliquée contre l'articulation interphalangienne distale.

Sa partie palmaire (ou plantaire) couvre le coussinet digital qui est en continuité de substance avec elle distalement. De forts tractus fibreux (ligaments) unissent proximale-ment au squelette la face interne des cartilages unguulaires.

## 3 - Bord distal :

Il est épais, fixé solidement au processus palmaire (ou plantaire) de la phalange distale. Il se prolonge au-delà de celui-ci palmairement, pour devenir continue au coussinet digital.

## 4 - Bord proximal :

Il est mince, irrégulier et convexe. Il est palpable sous la peau jusqu'au bulbe des talons ce qui lui permet de servir de repère anatomique pour la réalisation de l'anesthésie digitale distale.

## 5 - Bord dorsal :

Il longe la terminaison du tendon extenseur dorsal du doigt et couvre le ligament collatéral de l'articulation interphalangienne distale. Après l'âge de un an il se confond avec ce dernier, et les deux formations sont alors en continuité de substance.

## 6 - Bord palmaire ou bord plantaire :

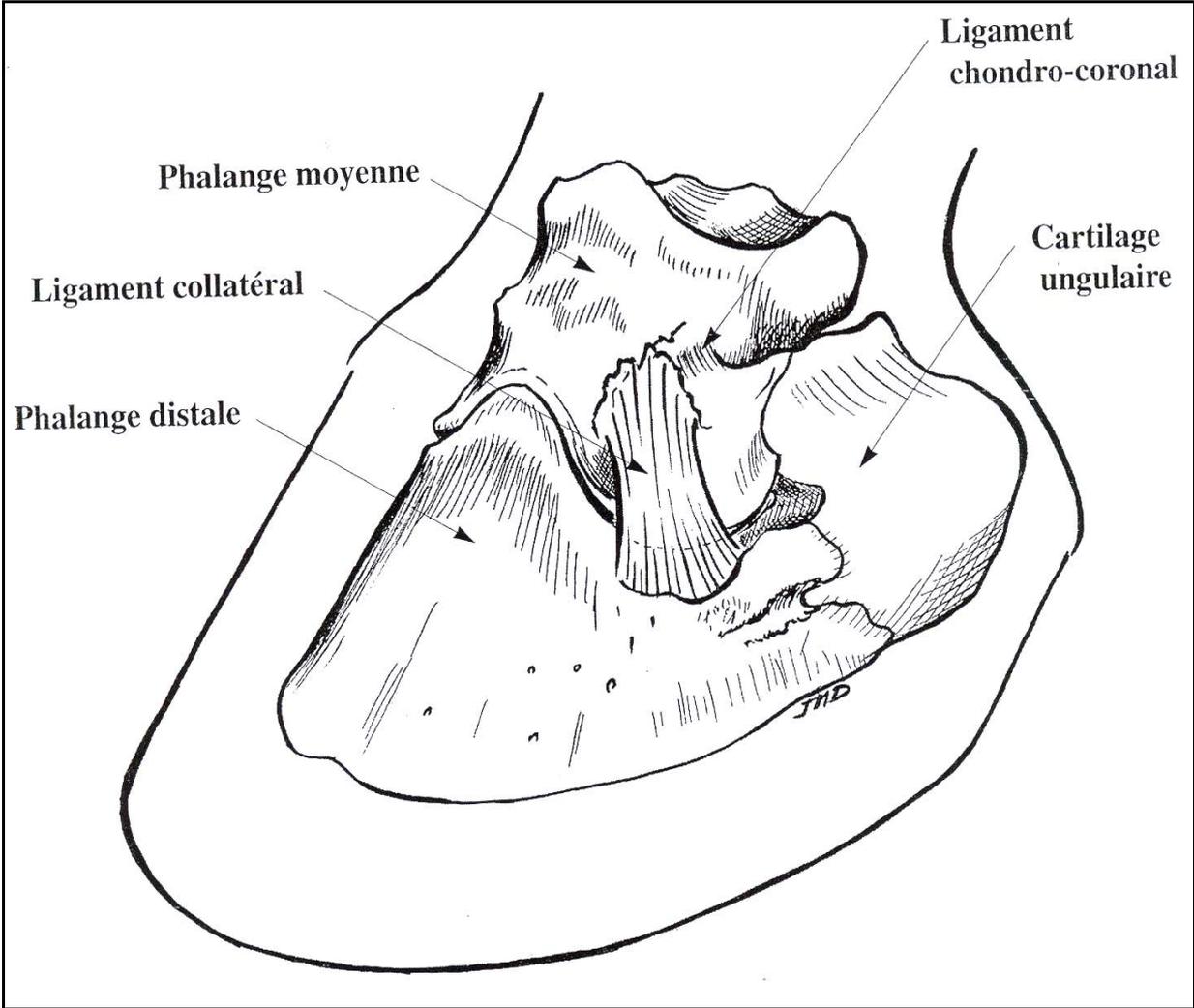
Il est convexe et mince, s'infléchit en direction du cartilage contro-latéral sur la surface du bulbe du talon.

Il est irrégulier parce qu'il est perforé de nombreux petits orifices que traversent les veines.

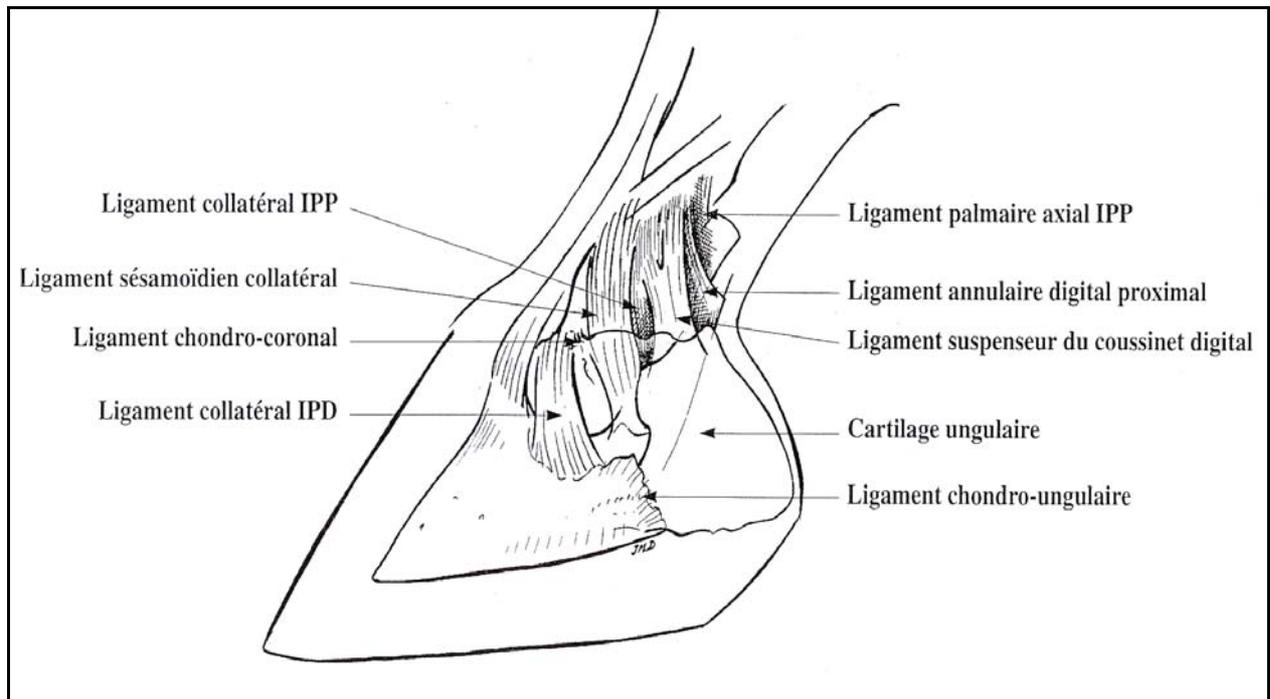
## **B - Fixité :**

Les cartilages unguulaires sont solidement fixés aux structures adjacentes par quatre groupes de forts faisceaux fibreux (**figure 2 et 3 et tableau 1**).

**Figure 2 : Articulation interphalangienne distale et cartilages ungulaires-antérieur gauche, vue dorso-latérale (DENOIX (5))**



**Figure 3 : Articulation interphalangienne distale et cartilages ungulaires-antérieur gauche, vue latérale (DENOIX (5))**



**Tableau 1 : Structures ligamentaires participant à la fixation des cartilages ungulaires**

<b>LIGAMENTS</b>	<b>CARACTERISTIQUES</b>	<b>ORIGINE</b>	<b>TERMINAISON</b>
<b>Chondro-compédaux</b>	Travées irrégulières	Bord de la phalange proximale	Bord proximal du cartilage correspondant
<b>Chondro-coronaux</b>	Puissants	Phalange moyenne	Face axiale du cartilage correspondant
<b>Chondro-sésamoïdiens</b>	Dépendances du ligament sésamoïdien collatéral de l'articulation interphalangienne distale	Face axiale du cartilage	Extrémité correspondante de l'os sésamoïde distal
<b>Chondro-ungulaires</b>	Courts, puissants et fibreux ; assurent une continuité de substance.	Bord distal du cartilage	Bords du sillon pariétal de la phalange distale

### **C - Structure :**

Elle est hétérogène ; deux natures de tissus inégalement répartis, un fibreux et un cartilagineux hyalin, la constituent.

- a. La partie hyaline couvre la face externe. Elle s'épaissit vers le bord dorsal et près de l'attache phalangienne.
- b. La partie fibreuse est profonde. Elle, seule, est pourvue de vaisseaux propres. Elle s'épaissit progressivement du bord dorsal vers la région du talon.

### **D - Rapports :**

Un fort plexus veineux parcourt chaque face du cartilage et échange des anastomoses avec le plexus de la face opposée à travers des foramens percés dans le cartilage, essentiellement dans ses parties proximale et palmaire. Ce plexus veineux est constitué par des réseaux cartilagineux profonds et superficiels, d'où procèdent les racines de la veine digitale propre.

Lorsque le pied vient à l'appui, ces plexus sont comprimés : le sang est chassé proximatement.

## **II - Fonction des cartilages unguulaires dans la biomécanique du pied :**

Un rôle vasculaire et un rôle mécanique peuvent être attribués aux cartilages unguulaires.

### **A - Rôle vasculaire :**

Il correspond au rôle de pompe sanguine exercée lors de la phase de l'appui par l'étroite relation anatomique qui existe entre les plexus veineux et les faces des cartilages ( c.f. partie D du premier paragraphe ). Le sens de propagation du sang est imposé par la présence de valves dans les veines digitales.

Un massage sanguin est créé par l'alternance de compression et d'expansion du plexus veineux. Ce massage permet une bonne vascularisation du pied et en particulier de la membrane kératogène. Il est indispensable à l'intégrité et au fonctionnement du pied.

## **B - Rôle mécanique :**

Les cartilages unguulaires fonctionnent comme l'articulation interphalangienne distale lors des trois phases qui constituent l'appui.

### **1 - Amortissement :**

Il correspond au début de l'appui durant lequel il y a fermeture des angles articulaires. L'élasticité et l'écartement en regard du bord solaire des cartilages unguulaires participent à l'absorption de la pression qui s'exerce sur les tissus adjacents.

### **2 - Soutènement :**

Le membre soutient alors la masse corporelle.

L'écrasement du coussinet digital entre le rayon phalangien et la fourchette se transmet à la partie profonde des cartilages unguulaires puis sur les parties latérales du pied. Les cartilages unguulaires ont un déplacement angulaire plus important dans la région des talons puisqu'ils se trouvent dans la continuité des processus palmaires ou plantaires de la phalange distale qui descendent lors du soutènement. Ce déplacement et l'élasticité des cartilages unguulaires permet l'absorption des forces verticales qui s'appliquent sur le pied.

Ainsi l'ossification des cartilages unguulaires appelée « formes cartilagineuses » est source de polémique au sujet des éventuelles répercussions qu'elle pourrait avoir sur la biomécanique du pied. Certains scientifiques craignent en effet que la perte d'élasticité des cartilages et la compression créées sur les parties voisines ne favorisent l'apparition de boiterie.

### **3 - Propulsion :**

Elle correspond à la fin de l'appui pendant laquelle il y a ouverture des angles articulaires. D'après HOULIEZ (10) l'appareil podotrochléaire supporte l'essentiel des forces développées lors de la propulsion.

**DEUXIEME PARTIE :**  
**ANIMAUX, MATERIEL ET METHODE**



## **I – Effectif :**

### **A – Choix des chevaux (figure 4) :**

Les radiographies sont des radiographies de pieds antérieurs de chevaux de trait qui sont utilisés ou qui sont destinés à une activité sportive.

La dénomination « sportive » permet d'inclure dans l'étude toutes les activités utilitaires, professionnelles et de loisirs qui nécessitent la présence d'un cheval de trait. Ainsi l'attelage de compétition ou de loisir, le débardage ou le labour, la participation d'un cheval dans une municipalité pour effectuer des travaux d'intérêt général, ou les courses de trait-tract sont des activités dites « sportives ». L'attelage demeure la discipline la plus fréquemment rencontrée, et tous les chevaux de l'étude sont aptes à être attelés.

Les radiographies ont trois origines différentes :

- ▷ chevaux venus au CIRALE ( 13 individus ) ou à l'ENVA ( 7 individus ) de 1998 à 2002,
- ▷ chevaux radiographiés lors de déplacements (mondial du percheron au Haras National du Pin, Haras National de St Lô, centre équestre de la Cartoucherie),
- ▷ radiographies envoyées par des consœurs et des confrères ( 5 individus ).

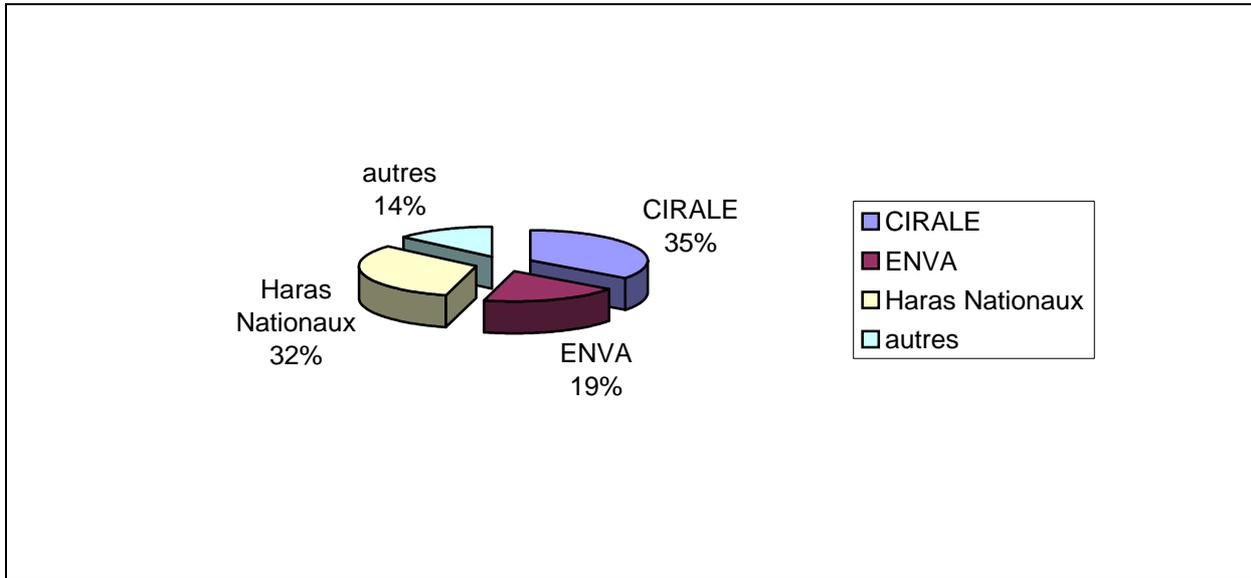
### **B – Caractéristiques de l'effectif :**

#### **1 - Répartition de l'effectif par race :**

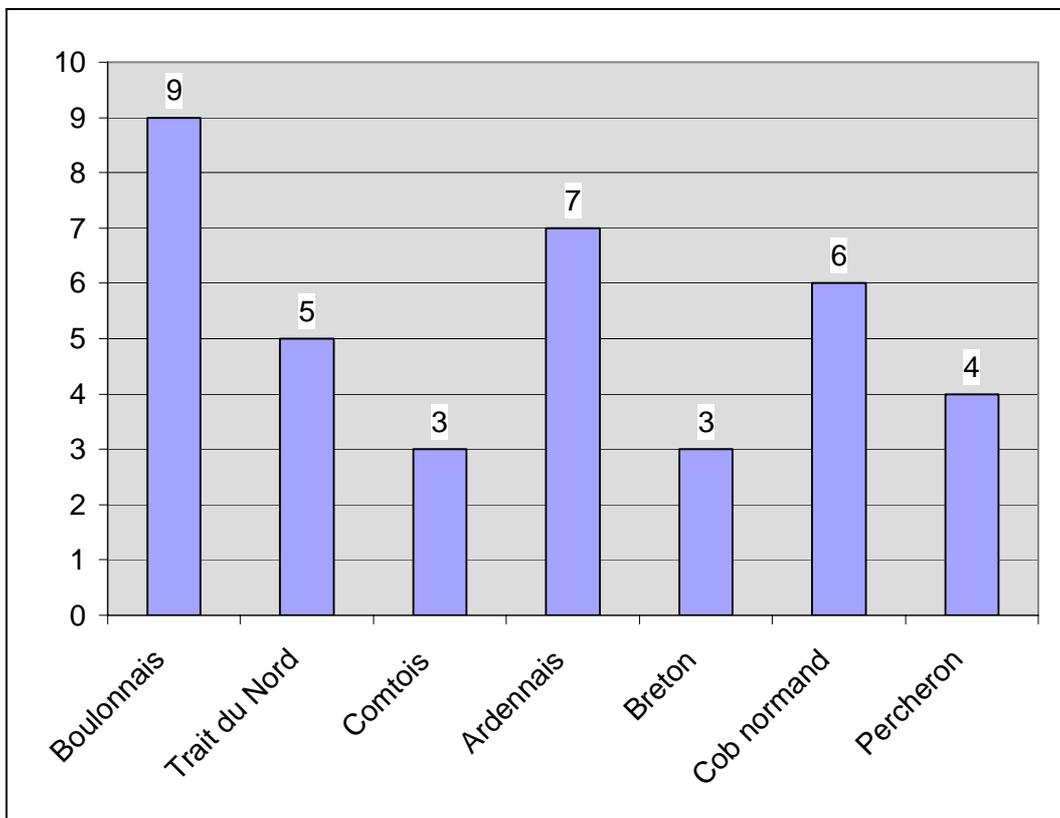
Les 37 chevaux inclus dans cette étude appartiennent à sept des 9 races de chevaux de traits reconnues en France: le Boulonnais, le Trait du Nord, le Cob Normand, le Comtois, l'Ardennais, le Percheron et le Breton ( **annexe 5** ). L'Auxois et le Poitevin Mulassier manquent donc à cette liste. Malheureusement l'occasion de radiographier des individus de ces deux races qui possèdent les plus faibles effectifs ne s'est pas présentée ( **figure 5** ).



**Figure 4 : Origine des radiographies des 37 chevaux**



**Figure 5 : Répartition par race des 37 chevaux**



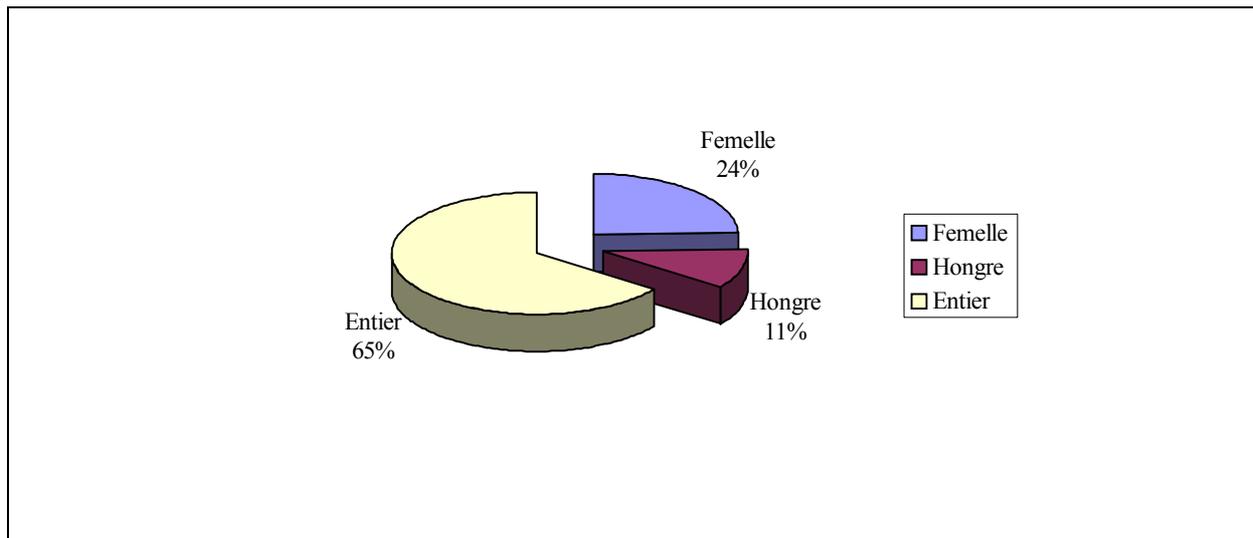
## 2 - Répartition de l'effectif par sexe :

Cette population se compose de 24 mâles, 9 femelles et 4 hongres ( **figure 6** ). La prédominance des mâles peut s'expliquer en partie par l'importante participation des étalons des Haras Nationaux (Le Pin, Compiègne et St Lô).

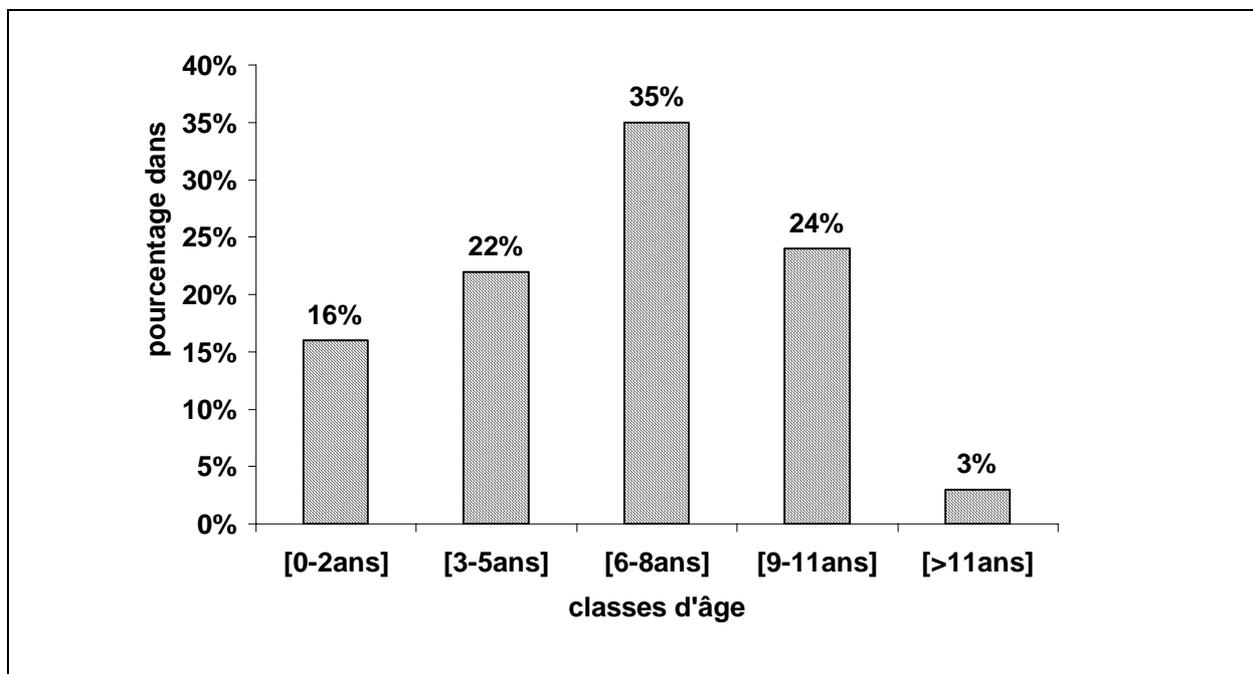
## 3 - Répartition de l'effectif par classe d'âge ( figure 7 ) :

La majorité des chevaux en âge d'être travaillés ( c'est à dire 29 individus soit 80,5%) sont attelés. Ils participent ainsi à des activités de compétition, de loisir ou professionnelles (débardage ou labour sur des parcelles au relief accidenté).

**Figure 6 : Répartition par sexe des 37 chevaux**



**Figure 7 : Répartition des 37 chevaux par catégorie d'âge**



## **II – Matériel de radiologie :**

### **A – Générateur :**

Les chevaux sont radiographiés à l'aide d'un appareil fixe appartenant au CIRALE ou à l'ENVA. L'appareil de l'ENVA est composé :

- d'un générateur Siemens Polydoros 100, d'intensité maximale 500 mA sous 150 kV et 800 mA sous 66 kV ;
- d'un tube Optilix 150/40/102 C à 2 foyers( respectivement 0.6 et 1,3 mm) monté sur une colonne plafonnière 3D2

Les chevaux du Haras de Saint-Lô et du Haras du Pin ont été radiographiés sur place à l'aide d'un portable : un Atmoscope 80 HF (80 kV, 10 mA constant, haute fréquence).

Les radiographies fournies par les vétérinaires praticiens ont été réalisées généralement avec des générateurs portables.

### **B – Couples film- écran :**

Pour le générateur fixe :

- du CIRALE : les films employés sont des films mono couches
- de l'ENVA : les films employés sont des films mono couches KONICA CM avec un écran Kodak Min-R et une grille à lames parallèles de rapport 8.

Pour le générateur portable, les films utilisés sont des Kodak T-MAT G avec des cassettes à 2 écrans Lanex medium et une grille à lames parallèles de rapport 6.

### **C – Constantes radiographiques :**

Les clichés sont réalisés avec une distance foyer-film de 1 mètre avec le générateur Siemens et 80 centimètres pour l'Atmoscope 80 HF.

Les constantes utilisées et les couples films-écrans sont indiqués dans le **tableau 2** pour les générateurs fixes et dans le **tableau 3** pour le portable. Les écarts présentés correspondent aux valeurs limites employées sur les animaux les plus fins et les plus lourds.

**Tableau 2 : Constantes radiographiques et couples film/écran utilisés pour l'examen des chevaux avec le générateur fixe**

Membre thoracique	Incidences	Constantes kV/mAs	Film	Ecran	Grille
Pied	Face et profil	60 (94)/ 63 – 80	Konica CM (monocouche)	MINR un seul écran	grille rapport = 8 52 lames par cm

**Tableau 3 : Constantes radiographiques et couples film/écran utilisés pour l'examen des chevaux avec le générateur portable Atomscop 80 HF**

Membre thoracique	Incidences	Constantes kV/ s	Film	Ecran	Grille
Pied	Face et profil	70/0,2	2 couches Kodak T- MAT G	2 écrans Lanex Medium	Rapport 6

## D – Développement :

Les clichés réalisés sont datés et identifiés au nom du cheval; cette étape est indispensable pour ne pas mélanger les dossiers le jour de l'examen (plusieurs chevaux pouvant être radiographiés dans un même après-midi) ou lors de lectures ultérieures.

Des développeuses automatiques appartenant au CIRALE et à l'ENVA ( de type Kodak RP X-OMAT processor ) assurent ensuite une qualité constante et homogène des images obtenues.

## III – Méthodes :

### A – L'examen radiographique :

#### 1 – La préparation des chevaux :

La préparation des pieds est une étape primordiale dans la réalisation de clichés.

##### a - Préparation des membres :

Idéalement, les pieds antérieurs sont déferrés et parés ; la sole et les lacunes de la fourchette sont méticuleusement nettoyées et comblées avec du savon mou afin d'éviter les artéfacts.

##### b- Contention des chevaux :

Chez les animaux particulièrement peu coopérants, le tord-nez ou la tranquilisation à base de DOMOSEDAN ND (détomodine à la dose de 10 à 20 µg/kg par voie intra veineuse) sont utilisés. Ce cas de figure ne s'est présenté que rarement sur l'ensemble de l'effectif radiographié.

c- Difficultés rencontrées :

Sur le terrain, la préparation des pieds n'a pas toujours pu être optimale. En effet, pour les chevaux en pleine activité qui ne présentaient aucun signe clinique de pathologie locomotrice, les fers ont souvent dû être laissés en place.

Toutefois, ceci n'était pas gênant dans la mesure où, pour les incidences qui nous intéressaient le plus (latéro-médiale et dorso-palmaire à l'appui), le fer ne se superposait pas aux cartilages unguulaires ossifiés.

2 – Incidences :

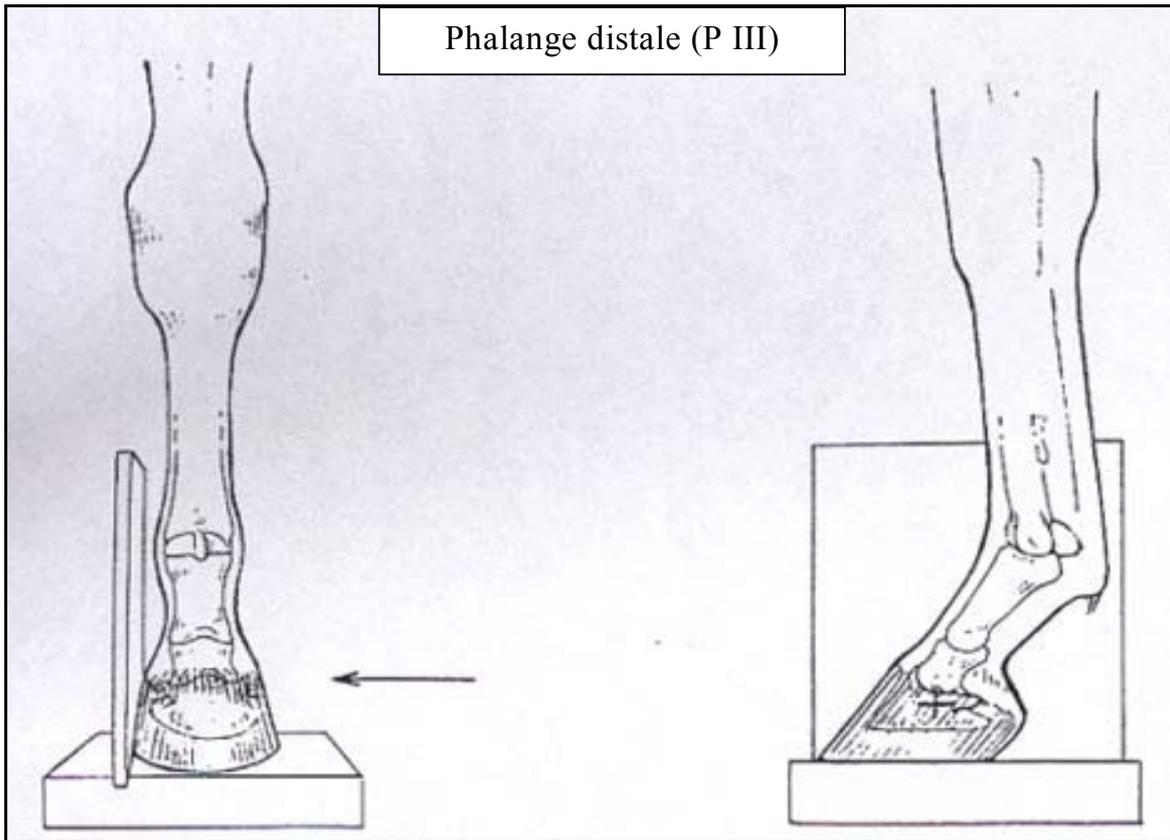
Trois incidences ont été utilisées : l'incidence latéro-médiale, l'incidence dorso-palmaire avec le pied à l'appui et l'incidence dorso-palmaire avec le pied sur cale.

a - Incidence latéro-médiale :

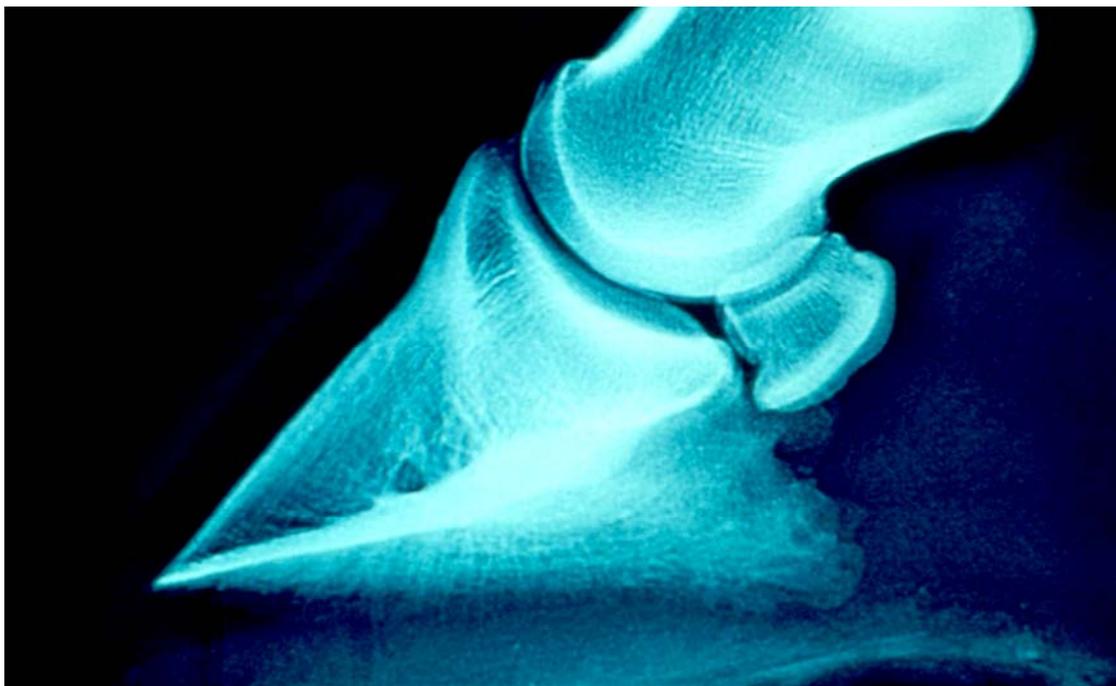
Le pied est surélevé sur une cale en bois haute de 10 cm : toute l'épaisseur de la sole peut ainsi être visualisée (**figure 8 et 9**).



**Figure 8 : Prise de vue de profil. (D'après DENOIX, 1997 (5))**



**Figure 9 : Exemple de radiographie de pied antérieur réalisée avec l'incidence latéro-médiale**

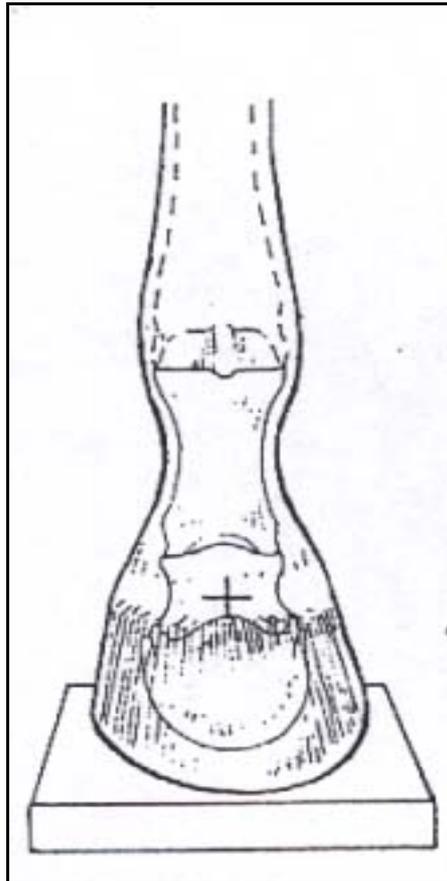


b - Incidence dorso-palmaire pied à l'appui (figure 10 et 11) :

D'après VERSCHOOTEN *et al.* ( 23 ) l'incidence dorso-palmaire pied à l'appui permet de mieux visualiser l'ossification des cartilages unguaire. La détermination du degré d'ossification des cartilages collatéraux d'après RUOHONIEMI *et al.* ( 17 ) s'effectue facilement sur cette incidence en comparant la hauteur des cartilages ossifiés avec celles du bord proximal de l'os sésamoïde distal, de la bissectrice de la longueur de la phalange moyenne, et du bord proximal de cette même phalange.

Les autres incidences permettent de recueillir de plus amples informations sur la nature de l'ossification (présence de noyaux d'ossification, ossification complète et fusion avec les processus palmaires de la phalange distale, ossification proximale ou distale..).

**Figure 10 : prise de vue de face avec le pied à l'appui. (D'après DENOIX, 1997 (5))**



**Figure 11 : Exemple de radiographie de pied antérieur réalisée avec l'incidence dorso-palmaire, pied à l'appui**

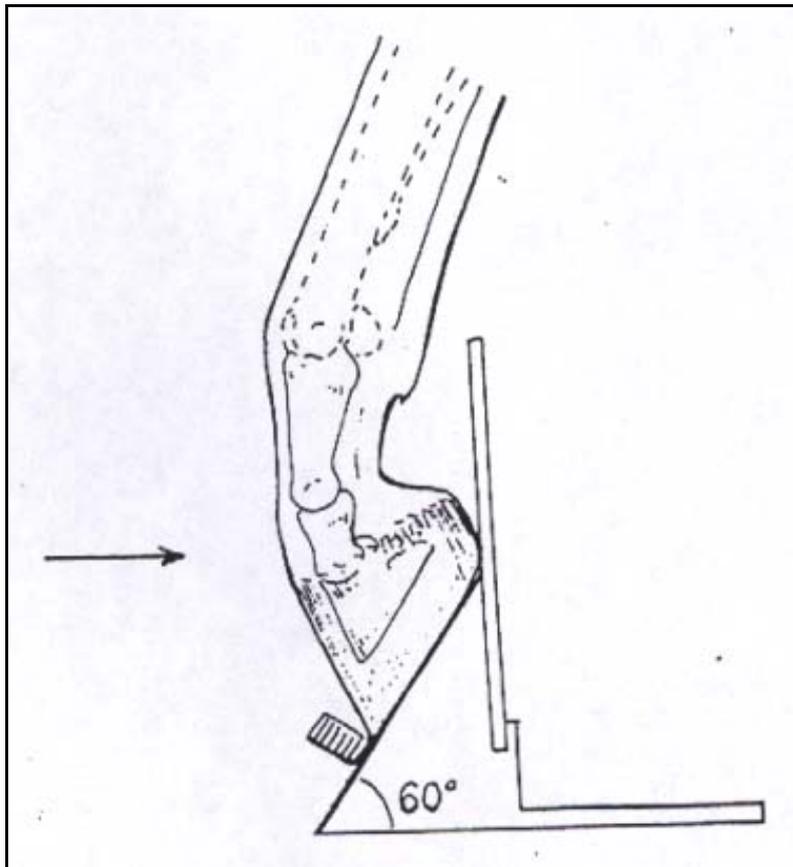


c - Incidence dorso-palmaire pied positionné sur une cale inclinée de 60° (figure 12 et 13):

La face sur cale apporte un supplément d'informations sur la présence éventuelle de noyaux d'ossification isolés.

Lors du recueil des radiographies, certains dossiers ne comportaient que cette incidence dorso-palmaire sur cale et l'incidence latéro-médiale. En effet cette vue permet de dégager le bord distal de l'os sésamoïde distal (pas de superposition avec l'espace interphalangien distal) et elle est, en pratique, plus fréquemment utilisée pour le dépistage d'image indicatrice de pathologie ostéo-articulaire sur cet os que l'incidence sur cale horizontale ( pied à l'appui).

**Figure 12 : prise de vue de face sur une cale inclinée à 60°. ( D'après DENOIX, 1997 (5))**



**Figure 13 : Exemple de radiographie de pied antérieur réalisée avec l'incidence dorso-palmaire, pied positionné sur une cale inclinée à 60°**



## **B – Interprétation des clichés :**

### 1 – Lecture des clichés :

Les clichés ont été lus sur un négatoscope à intensité variable et à caches sombres. Les éventuels noyaux d'ossification sont recherchés.

En cas d'ossification, les degrés d'ossification des cartilages ( latéral et médial ) d'un même pied antérieur sont notés ( **annexe 2** ). Ils permettent d'obtenir par addition le degré d'ossification d'un pied antérieur d'un même cheval. Chaque cheval obtient ainsi un score correspondant au degré d'ossification de l'ensemble de ses quatre cartilages ungulaires.

### 2 – Classification des images radiographiques :

Le degré d'ossification des cartilages ungulaires des pieds antérieurs a été classé en 5 grades permettant de décrire l'étendue et le type d'ossification d'après la classification de RUOHONIEMI *et al.* (18) ( **figure 14** ).

L'incidence radiographique dorso-palmaire ( pied à l'appui ) a permis la détermination de ces grades. L'ossification est prise en compte de la base du cartilage à son point d'attachement à la phalange distale jusqu'au point le plus proximal du cartilage ossifié ( **figure 15** ).

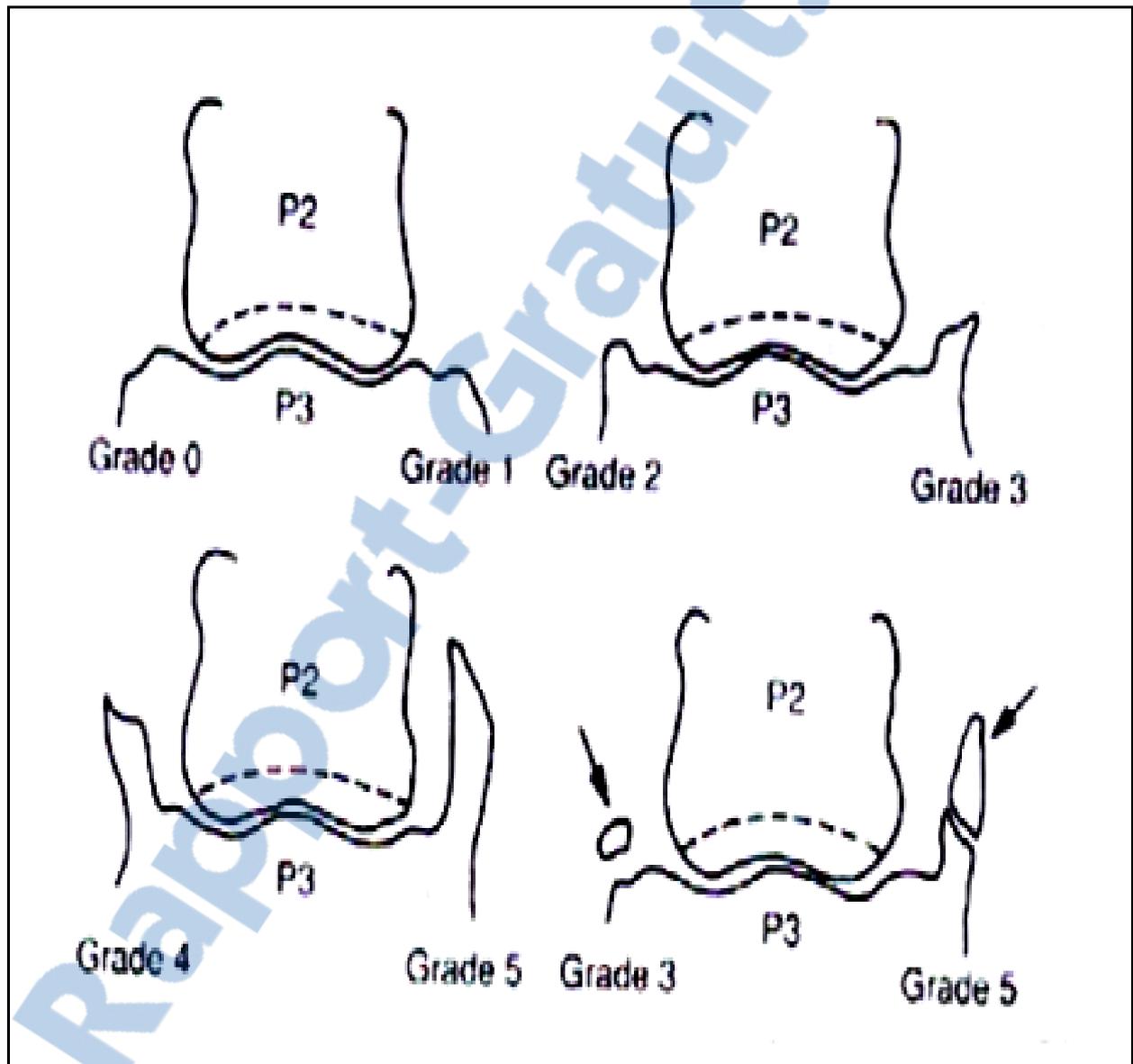
A chaque grade correspond un stade d'ossification du cartilage ( **figure 14** ) :

- ▷ grade 0 : absence d'ossification du cartilage
- ▷ *grade 1* : ossification discrète visible à la base du cartilage
- ▷ *grade 2* : ossification modérée qui n'atteint pas le bord proximal de l'os sésamoïde distal.
- ▷ *grade 3* : ossification qui atteint le bord proximal de l'os sésamoïde distal.
- ▷ *grade 4* : ossification avancée étendue au-delà du bord proximal de l'os sésamoïde distal, mais ne dépassant pas la moitié distale de la phalange moyenne.
- ▷ *grade 5* : ossification extensive atteignant la moitié proximale de la phalange moyenne.

On détermine ainsi deux types d'ossification :

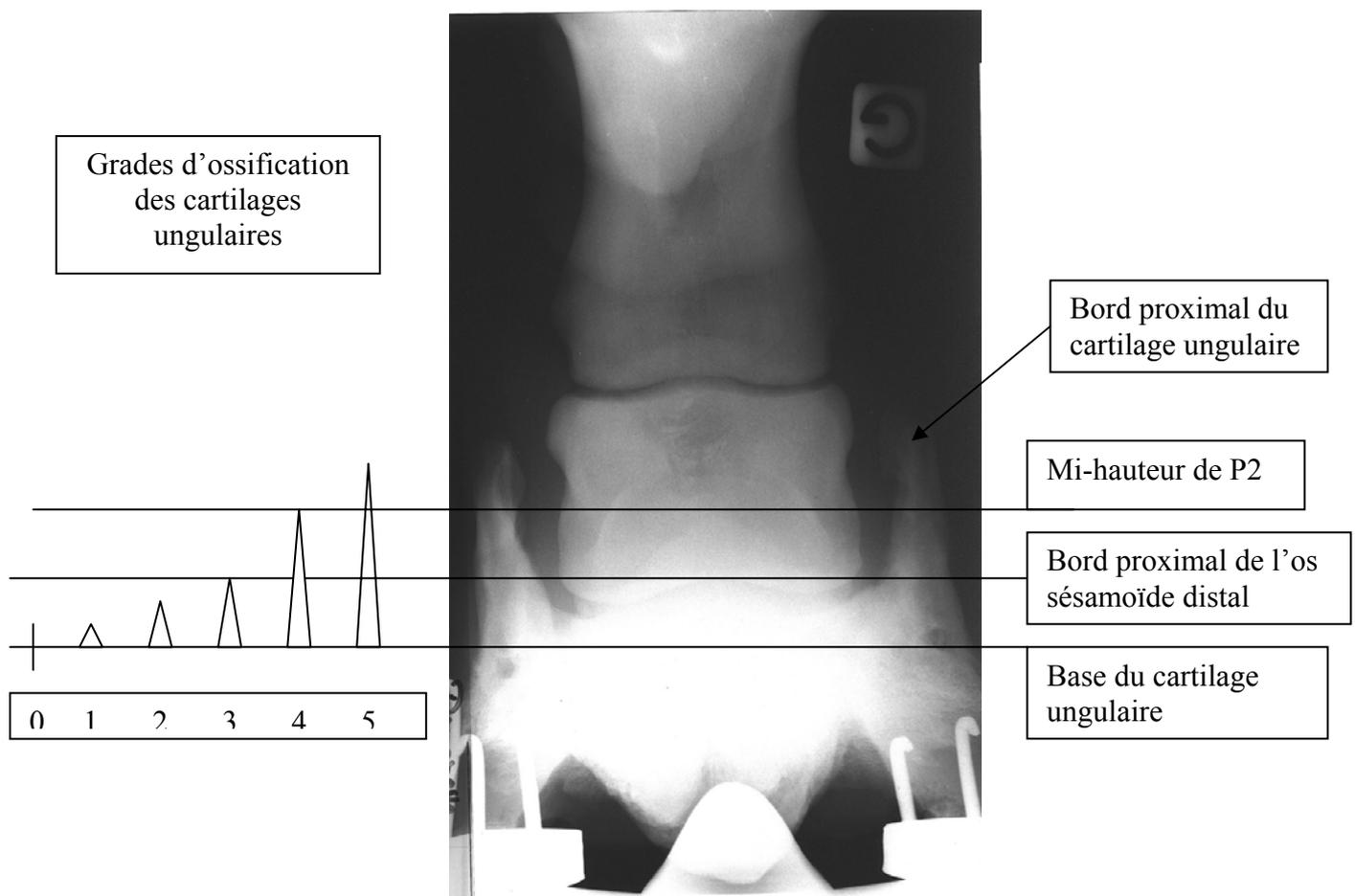
- l'ossification discrète : pour un score variant entre les valeurs 0 et 3.
- l'ossification significative (évolutive ou sévère) : pour un score variant entre les valeurs 4 et 5.

Figure 14 : Classification du degré d'ossification des cartilages collatéraux. – d'après Ruohoniemi M., Tulamo R., Hackzell M. ( 18 )





**Figure 15 : Repères anatomiques en vue de la classification de l'ossification des cartilages unguilaires antérieurs.**



En outre, selon la classification de RUOHONIEMI *et al.* (18), les cartilages unguulaires ossifiés avec un ou plusieurs noyaux d'ossification dont l'extrémité proximale est étendue au-delà du bord proximal de l'os sésamoïde distal sont inclus dans cette deuxième catégorie. Ils seront notés « de degré 3\* » au cours de notre étude comme le montre la **figure 14** ci-dessous. On considère que la présence de noyaux d'ossification est un signe précurseur du processus d'extension de l'ossification.

Le stade de fusion de la partie ossifiée des cartilages unguulaires concernés avec le processus palmaire de la phalange distale est également considéré. Cette fusion peut être absente, incomplète ou complète, mais elle est parfois difficile à visualiser correctement sur certaines incidences.

Les lignes radiotransparentes situées dans la partie moyenne ou dans la partie distale des cartilages unguulaires sont ainsi considérées comme des signes de la présence de centres d'ossification séparés ; ils sont fréquemment confondus avec des traits de fracture.

### 3 – Analyses :

Afin de savoir s'il existe une homogénéité du score de l'ossification pour les cartilages d'un même cheval, l'ossification totale de chaque cartilage a été considérée lors du recueil des résultats :

- ▷ pour chaque cartilage unguulaire médial ou latéral d'un pied antérieur (grade de 0 à 5),
- ▷ pour les cartilages unguulaires médial et latéral d'un pied antérieur ( grade de 0 à 10),
- ▷ pour les quatre cartilages unguulaires des pieds antérieurs d'un cheval ( grade de 0 à 20).

**TROISIEME PARTIE :**  
**RESULTATS**

## **I – Incidence de l’ossification des cartilages unguulaires des pieds antérieurs :**

### **A - Résultats sur l’ensemble de l’effectif :**

Lors de la lecture des 37 dossiers radiographiques nous avons utilisé comme référence la classification établie par RUOHONIEMI *et al.* (18). Ainsi seuls les pieds antérieurs étant porteurs de cartilages unguulaires ossifiés de manière significative ont été retenus.

Dans cette étude 75,7 % des chevaux de l’échantillon possèdent des cartilages unguulaires ossifiés de manière significative ( **tableau 4** ).

**Tableau 4 : Distribution et proportion de chevaux de trait ayant au moins un cartilage unguulaire ossifié en fonction du sexe.**

<b>Sexe</b>	<b>Femelle</b>	<b>Entier</b>	<b>Hongre</b>	<b>Total</b>	<b>Pourcentage d’ossification</b>
<b>Ossification des CU</b>	7	17	4	28	<b>75,7%</b>
<b>Effectif total</b>	9	24	4	37	
<b>Pourcentage d’ossification par sexe</b>	<b>78%</b>	<b>71%</b>	<b>100%</b>		

Parmi ces 75,7 %, on a constaté qu’au minimum trois cartilages unguulaires sur quatre étaient concernés. Un seul individu, soit environ 4 % de l’effectif des chevaux atteints, est conforme à ce cas de figure. Les 96 % restants (soit 27 individus) présentent une ossification sur leurs quatre cartilages unguulaires.

### **B - Résultat en fonction du sexe (c.f. tableau 4) :**

Le **tableau 4** illustre les différences de pourcentage d’ossification que l’on trouve pour les individus appartenant à l’un des trois sexes.

On note un faible écart entre les individus de sexe femelle et ceux de sexe mâle, mais une différence notable entre les individus hongres et les autres.

Les chevaux hongres étant peu représentés dans notre échantillon ( 4 individus seulement ), on a constitué une classe du « sexe mâle » en les regroupant avec les entiers (  **tableau 5**  ).

**Tableau 5 : Distribution et proportion de chevaux de trait ayant au moins un cartilage unguulaire ossifié en fonction du sexe**

Sexe	Féminin	Masculin (entier et hongre)	Pourcentage d'ossification
Ossification des CU	7	21	75,7% (28 individus)
Effectif total	9	28	
Pourcentage	<b>78%</b>	<b>75%</b>	

On obtient des proportions de mâles et de femelles qui présentent des cartilages unguulaires ossifiés significativement proches : 78 % des femelles et 75 % des mâles sont ainsi concernés (  **tableau 5**  ).

### **C - Résultat en fonction de l'âge (figure 16 et tableau 6) :**

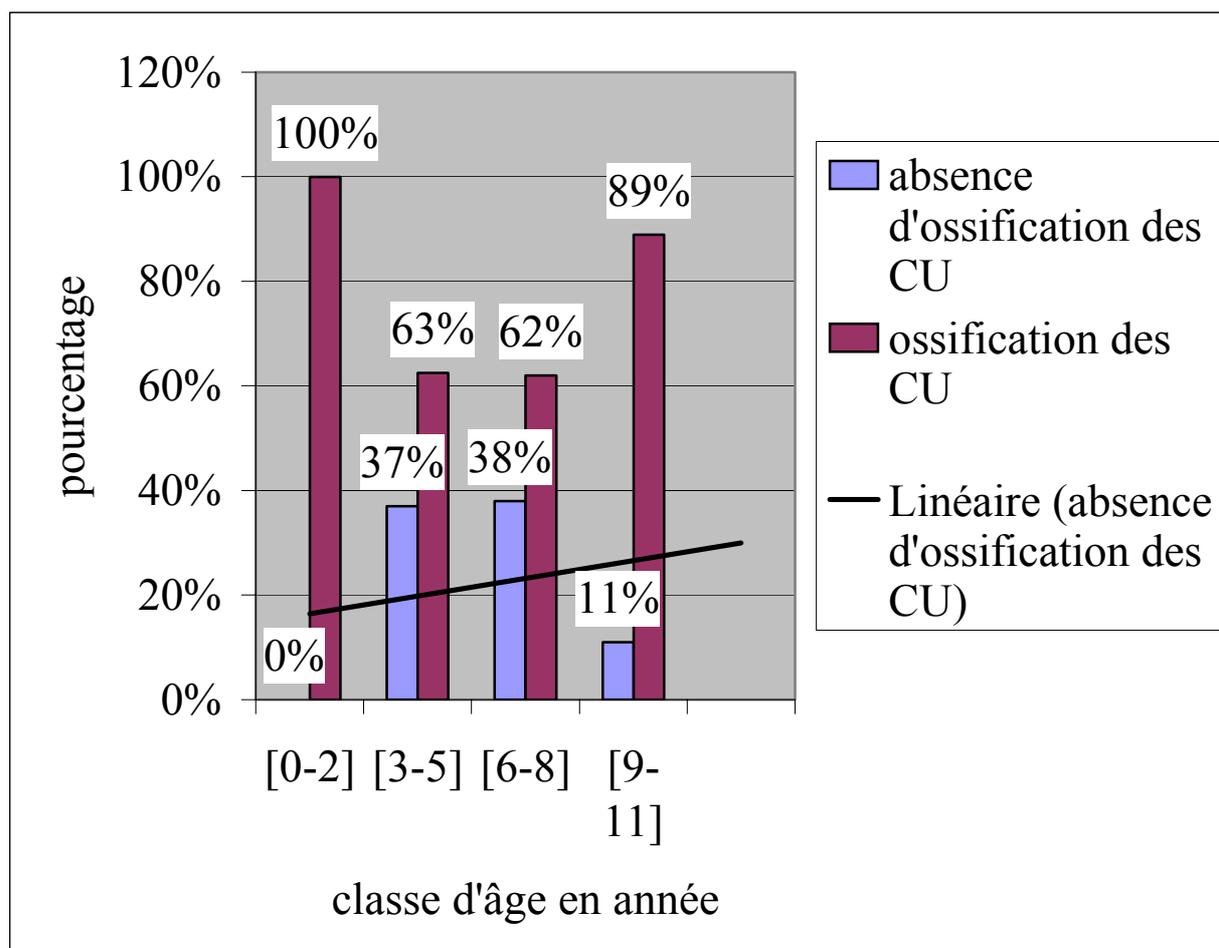
Le  **tableau 6**  illustre l'absence de différence entre l'incidence d'ossification des cartilages unguulaires des chevaux lourds âgés de 0 à 2 ans et celle des chevaux âgés de plus de 11 ans.

En outre, si on regroupe les deux dernières classes d'âge, on constate que 90 % des chevaux âgés de plus de 9 ans possèdent au moins un cartilage ossifié de manière significative. Ainsi, la différence de proportion des individus atteints, entre la classe de chevaux les plus jeunes et celle des chevaux de plus de 9 ans, est faible.

**Tableau 6 : Distribution et proportion de chevaux de traits ayant au moins un cartilage unguinaire ossifié en relation avec l'âge**

Age	Nombre d'individus	Nombre d'ossification	Pourcentage
[ 0-2 ] ans	6	6	100%
[ 3-5 ] ans	8	5	63%
[ 6-8 ] ans	13	8	62%
[ 9-11 ] ans	9	8	89%
[ >11 ] ans	1	1	

**Figure 16 : Répartition des cas d'ossification des cartilages unguinaires (CU) en fonction de l'âge**



## II – Type d’ossification :

Après s’être intéressé à la présence d’ossification significative sur la population étudiée, nous avons cherché à déterminer les caractéristiques de l’ossification de chacun des 148 cartilages unguilaires appartenant aux 37 chevaux de notre étude.

Le **tableau 7** illustre la répartition des différents degrés d’ossification des 148 cartilages unguilaires en fonction de l’âge et du sexe des individus ; il va nous permettre d’étudier l’influence de ces caractères sur la gravité de l’ossification (discrète ou significative).

**Tableau 7 : Répartition des degrés d’ossification de chaque cartilage unguilaire en fonction de l’âge et du sexe**

Degré d’ossification	Classes d’âge par année (et sexe)										Pourcentage (par degré d’ossification)
	[0-2]	[3-5]			[6-8]			[>9]			
	M	M	H	F	M	H	F	M	H	F	
0	1				6		4				<b>7% (11 CU)</b>
1	2				3						<b>3% (5 CU)</b>
2	2	1			6					2	<b>7% (11 CU)</b>
3		5			1					2	<b>6%(8 CU)</b>
4			2		1	2		1		9	<b>10% (15 CU)</b>
5	4	16	2		15	6	4	7		15	<b>47% (69 CU)</b>
3*	23	2						4			<b>20% (29 CU)</b>
Total	32	28			48			40			<b>100%</b> <b>148 CU</b>

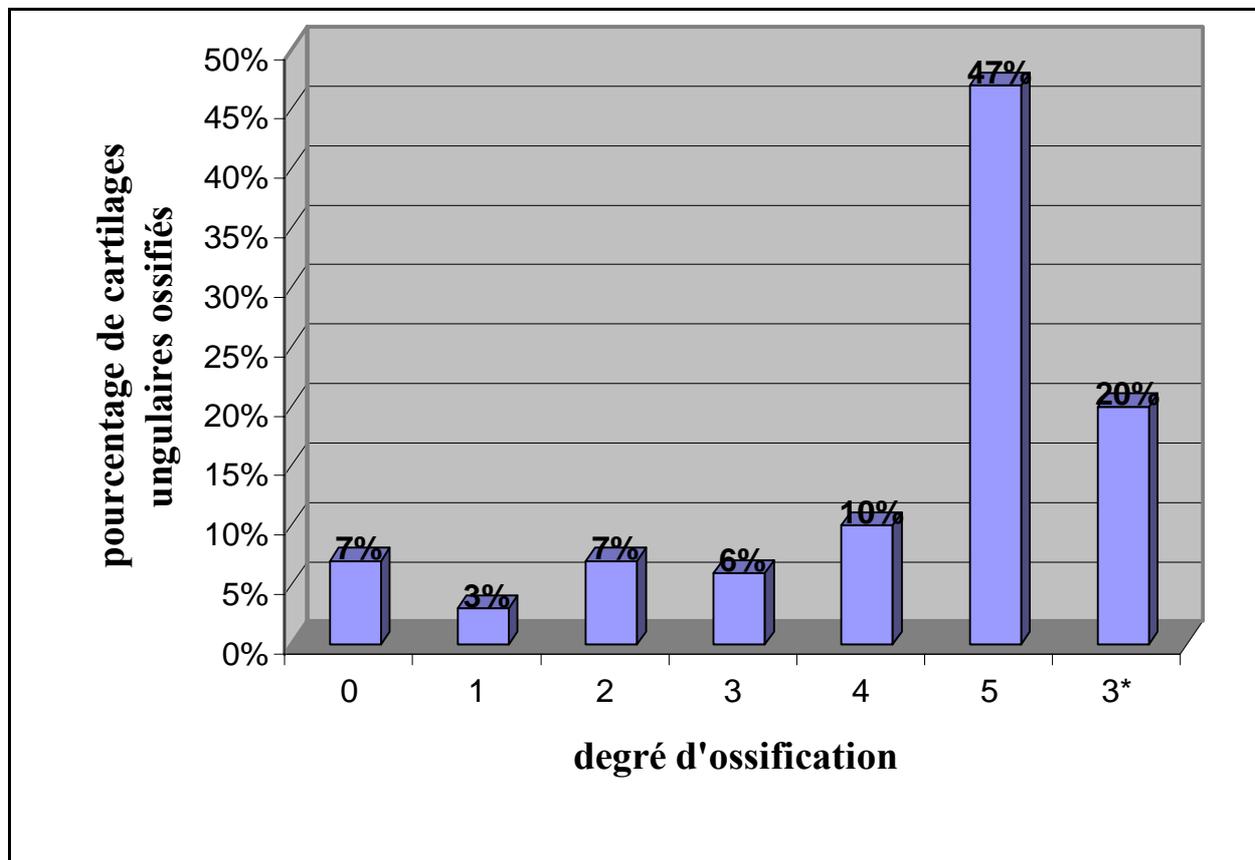
Légende : - 3\* : ossification de degré 1, 2, ou 3 avec présence de noyaux d’ossification.

## A – Degré d'ossification :

1 – Degré d'ossification des cartilages unguulaires pour l'ensemble de l'effectif ( figure 17 ) :

En s'appuyant sur la classification de RUOHONIEMI *et al.* ( 18 ), on détermine le degré d'ossification de chacun des cartilages unguulaires des deux pieds antérieurs de tous les individus. Les positions latérale et médiale des cartilages ossifiés sont également précisées, ainsi que le type de fusion établie avec la phalange distale ( **annexe 2** ).

**Figure 17 : Distribution des degrés d'ossification de l'échantillon des 148 cartilages unguulaires.**



Les degrés les plus représentés dans la population étudiée sont les degrés 5 ( **figure 17** ), puis le 3\* et le 4, avec respectivement 47%, 20% et 10%. Ainsi, une ossification sévère des cartilages unguulaires antérieurs paraît être la plus fréquente chez les chevaux de trait.

## 2 - Degré d'ossification des cartilages unguulaires en fonction de l'âge :

Le **tableau 8** compare l'incidence de l'ossification discrète avec celle de l'ossification significative.

**Tableau 8 : Importance du degré d'ossification des cartilages unguulaires en fonction de l'âge**

Classe d'âge	Ossification discrète	Ossification significative	total (CU)	Pourcentage en fonction de l'âge
De 0 à 2 ans	5	27	32	84%
De 3 à 5 ans	6	22	28	78%
De 6 à 8 ans	20	28	48	58%
Plus de 9 ans	4	36	40	90%
Nombre de CU	35 CU	113 CU	148	
Pourcentage	<b>24%</b>	<b>76%</b>		

Cette dernière atteint la majorité des chevaux lourds de l'étude. La différence est conséquente et paraît fiable puisque 76 % des individus contre 24 % sont concernés. Ce résultat confirme celui énoncé dans la partie précédente (« 2 – résultats pour l'ensemble de l'effectif »), à savoir la prédominance de la présence d'ossifications de degrés 3\*, 4 et 5.

Si on se préoccupe de l'importance de l'ossification par classe d'âge, on constate que les pourcentages obtenus sont similaires à ceux de l'effectif total et que la différence entre les deux types d'ossification reste significative pour toutes les classes, excepté celle des chevaux âgés de 6 à 8 ans.

Toutefois, le pourcentage des chevaux âgés de 6 à 8 ans atteints d'ossification significative reste sensiblement supérieur à celui des chevaux atteints d'ossification discrète, puisqu'une différence de 8% est constatée.

### 3 – Degré d’ossification des cartilages ungulaires en fonction du sexe :

Le **tableau 9** montre que les proportions représentatives des différents degrés d’ossification en fonction du sexe se rapprochent de celles trouvées pour l’ensemble de l’effectif tous sexes confondus.

**Tableau 9 : Proportion des degrés d’ossification des cartilages ungulaires en fonction du sexe**

Sexe	Femelle		Entier		Hongre	
	Nombre de CU	Pourcentage	Nombre de CU	Pourcentage	Nombre de CU	Pourcentage
0	7	<b>18%</b>	4	<b>4%</b>	0	<b>0%</b>
1	0	<b>0%</b>	5	<b>5%</b>	0	<b>0%</b>
2	2	<b>5%</b>	9	<b>9,5%</b>	0	<b>0%</b>
3	2	<b>5%</b>	6	<b>6,5%</b>	0	<b>0%</b>
4	9	<b>23%</b>	2	<b>2%</b>	4	<b>33%</b>
5	19	<b>49%</b>	42	<b>43%</b>	8	<b>67%</b>
3*	0	<b>0%</b>	29	<b>30%</b>	0	<b>0%</b>
Total	39	<b>100%</b>	97	<b>100%</b>	12	<b>100%</b>

En effet si on regroupe les degrés 0, 1, 2 et 3 et les degrés 4, 5 et 3\* pour former deux classes correspondant l’une à une ossification discrète et la seconde à une ossification significative, on obtient respectivement pour les femelles, les entiers et les hongres :

- **72 %, 75 % et 100 %** de cartilages ossifiés de manière significative,
- et **28 %, 25 % et 0 %** de cartilages discrètement ossifiés.

Le degré 5 est celui qui présente les plus forts pourcentages dans les classes de sexe femelle, entier et hongre (respectivement 49 %, 43 % et 67 %).

On note toutefois des écarts de valeurs importants entre les individus des trois sexes si on considère chaque degré d’ossification séparément. Il faut pour expliquer cela tenir compte de l’inégalité de l’effectif de ces trois classes.

## **B – Latéralisation de l’ossification :**

Afin de savoir si les ossifications des cartilages unguulaires étaient latéralisées, nous avons comparé sur chaque paire d’antérieur la latéralisation droite/gauche puis sur chaque pied la latéralisation médiale /latérale ( **tableau 10** ).

**Tableau 10 : Caractéristiques de la latéralisation de l’ossification des cartilages unguulaires sur 37 paires de pieds antérieurs.**

Type d’ossification	Pourcentage	Latéralisation de l’ossification	Pourcentage	Type de la latéralisation	Pourcentage
Bilatérale (sur 28 paires d’antérieurs)	100%	Latéral et médial (sur 54 pieds antérieurs)	90,7% (soit 49 pieds antérieurs)		<b>*93%</b>
		Latéral ou médial (sur 54 pieds antérieurs)	9,3% (soit 5 pieds antérieurs)	Latéral	100% <b>*9,3%</b>
				Médial	0% <b>*0%</b>
Unilatérale (sur 28 paires d’antérieur)			0% <b>*0%</b>		

*\*de la totalité des pieds antérieurs concernés par l’ossification des cartilages unguulaires.*

Le **tableau 10** montre que l’ensemble des ossifications significatives, soit 100 % des 37 paires, sont bilatérales (droite et gauche) et que les deux cartilages unguulaires d’un même pied sont généralement atteints (93 % des 56 pieds antérieurs concernés par l’ossification).

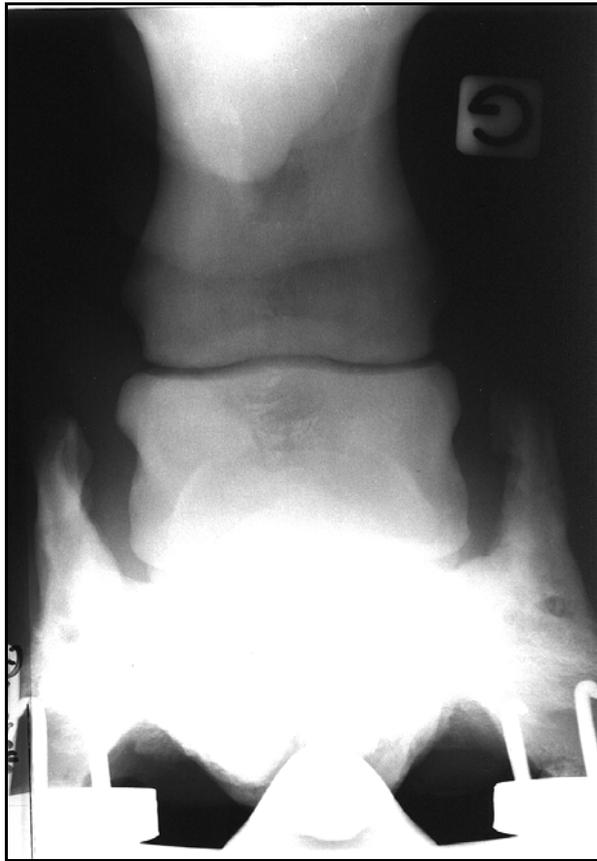
On remarque que le cartilage unguulaire latéral est plus souvent gravement atteint lorsque l’ossification n’est pas présente de manière symétrique sur les deux cartilages unguulaires d’un même pied tout en étant bilatérale (droite et gauche), avec un pourcentage de 100 %.

Il est intéressant de souligner l’homogénéité du type et du degré d’ossification chez un même individu. En effet, la majorité des chevaux de la population étudiée présentait une ossification de même type sur leurs quatre cartilages (exemple de la **figure 18** ).

La **figure 19** illustre le cas de figure inverse chez une femelle de 9 ans avec un pied antérieur qui présente une ossification sévère de degré 4 sur le cartilage unguulaire latéral, et une ossification de degré 3 sur le cartilage unguulaire médial.

Chez certains individus qui possèdent des cartilages unguulaires ossifiés de manière discrète, on s'aperçoit que la latéralisation médiale/latérale est moins évidente ; le processus d'ossification semble plus récent ou semble évoluer lentement, et il arrive plus souvent que sur un même pied on trouve un cartilage unguulaire qui n'est pas du tout ossifié tandis que le cartilage contro-latéral l'est discrètement.

**Figure 18 : Ossification de grade 4 sur les 2 CU, vue de face, jument de 10 ans.**



**Figure 19 : Ossification de grade 4 sur le CU latéral et de grade 3 sur le CU médial, jument de 10 ans.**



## C – Processus d’ossification :

### 1 – Evolution de l’ossification :

L’ossification débute à partir de la base du cartilage ungulaire, c’est à dire au niveau de son attachement à la phalange distale ( processus basiliaire ) ou à partir d’un centre d’ossification séparé situé dans le cartilage. L’extension de l’ossification peut être rapide dans la période comprise entre 2 ans et 3 ans d’âge. Aucune étude n’a encore été envisagée pour déterminer la précocité du processus d’ossification, mais certains auteurs ont trouvé des traces d’ossification chez des poulains de 6 ou de 9 mois ( VERSCHOOTEN 1987 (23) ). Ce processus semble donc être précoce.

Ensuite, l’ossification s’effectue plus lentement et l’aire ossifiée augmente généralement progressivement avec l’âge. Les formes et les tailles des cartilages ungulaires ossifiés varient beaucoup selon les individus. La **figure 20** illustre un exemple de cartilage antérieur ossifié.

Ce processus est évolutif et on constate que la fusion de la partie ossifiée du cartilage avec la phalange distale peut-être absente, incomplète ou enfin complète lorsqu’il y a continuité entre l’os spongieux des deux structures, alors bordé par une couche d’os compact ( **tableau 11** ).

**Tableau 11 : Proportion du type d’ossification en fonction de l’âge**

	De 0 à 2 ans	De 3 à 5 ans	De 6 à 8 ans	Plus de 9 ans	Total et pourcentage
Ossification complète	0 0%	2 33%	6 86%	8 89%	16 <b>58%</b>
Ossification incomplète	0	4	1	1	6 <b>21%</b>
Ossification absente	6	0	0	0	6 <b>21%</b>

Toutefois une fusion complète ne signe pas la fin du processus d’ossification, puisqu’une extension proximale et/ou dorsale est souvent observée.

D’après différentes études menées par VERSCHOOTEN *et al.* (23) et par RUOHONIEMI *et al.* (17), les parties les plus proximale et dorsale des cartilages ungulaires ne sont pas ossifiées.

Il est important de préciser que lors de la lecture de radiographies il faut se méfier d'une mauvaise interprétation d'une fusion incomplète qui peut être confondue avec un trait fracturaire. En cas de doute il est intéressant de considérer plusieurs incidences complémentaires.

Le **tableau 11** illustre la prédominance :

- de l'absence de fusion entre le cartilage ungulaire et le processus palmaire proximal chez les jeunes chevaux (âgés de moins de deux ans),
- de la fusion incomplète chez les chevaux âgés de trois à cinq ans,
- de la fusion complète chez les chevaux de plus de six ans.

Ce résultat est la conséquence du caractère évolutif de l'ossification des cartilages ungulaires.

## **2 – Incidence des centres d'ossification séparés**

Les centres d'ossification sont rares chez les chevaux adultes. Dans notre étude, 2 chevaux, âgés de 5 et de 11 ans, en possèdent alors que les cartilages ungulaires ossifiés de grade 4 et 5 sont les plus fréquemment observés. Les fusions complètes et incomplètes de la partie ossifiée avec la phalange distale ou le défaut d'information par manque de vues complémentaires en sont responsables.



**Figure 20 : Cartilage unguilaire antérieur ossifié (16)**





**QUATRIEME PARTIE :**  
**DISCUSSION**



## **I – Protocole expérimental :**

La fiabilité de cette étude, qui a pour but de déterminer l'incidence et les principales caractéristiques de l'ossification des cartilages ungulaires chez les chevaux de trait, dépend du choix de l'effectif, de l'homogénéité de la qualité des radiographies et de leur interprétation.

### **A – Echantillonnage :**

#### **1 – Race et sexe des chevaux :**

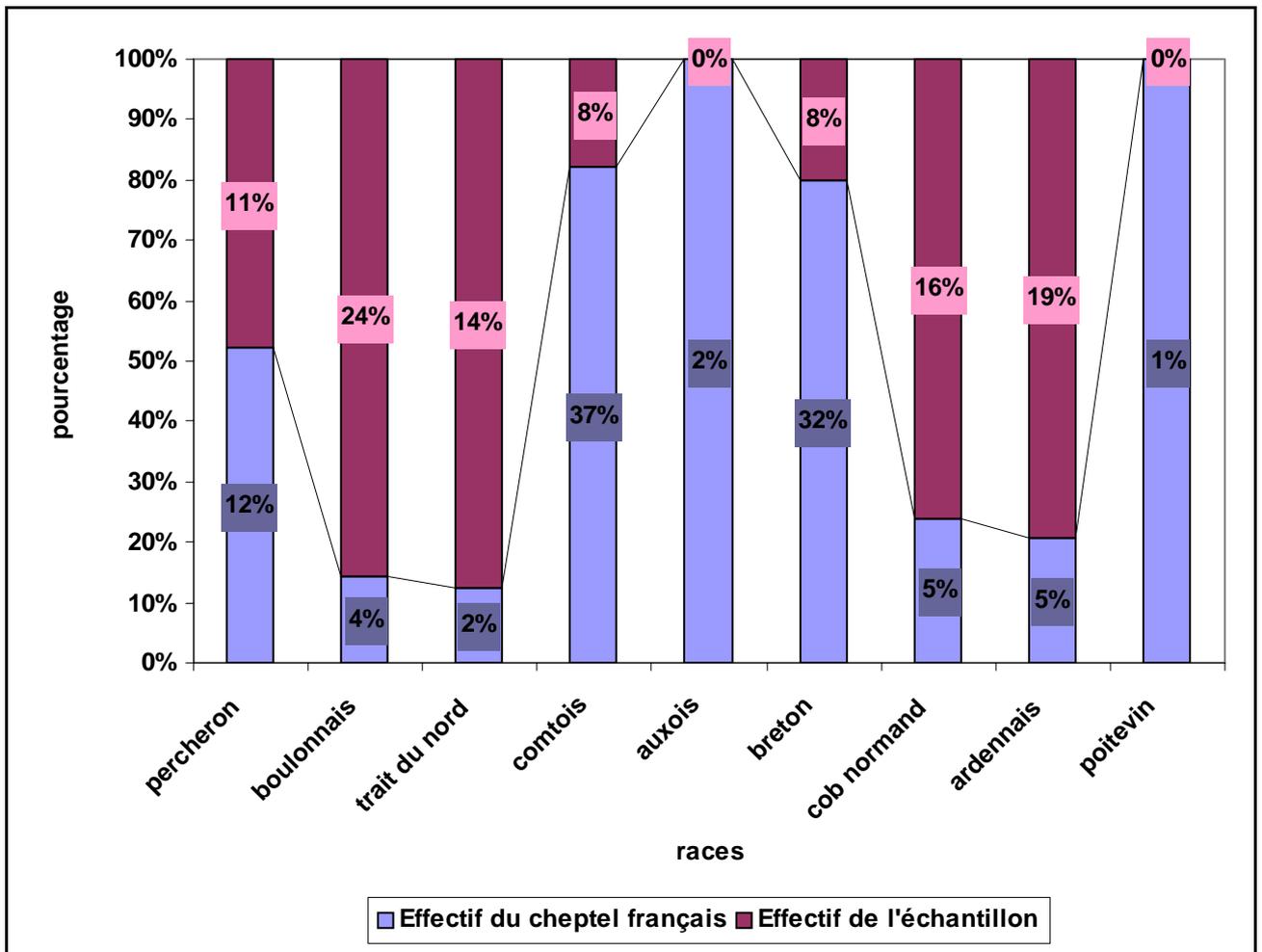
Cette étude est ponctuelle et n'a pas pour but de suivre l'évolution du processus d'ossification des cartilages ungulaires des individus choisis. Elle nous a permis de constater que des chevaux lourds appartenant à des races diverses (sept races sur les neufs reconnues au niveau national), d'âge et de sexe différents étaient concernés.

Pourtant, les proportions des différentes races des chevaux appartenant à la population étudiée ne sont pas représentatives de l'effectif moyen français comme le montre la **figure 21**. En outre, la majorité des chevaux sont des entiers (65 % de l'effectif) contrairement à l'effectif national pour lequel le pourcentage de femelles prévaut de part la prépondérance du secteur d'activité de l'élevage. Ceci exclut donc de l'étude un quelconque effet de race ou de sexe.

Il serait toutefois intéressant de déterminer l'incidence de l'ossification des différentes races. En effet, il faut remarquer que les individus de race Cob normand, qui sont les chevaux de trait qui restent le plus près du modèle du cheval de selle, semblent moins atteints par une ossification sévère puisque 4 chevaux sur 6 possèdent des cartilages ungulaires antérieurs discrètement ossifiés.



**Figure 21 : Proportion de l'effectif des races de l'échantillon par rapport à celle de l'effectif du cheptel français.**



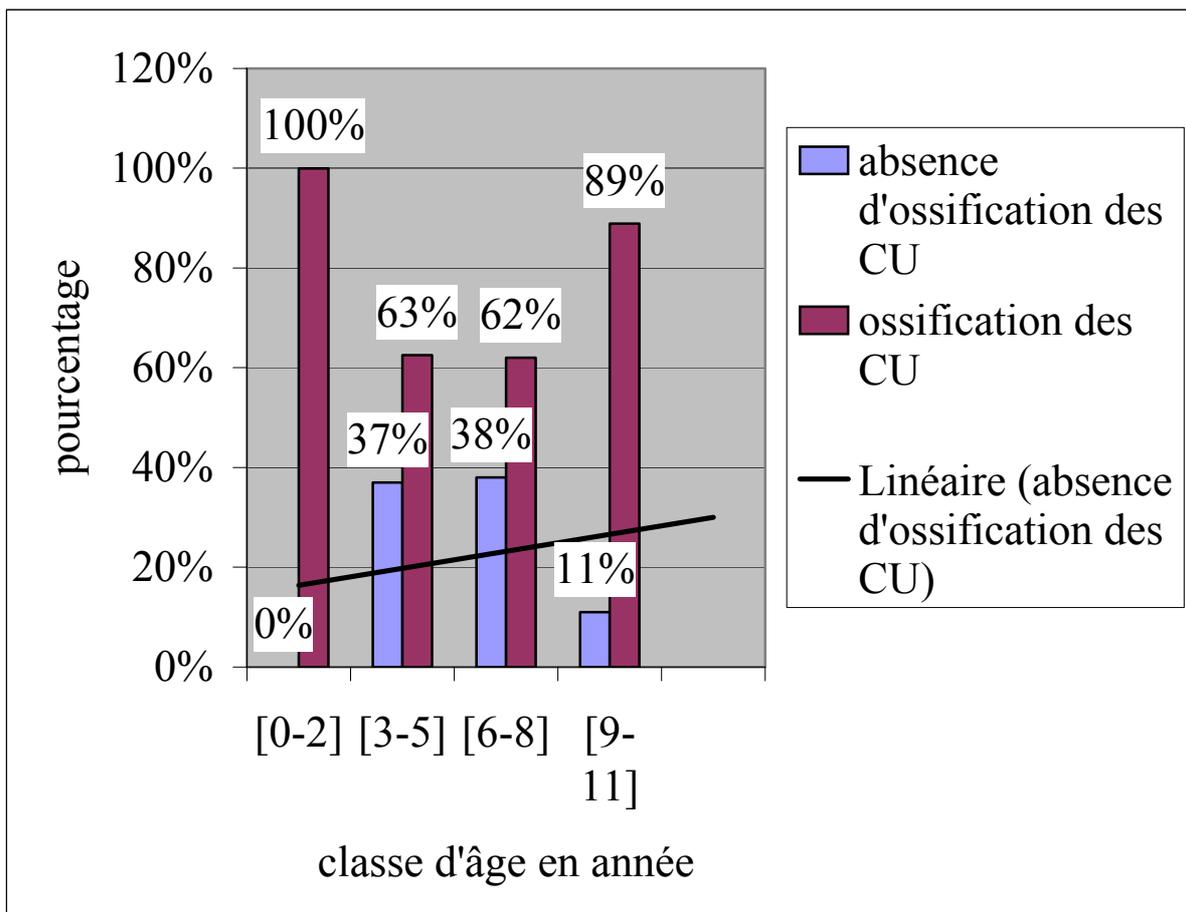
## 2 – Age des chevaux :

Bien que cette étude concerne des chevaux « sportifs » donc en âge d'être travaillés, il nous a semblé intéressant d'y inclure 6 chevaux non débourrés et 8 chevaux en début de carrière pour étudier l'effet de l'âge sur la présence et la gravité de l'ossification des cartilages unguulaires.

a – Effet sur l'incidence de l'ossification des cartilages unguulaires :

La **figure 22** de la troisième partie illustre le fait qu'il n'y a pas de relation entre l'âge et la présence d'ossification des cartilages unguulaires.

**Figure 22 : Répartition des cas d'ossification des cartilages unguulaires en fonction de l'âge**



Ce résultat coïncide avec celui de l'étude comparative réalisée par VERSCHOOTEN *et al.* (23) entre 100 chevaux de trait et 202 chevaux de sang. Contrairement aux chevaux de sang chez lesquels l'incidence de la présence d'ossification des cartilages ungulaires antérieurs augmente avec l'âge, le processus d'ossification apparaît comme étant chez le cheval lourd une affection présente chez le jeune aussi bien que chez l'adulte.

b – Effet sur l'étendue de l'ossification des cartilages ungulaires :

Dans le but de tester une éventuelle corrélation entre le degré de gravité de l'ossification des cartilages ungulaires et l'âge des chevaux concernés, nous avons réalisé un test de  $\chi^2$ . Ce test permet de comparer deux variables qualitatives ( **annexe 3** ). Les effectifs devant être supérieur à 5, nous avons dû regrouper les degrés d'ossification en deux classes correspondant à :

- une ossification discrète des cartilages ungulaires pour les degrés 0, 1, 2 et 3,
- une ossification significative des cartilages ungulaires pour les degrés 4, 5 et 3\*.

Les effectifs théoriques calculés sont indiqués dans le **tableau 12**.

**Tableau 12 : Effectifs théoriques**

Classe d'âge	Ossification discrète	Ossification significative
De 0 à 2 ans	7,6	24,4
De 3 à 5 ans	6,6	21,4
De 6 à 8 ans	11,3	36,6
Plus de 9 ans	9,5	30,5

Pour un degré de liberté égal à 3 et avec un  $\chi^2_{\text{obs}} = 13,9$ , on trouve avec un risque de 0,05 une valeur maximum de  $\chi^2_{\text{théo}} = 7,8$ . L'hypothèse de départ (indépendance de deux facteurs : âge sur la gravité de l'ossification) est donc fausse.

Il existe ainsi un lien de cause à effet entre le degré d'ossification des cartilages unguulaires et l'âge de l'individu concerné.

L'âge ne paraît pas influencer l'incidence de l'ossification des cartilages unguulaires, mais le test du  $\chi^2$  nous permet de dire que l'ossification est d'autant plus extensive que l'âge du cheval est élevé.

Cependant, aucun cheval de moins de 18 mois et de plus de 15 ans n'a été inclus dans cette étude. On ne connaît pas les limites d'apparition et d'évolution du processus d'ossification. Une étude de RUOHONIEMI *et al.* ( **18** ) avait révélé la présence de noyaux d'ossification sur des foals de 9 mois, mais le nombre de cas étudiés reste insuffisant pour pouvoir émettre une conclusion.

### 3 – Activité des chevaux :

Les chevaux auxquels nous nous sommes intéressés sont en grande majorité des chevaux d'attelage de compétition ou de loisir. Deux chevaux sur 37, soit 5,4 % de l'effectif, sont des chevaux de labour et 6 chevaux, soit 16 %, sont des chevaux de moins de 2 ans qui ne sont pas débouffés.

Ce sont donc tous des chevaux qui ont une masse corporelle conséquente. L'effort de traction est commun à tous les chevaux en âge de travailler.

Toutefois l'activité ne semble pas être un facteur déclenchant de l'ossification des cartilages unguulaires puisque les 6 chevaux non débouffés sont tous atteints.

BRAGULLA ( **3** ) pense par contre que l'activité intensive et l'effort sur des terrains irréguliers et durs peuvent aggraver l'ossification déjà présente.

## **B – Le Protocole :**

### 1 – Obtention des images :

La difficulté de cette étude a tout d'abord été de regrouper un nombre suffisant de radiographies de pieds de chevaux de trait. On a donc fait appel à plusieurs protocoles dépendants :

- du lieu ( CIRALE, ENVA, manifestations extérieures, Haras Nationaux, particuliers ),
- du manipulateur ( radiologues au CIRALE, internes, consoeurs ou confrères ),
- de l'appareil ( fixe ou portables )
- des constantes et des films utilisés,
- des incidences pratiquées,
- de la préparation des pieds ( déferrés ou non, comblement des lacunes...).

Cette variabilité du protocole a pu nuire aux résultats de cette étude, bien que les lésions recherchées soient restées suffisamment lisibles sur l'ensemble des radiographies.

### 2 – Classification des images radiographiques :

Le manque de standardisation du protocole a pu induire des erreurs d'interprétation sur l'éventuelle présence de noyaux d'ossification ou sur le stade de fusion de la partie ossifiée du cartilage ungulaire avec la phalange distale.

Par exemple, selon leur localisation, certains noyaux d'ossification ou certaines images indicatrices de trait fracturaire ne sont pas visibles sur les incidences conventionnelles utilisées. D'autre part, l'incidence dorso-palmaire avec le pied à l'appui superpose la phalange distale et l'os sésamoïde distal, ce qui peut gêner l'interprétation concernant le stade de fusion.

Les limites de l'étude ne sont donc pas négligeables, aussi bien concernant le nombre de chevaux de l'effectif étudié que le défaut de standardisation du protocole qui peut induire des faux-négatifs et des faux-positifs. Cependant, le type de lésions recherchées et la grande homogénéité des résultats (75,6 % de chevaux atteints) tendent à minimiser ces aléas.

## **II – Apports des études précédentes :**

### **A – Relation entre les images radiographiques et la clinique :**

#### 1 – Degré de sévérité de l'ossification :

En comparant nos résultats à ceux extraits de l'étude réalisée par VERSCHOOTEN *et al.* (22), nous avons retrouvé pour chaque classe d'ossification (discrète et significative) des proportions semblables. Leur étude démontre ainsi que 87 % des chevaux lourds, contre moins de 76 % pour notre étude, sont concernés par le processus d'ossification des cartilages unguulaires de manière significative.

Ces mêmes auteurs constatent que 69 % de chevaux lourds, contre 58 % dans notre étude, possèdent des cartilages unguulaires ossifiés qui fusionnent complètement avec le processus palmaire proximal de la phalange distale.

#### 2 – Lien entre l'ossification des cartilages unguulaires et l'apparition de boiteries basses :

Dans la plupart des cas, l'ossification des cartilages unguulaires antérieurs chez le cheval lourd est une trouvaille radiographique. En pratique, ces ossifications sont parfois accusées d'être la cause de boiterie antérieure basse après la réalisation de radiographies et après un examen clinique pouvant inclure des anesthésies digitales diagnostiques.

Dans notre étude, 5 chevaux lourds, soit 13,5 % de notre effectif, présentaient une boiterie antérieure. Tous ces chevaux ont été examinés en consultation de pathologie locomotrice au CIRALE ou à l'ENVA. Dans 2 cas seulement, ( ce qui représente moins de 6% de l'effectif étudié ) l'ossification est mise en cause. Il s'agit de deux juments âgées respectivement de 8 et 9 ans. Elles ont en commun le fait de posséder leurs 4 cartilages unguulaires antérieurs ossifiés avec un degré 5. Les radiographies de leurs pieds antérieurs révèlent un trait fracturaire respectivement sur le processus palmaire proximal et sur l'extrémité proximale du cartilage latéral ossifié.

VERSCHOOTEN *et al.* (23) pensent néanmoins que les boiteries antérieures basses sont rarement dues à l'ossification elle-même. Leurs recherches ont permis de comparer la distribution des proportions de boiteries podales avec celles des boiteries non-podales en

fonction de différentes classes d'âge dans un lot de 82 chevaux lourds et dans un lot de 161 chevaux de sang. Ils démontrent que les distributions sont similaires et que la classe d'âge la plus touchée par les boiteries d'origine podale est celle des chevaux âgés de 5 à 10 ans, quel que soit leur modèle. Le facteur « ossification des cartilages ungulaires » ne semble donc pas intervenir, puisque l'incidence des boiteries podales des chevaux de sang, moins atteints que les chevaux lourds, a la même distribution que celle des chevaux lourds.

L'apparition de boiterie podale chez les chevaux lourds ne peut donc pas être systématiquement reliée à la présence d'ossification des cartilages ungulaires antérieurs.

En outre, les durées des boiteries des chevaux lourds examinés n'excèdent généralement pas quelques jours voire quelques semaines. Or, l'apparition de l'ossification, et ce surtout si celle-ci est évoluée, est plus ancienne comme nous l'avons observé précédemment puisqu'elle semble être une affection du jeune comme de l'adulte chez le cheval de trait. Il semble donc peu probable que l'ossification provoque une boiterie de part sa seule présence.

En pratique, les confusions paraissent faciles, mais il faut rappeler que les anesthésies digitales sont peu spécifiques d'un élément anatomique précis du pied et que les interprétations des radiographies montrant une ossification des cartilages ungulaires ne sont pas toujours évidentes, puisqu'elles peuvent induire de nombreux faux-positifs (exemple d'une fusion incomplète prise pour un trait de fracture).

Il existe cependant des cas où une atteinte des cartilages ungulaires peut être mise en cause.

⇒ Le premier cas concerne les cartilages ungulaires qui sont atteints d'une inflammation chronique et purulente, nommée javart cartilagineux. Cette inflammation se caractérise par une nécrose du cartilage et par l'apparition d'une fistule au-dessus ou au niveau de la couronne. Les cartilages peuvent être ou ne pas être ossifiés. Une plaie pénétrante est souvent à l'origine de ce problème qui se résout par l'excision chirurgicale du fragment nécrotique.

⇒ Certains auteurs controversés ( 23 ) expliquent que les formes cartilagineuses (ou ossification des cartilages ungulaires) peuvent induire des boiteries ponctuelles lorsque le cartilage est dans une phase active d'ossification.

Dans ces deux cas de figure, de la chaleur, une sensibilité à la palpation et une induration en regard du ou des cartilages concernés peuvent être perceptibles.

⇒ Lorsque l'ossification est très extensive, les cartilages unguulaires assument moins leur rôle biomécanique. Une diminution de l'élasticité et de l'amortissement des chocs s'exerçant sur la phalange distale est constatée et les formes peuvent se fracturer. Les fractures sont de deux types :

- Soit elles concernent seulement le cartilage unguulaire ; le fragment peut alors être excisé s'il est de petite taille,
- Soit elles incluent une partie de la phalange distale (souvent le processus palmaire proximal) ; il faut immobiliser le pied dans un fer orthopédique spécial ( fer à planche ) jusqu'à ce que le contrôle radiographique soit satisfaisant.

### 3 - Latéralisation de l'ossification des cartilages unguulaires :

Notre étude n'a pas permis, chez un même individu, d'objectiver de différence entre les membres antérieurs. En effet, la majorité des cartilages latéraux et médiaux d'un membre sont ossifiés avec un degré semblable ou proche.

Néanmoins, dans 9,3 % des cas, une différence d'ossification peut être mise en évidence entre les 2 cartilages d'un même pied. Nous avons alors noté dans notre échantillon, que sur l'ensemble de ces cas, l'ossification concernait uniquement le cartilage unguulaire latéral. Le faible nombre d'individus concernés ne nous permet pas d'émettre une quelconque hypothèse sur cette latéralisation.

Une étude dirigée par RUOHONIEMI *et al.* (19) montre que les proportions de cartilages unguulaires ossifiés latéraux et médiaux sont les mêmes lorsqu'une différence d'ossification latérale/médiale est observée. En outre, VERSCHOOTEN *et al.* (23) trouvent qu'il existe une différence significative concernant la sévérité de l'ossification entre les cartilages latéraux et les cartilages médiaux, puisque 67,3 % des individus possèdent un cartilage latéral ossifié plus sévèrement. D'après les auteurs, de mauvais aplombs expliquant une surcharge latérale du pied (cheval cagneux) ou une ferrure non-adaptée peuvent expliquer cette caractéristique. Mais une minorité des individus de leur échantillon étant cagneux, il semble que le cartilage unguulaire latéral ait une tendance naturelle à développer une ossification plus extensive que le médial.

## B – Influence du modèle du cheval sur l'incidence de l'ossification des cartilages ungulaires :

Fort est de constater que le pourcentage de chevaux de trait concernés par une ossification des cartilages ungulaire est élevé. Nous avons donc voulu connaître l'influence que peut avoir le modèle du cheval sur l'incidence de cette ossification.

### 1 – Comparaison d'une population de chevaux de trait avec une population de chevaux de selle :

Afin de pouvoir comparer l'incidence de l'ossification des cartilages en fonction du modèle du cheval ( **figure 23** et **tableau 13** ), un échantillon comprenant 100 chevaux de selle ( morphotype dit « léger » ) a été constitué. Les 100 individus sont choisis dans une population de chevaux examinés au CIRALE en prenant comme repère la date correspondant au dossier du premier cheval lourd inclus dans notre échantillon. Tous les dossiers des chevaux de selle sélectionnés comprennent des radiographies de pieds antérieurs qui permettent de visualiser la présence éventuelle d'ossification significative des cartilages.

Afin d'améliorer la fiabilité de la comparaison, une étude réalisée par BOULET ( 2 ) a été également prise en considération. Elle indique que 4,7 % de la population de chevaux de selle, contre 4,4 % dans notre étude, sont concernés par le processus d'ossification.

La **figure 23** et le **tableau 13** illustrent ainsi la différence notable qui existe pour l'incidence de l'ossification des cartilages en fonction du modèle du cheval.

En outre, RUOHONIEMI *et al.* ( 19 ) signalent que l'ossification est plutôt une affection de l'adulte chez les chevaux de selle, contrairement aux chevaux lourds pour lesquels elle concerne les jeunes autant que les adultes. L'activité, la qualité des sols et les traumatismes répétés sur le pied participent à aggraver une ossification des cartilages ungulaires.

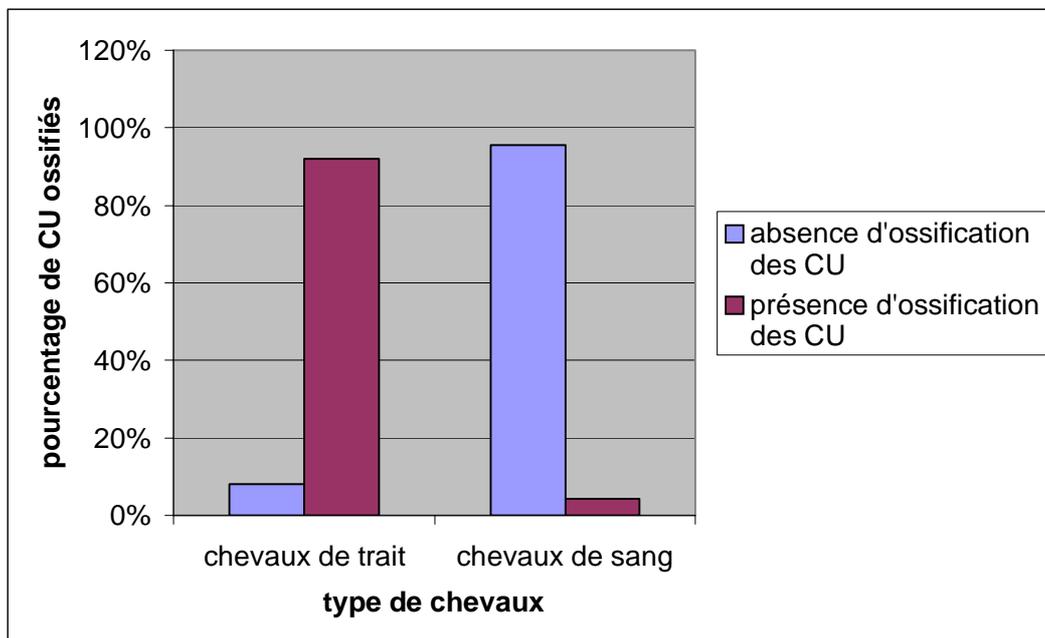
Dans son étude, LEBEL ( 12 ) confirme cette tendance, mais il prend également en considération une population composée d'une autre race de cheval de travail ; des Quarter-Horses. L'ossification est plus sévère chez ces chevaux, comparée à celle des chevaux légers utilisés pour des activités de loisir. D'après cette étude, les chevaux dont le modèle et l'activité se rapprochent de ceux d'un cheval de travail sont plus sévèrement touchés par l'ossification de leurs cartilages ungulaires.



**Tableau 13 : Comparaison de l'incidence de l'ossification des cartilages ungulaires des pieds antérieurs des chevaux de trait et des chevaux de sang.**

	<b>Chevaux de trait</b>	<b>Chevaux de sang (échantillon du CIRALE)</b>	<b>Chevaux de sang (étude du Dr BOULET)</b>
<b>Absence d'ossification</b>	<b>24%</b>	<b>95,6%</b>	<b>95,3%</b>
<b>Présence d'ossification</b>	<b>76%</b>	<b>4,4%</b>	<b>4,7%</b>

**Figure 23 : Comparaison de l'incidence d'ossification des cartilages ungulaires en fonction du type de chevaux (chevaux lourds et chevaux de sang)**



## 2 – Influence de la masse corporelle :

RUOHONIEMI *et al.* ( 17 ) ont trouvé un faible, mais positif, coefficient de corrélation entre le degré d'ossification et les différentes mesures corporelles utilisées pour la détermination de la masse d'une population de chevaux. Il semble donc que l'incidence de l'ossification augmente chez les individus massifs et lourds.

### **III – Origine et étiologie de l'ossification des cartilages unguulaires :**

A l'heure actuelle, les avis concernant l'étiologie de l'ossification des cartilages unguulaires, communément appelée « forme cartilagineuse », divergent. Nous nous y sommes intéressés afin d'essayer d'expliquer l'incidence importante de ce processus au sein de la population des chevaux de trait.

#### **A– Etiologie :**

Les causes spécifiques de l'ossification restent mal connues. Mais malgré leurs avis divergents, la majorité des auteurs s'accordent pour dire que l'étiologie de l'ossification est multifactorielle.

#### 1 - Facteur héréditaire :

Bien qu'aucune étude génétique n'ait été réalisée, il semble que la tendance à développer des formes cartilagineuses soit en partie héréditaire. En effet, d'après ROBERTSON (1932), WAXBERG (1953) et BENGTTSSON (1983), certaines lignées australiennes et suédoises, ainsi que l'ensemble des races de chevaux de trait, possèdent une incidence d'ossification des cartilages unguulaires antérieurs et postérieurs plus élevée que d'autres élevages de chevaux de même race ou de race différente.

En outre, l'incidence d'ossification de la race Cob normand, qui semble plus faible que l'ensemble des individus des autres races de trait, serait intéressante à déterminer. Il convient de rappeler que cette race possède chez les races de trait, le patrimoine génétique le plus

proche de celui des chevaux de selle. Ce travail permettrait d'obtenir un argument quant à l'influence de l'hérédité sur l'apparition de l'ossification des cartilages unguulaires.

## 2 - Facteur morphologique :

Une mauvaise conformation du pied et de mauvais aplombs sont souvent accusés d'être en partie responsable de l'apparition de formes cartilagineuses. Or, une étude menée par RUOHONIEMI *et al.* ( 18 ) en 1997, qui visait à mesurer différents paramètres sur 101 pieds antérieurs ( hauteur des talons, concavité de la sole, taille de la fourchette...), n'a pas permis de mettre en évidence une relation de cause à effet entre une conformation particulière du pied et l'ossification des cartilages unguulaires.

En outre, il est décrit qu'un cheval cagneux est plus souvent atteint par une ossification de ses cartilages unguulaires latéraux à cause de la surcharge exercée sur ce même côté. Cette explication semblent logique, mais les études montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre les divers aplombs et, d'une part l'incidence et d'autre part la latéralisation de l'ossification.

## 3 - Influence environnementale :

S'il ne semble pas être une cause directe de l'apparition des formes cartilagineuses, l'environnement apparaît comme un facteur aggravant de l'ossification déjà présente.

Ainsi, un sol de mauvaise qualité (dur, irrégulier..), un travail intense, une mauvaise ferrure sont à l'origine de l'augmentation des traumatismes engendrés sur le pied et sont donc suspectés de favoriser le processus d'ossification.

### B – Application à la visite d'achat :

Nous avons questionné des propriétaires de chevaux de trait afin de connaître leurs exigences lors de l'acquisition de leurs chevaux. Il s'avère rare qu'une visite d'achat aussi complète que celle effectuée pour les chevaux légers soit demandée. Bien que les lésions ostéo-articulaires les préoccupent, la réalisation de radiographies du pied reste exceptionnelle. Dans le cadre de la détection de l'ossification des cartilages unguulaires, ces radiographies n'auraient de toute manière qu'une faible valeur pronostique. En effet, les « formes

cartilagineuses » même sévères, sont rarement responsables de boiterie. De nombreux chevaux lourds au travail sont concernés, sans que leurs performances sportives se dégradent.

Toutefois, sur de jeunes chevaux l'examen radiographique a une valeur relative supérieure à celle de l'examen physique car les lésions sont encore bien supportées. Une ossification sévère qui représente un risque éventuel de fracture de la phalange distale doit être considérée comme une image radiographique anormale et doit être signalée au propriétaire.

## **CONCLUSION**



Dans notre travail, comme dans les études réalisées précédemment, l'incidence de l'ossification des cartilages unguulaires apparaît être, chez le cheval de trait, une affection fréquente qui concerne aussi bien le jeune que l'adulte. Ce dernier est cependant d'autant plus sévèrement atteint que son âge est élevé.

Même si l'étiologie reste mal connue, le facteur héréditaire semble participer à l'apparition des formes cartilagineuses. D'autres facteurs (environnement, aplombs..) jouent un rôle indirect en aggravant dans le temps le phénomène.

Dans la filière cheval de trait, les moyens sont plus modestes que dans celle du cheval de selle. Aussi, les visites d'achat restent plus succinctes et la réalisation de radiographies plus rare. Si des radiographies de pied sont demandées, il faut établir un inventaire des anomalies et des lésions le plus complet possible afin d'évaluer la compatibilité avec l'utilisation envisagée par l'acheteur potentiel. Or, plus encore que dans d'autres affections ostéo-articulaires, dans le cas de l'ossification des cartilages unguulaires la valeur prédictive des images radiographiques est limitée. En effet, l'ossification des cartilages unguulaires antérieurs n'a pas de répercussion clinique aussi étendue que le laisserait préjuger le nombre important d'animaux atteints. La majorité de ces cas d'ossification sont asymptomatiques même si celle-ci progresse lentement avec l'âge.

Cette constatation doit nous amener à une certaine tolérance en visite d'achat vis-à-vis des images d'ossification des cartilages unguulaires antérieurs. Toutefois, il ne faut pas omettre de prévenir le propriétaire des risques potentiels d'apparition de boiterie d'origine podale (exemple de cas de fractures des processus palmaires), si les images radiographiques sont anormalement sévères. Ceci est valable surtout chez le jeune cheval de trait, pour lequel la valeur pronostique de l'examen radiographique est supérieur à celui de l'examen clinique.

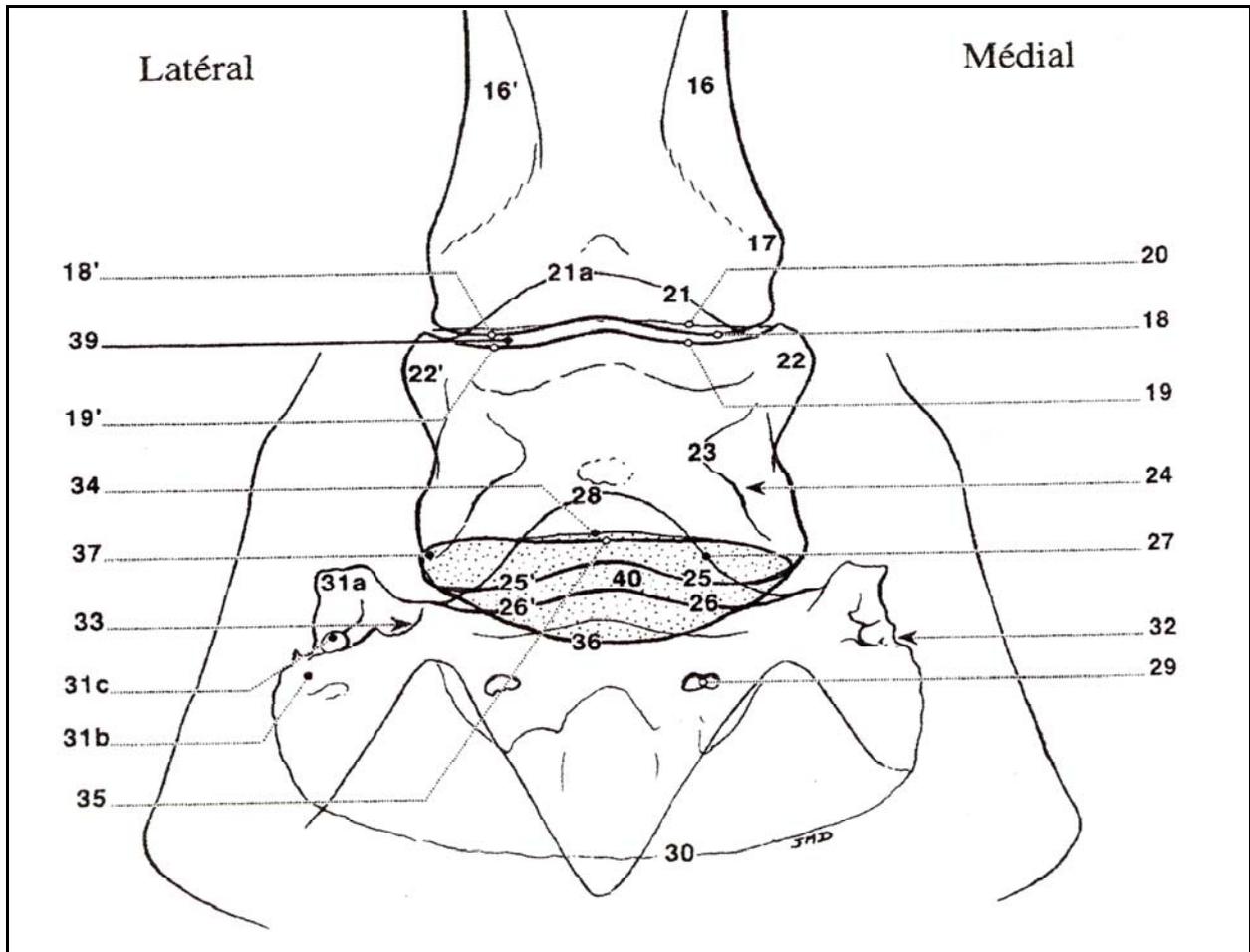
La trop grande hétérogénéité des individus de notre échantillon n'a pas permis d'étudier l'influence de la race ou de facteurs externes. Pour compléter cette étude, il serait intéressant d'établir un suivi de l'évolution de l'ossification sur un échantillon de jeunes chevaux de trait afin de connaître l'âge d'apparition, les éventuels répercussions cliniques et le rôle de facteurs environnementaux sur l'ossification des cartilages unguulaires.



## ANNEXES



**Annexe 1 : Pied vu de face ( incidence dorso-palmaire ), sans ossification des cartilages unguaires**



**Légende annexe 1 :**

**- Phalange proximale**

16 : Corticale médiale

16' : Corticale latérale

17 : Tubercule d'insertion du ligament collatéral et sésamoïdien collatéral de l'articulation interphalangienne distale

18 : Condyle médial

18' : Condyle latéral

**- Phalange moyenne**

19 : Cavité glénoïdale médiale

- 19' : Cavité glénoïdale latérale
- 20 : Bord palmaire
- 21 : Bord dorsal
- 21a : Processus extensorius
- 22 : Tubercule palmaire médial
- 22' : Tubercule palmaire latéral
- 23 : Bord dorsal de la surface d'insertion du ligament collatéral de l'articulation interphalangienne distale
- 24 : Surface d'insertion du ligament collatéral de l'articulation interphalangienne distale
- 25 : Condyle médial
- 25' : Condyle latéral
- Phalange distale**
- 26 : Cavité glénoïdale médiale
- 26' : Cavité glénoïdale latérale
- 27 : Bord dorsal de la surface articulaire de la phalange distale
- 28 : Processus extensorius
- 29 : Foramen solaire
- 30 : Bord solaire
- 31 : Processus palmaire
- 31a : Partie proximale
- 31b : Partie distale
- 31c : Foramen du processus palmaire
- 32 : Sillon pariétal
- 33 : Surface d'insertion du ligament collatéral de l'articulation interphalangienne distale
- Os sésamoïde distal**
- 34 : Bord proximal de la surface articulaire
- 35 : Bord proximal de la facies flexoria
- 36 : Bord distal de la facies flexoria
- 37 : Angle latéral
- Articulations**
- 38 : Articulation métacarpo-phalangienne
- 39 : Articulation interphalangienne proximale
- 40 : Articulation interphalangienne distale

## Annexe 2 : Résultats de l'étude

Cheval (n°)	Age	Sexe	Race	Activité	Boiterie ant. et étiologie	Antérieur droit (Ad)		Antérieur gauche (Ag)		Fusion avec PIII (Ad,Ag)	
						latéral (lat)	médial (méd)	latéral	médial	Complète lat, méd	Incomplète lat, méd
1	4	M	boul	att		5	5	5	5	1,1	0,0
2	6	M	Boul	Att		3	3	2	3	1,1	0,0
3	8	M	boul	att		1	0	2	1	1,1	0,0
4	10	M	boul	att		5	5	5	5	1,1	0,0
5	11	M	boul	att		5 (no)	5 (no)	5 (no)	5	0,0	0,1
6	4	M	boul	att		2	1	2	1	0,1	1,0
7	8	F	boul	att	Ad : frac ppp3	5	5	5	5	1,1	0,0
8	11	F	boul	att	Ag : arth C6-C7	2	2	3	3	1,1	0,0
9	10	F	boul	att	Ag : ost. p3	4	4	5	5	1,1	0,0

Cheval (n°)	Age	Sexe	Race	Activité	Boiterie ant. et étiologie	Antérieur droit		Antérieur gauche		Fusion avec PIII (Ad,Ag)	
						Latéral	Médial	latéral	médial	Complète	incomplète
10	5	M	TdN	att		5	5	5	5	0,0	1,1
11	5	M	TdN	att		5 (no)	3	5 (no)	3	0,0	1,1
12	3	M	TdN	att		5	5	5	5	0,0	1,1
13	4	M	TdN	att		3	3	2	3	1,1	0,0
14	4	M	TdN	att		5	5	5	5	0,0	1,1
15	10	F	comt	att	Ad : arth amecp	4	4	5	4	1,1	0,0
16	10	F	comt	att	Ad : arth aipd	5	5	5	5	0,0	1,1
17	9	F	comt	att		5	3	5	4	1,1	0,0
18	6	M	Bret	att, lab		5	5	5	5	1,1	0,0

Cheval (n°)	Age	Sexe	Race	Activité	Boiterie ant. et étiologie	Antérieur droit		Antérieur gauche		Fusion avec PIII (Ad,Ag)	
						Latéral	Médial	latéral	médial	Complète	incomplète
19	8	H	bret	att		5	5	5	5	0,0	1,1
20	11	F	bret	att		4	4	5	5	1,1	0,0
21	8	H	perch	att, lab		4	5	4	5	1,1	0,0
22	7	M	perch	att		5	5	5	5	1,1	0,0
23	6	M	perch	att		5	5	5	5	1,1	0,0
24	15	F	perch	att, loisir		5	5	5	5	1,1	0,0
25	9	M	ard	déb		5	5	5	4	1,1	0,0
26	18m	M	ard			5 (no)	5(no)	5 (no)	5 (no)	0,0	1,1
27	18m	M	ard			5 (no)	5 (no)	5 (no)	5 (no)	0,0	1,1

Cheval (n°)	Age	Sexe	Race	Activité	Boiterie ant. et étiologie	Antérieur droit		Antérieur gauche		Fusion avec pIII (Ad, Ag)	
						latéral	médial	latéral	médial	complète	incomplète
28	18 m	M	ard			0	0	0	0	0,0	1,1
29	17 m	M	ard			1	1	1	1	0,0	1,1
30	18 m	M	ard			5 (no)	5 (no)	5 (no)	0	0,0	1,1
31	18 m	M	ard			5 (no)	5 (no)	5 (no)	5 (no)	0,0	1,1
32	5	H	cobN	att		5	4	5	4	1,1	0,0
33	7	M	cobN	att		0	0	1	0	1,1	0,0
34	7	M	cobN	att		2	2	3	2	1,1	0,0
35	6	M	cobN	att		4	2	4	2	1,0	0,1
36	6	M	cobN	att		0	2	0	2	0,0	1,1
37	8	F	cobN	att		0	0	0	0		

### Annexe 3 : Test du Khi 2 ou test de comparaison entre une répartition observée et une répartition théorique.

Il permet de comparer deux variables qualitatives.

Le test du Khi 2 repose sur une hypothèse appelée hypothèse nulle (ou H0) qui considère que les deux variables sont indépendantes.

Sous cette hypothèse, une répartition théorique (effectifs calculés) peut être calculée. Le test consiste ensuite à comparer la répartition observée et la répartition théorique.

Certaines conditions sont toutefois nécessaires pour pouvoir utiliser ce test

- utilisation d'effectifs et non de pourcentages.
- les effectifs doivent être suffisamment grand (au moins 5 chevaux par classe).

On définit le nombre de classe que l'on souhaite comparer. On réalise un tableau à double entrée (tableau ) qui contient les effectifs observés dans la population étudiée et correspondant aux classes précédemment choisies pour chacune des variables :

**Tableau : classes comparables par la méthode du Khi 2.**

Variable Y Variable X	Classe 1	Classe 2
Classe 1'		
Classe 2'		

On définit ensuite le degré de liberté (ddl) qui sur un tableau à k classe est égal à :

$$= (\text{lignes} - 1) * (\text{colonnes} - 1)$$

Les test les plus fiables sont les tests qui comparent les valeurs de tables à deux entrées (ddl de 1).

On calcule le Khi 2 qui correspond à l'addition des différences entre les valeurs observées (réelles) et les valeurs théoriques (attendues).

$$X^2 = \sum [(o_i - c_i)^2 / c_i] \text{ où « } c_i \text{ » est l'effectif théorique et « } o_i \text{ » l'effectif observé.}$$

On cherche ensuite la probabilité correspondante dans la table du Khi 2 pour le degré de liberté défini et pour le risque 5%. Elle correspond à la valeur maximale de l'écart que l'on

peut observer entre les distributions sous l'hypothèse d'indépendance avec une probabilité d'erreur de 5%.

Si le Khi 2 calculé est inférieur à la valeur trouvée dans la table, on conclue, au risque de 5% de se tromper, que l'hypothèse de départ est juste : les deux variables de départ sont indépendantes.

Si le Khi 2 calculé est supérieur à la valeur trouvée dans la table, on rejette, au risque de 5% de se tromper, l'hypothèse de départ: les deux variables de départ sont donc liées.

## **Annexe 4 : Races de chevaux de trait utilisées dans l'étude**

### **⇒Le Boulonnais**

#### Origine

D'aucuns font remonter la naissance de cette race à la cavalerie de César, remontée en chevaux orientaux de Numidie et rassemblée en 54 av.JC près de Boulogne pour embarquer vers l'Angleterre. On distinguait 2 types de Boulonnais - tout d'abord le modèle des « mareyeuses », léger endurant, très apprécié au XVIIe et XVIIIe siècles pour le transport rapide du poisson, la « marée », de Boulogne-sur-Mer à Paris. - ensuite, celui d'un cheval grand et puissant, façonné au XIXe siècle pour le travail des terres à betteraves et leur charroi.

#### Morphologie

Le standard d'aujourd'hui, d'une taille de 1,50 m à plus de 1,70 m, fait apparaître une tête élégante, courte, au front large et plat, à l'oeil très vif d'une grande fierté, les naseaux bien ouverts, les oreilles petites et mobiles. L'encolure est souvent rouée, épaisse et musclée, la crinière double, touffue, pas très longue. Le poitrail est large, les côtes bien arrondies, les épaules parfaitement sorties, le garrot bien placé, mais souvent noyé dans la musculature. Le dos est droit, les membres forts, musclés, les articulations nettes et solides, les jarrets ouverts, les canons courts, les extrémités peu fournies en crins. La robe est grise, du très clair au pommelé foncé, plus rarement alezane.

#### Zone d'élevage :

Des reproducteurs Boulonnais sont recensés dans plusieurs départements du Nord-ouest, principalement Pas-de-Calais, Nord, Somme, Seine-Maritime et Oise

#### Aptitudes et utilisation :

Energique, actif, aux allures brillantes, le Boulonnais est un excellent cheval de traction utilitaire ou de prestige (compétitions d'attelage)

#### Effectifs (au 2 novembre 2000) :

- Naissances enregistrées en 2000 : 366
- Etalons en activité en 2000 : 51
- Juments saillies en 2000 pour produire dans la race : 614

- Juments de la race saillies en 2000 : 686
- Eleveurs en 2000 : 298

## ⇒Le Trait du Nord

### Origine

Le Trait du nord dont le syndicat d'élevage fut fondé en 1903, appartient à la famille du Trait Belge et du Trait Hollandais, races qui se sont organisées à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle. Le modèle recherché vivait, tant dans le Hainaut Belge que dans le Hainaut français. A l'issue de la guerre, en 1919, belges et français ont récupéré en Allemagne les animaux réquisitionnés, et les effectifs se sont rapidement reconstitués. Seules les juments conformes au type étaient inscrites à titre initial. De nombreux étalons ont toujours été achetés en Belgique. Il fut appelé "Trait Ardennais du Nord" de 1961 à 1992.

### Morphologie

Le Trait du nord est un cheval fortement charpenté, plutôt court, puissant, à l'ossature et la musculature importantes. La robe est baie, rouanne et aubère, plus rarement alezane. La taille est de 1,65 m au garrot, le poids adulte de 1 000 kg pour les mâles. La tête est petite, très souvent camuse, l'oeil vif, les oreilles courtes, les naseaux larges. L'encolure est de longueur moyenne, puissante, souvent rouée, la crinière abondante. Le garrot est noyé dans la masse musculaire, le dos est droit et court, le rein large et musclé ; la croupe double, massive ; le poitrail est large et musclé. Les membres sont forts, osseux, les canons et paturons sont courts, garnis de poils abondants, les sabots larges et solides.

### Zone d'élevage

Couvrant le Nord, bordant dans sa partie ouest la zone Boulonnaise, l'Artois, la Picardie, la Seine Maritime, elle longe les Ardennes et se prolonge dans la zone Auxoise.

### Aptitudes et utilisations

De taille et de format important, résistant et énergique, le Trait du nord était autrefois utilisé dans les grandes plaines du nord pour les cultures céréalières et betteravières. De nos jours, de par son caractère doux et facile, son utilisation est

multiple : travaux des champs, maraîchage, débardage de bois, attelage, randonnées montées ou attelées, compétition.

#### Effectifs (au 02 novembre 2001)

- Naissances enregistrées en 2000 : 178
- Etalons en activité en 2000 : 31
- Juments saillies en 2000 pour produire dans la race : 296
- Juments de la race saillies en 2000 : 326
- Eleveurs en 2000 : 137

### **⇒Le Cob Normand**

#### Origine

C'est au début du XIXe siècle à la suite de l'importation de Grande-Bretagne du « Norfolk » que va se créer une jumenterie carrossière avec des produits ayant du sang et une bonne charpente. A partir de cette jumenterie vont se différencier les Anglo-normands d'où se distingueront le Trotteur - le Carrossier énergique et rapide qui deviendra le Cob normand et le prestigieux Selle français.

#### Morphologie

Le Cob normand est un cheval de taille moyenne (1,60 à 1,65 m) d'un poids de 550 à 800 kg, la robe baie ou alezane, la tête et la physionomie sont proches de son cousin le « Selle français », bien membré, étoffé, harmonieux, bien équilibré. Il a conservé le type demi-sang.

#### Zone d'élevage

Si l'élevage du Cob normand s'est principalement développé dans le département de la Manche et les cantons proches - Calvados et Orne - on constate une certaine dispersion de cet élevage et la création de points forts avec le haras de la Roche-sur-Yon par exemple et le haras du Pin.

#### Aptitudes et utilisations

Il est par excellence le cheval d'une génération nouvelle de cavaliers et d'amateurs d'attelage recherché et apprécié en tant que cheval de loisir et de sport en compétitions officielles d'attelage.

### Effectifs (au 02 novembre 2001)

- Naissances enregistrées en 2000 : 583
- Etalons en activité en 2000 : 61
- Juments saillies en 2000 pour produire dans la race : 959
- Juments de la race saillies en 2000 : 776
- Eleveurs en 2000 : 640

### **⇒Le Comtois**

#### Origine

Cheval de trait par excellence dont les origines remontent à la grande «Race germanique» importée par les Burgondes au Ve siècle. Les étalons orientaux des espagnols occupant la Franche-Comté lui apportent la distinction qui caractérise toujours la race comtoise. Alors principale richesse de la région, le cheval Comtois sera utilisé au carrosse, pour la cavalerie (dragons), pour l'artillerie, et au trait divers. C'est en 1919 que quelques éleveurs de la montagne constituent le « Syndicat d'élevage du cheval comtois ».

#### Morphologie

Toisant de 1,55 à 1,65 m, son poids varie de 650 à 800 kg. Les balzanes sont rares, par contre un frison clair couvrant les tendons est apprécié. La tête est carrée avec l'oeil vif, des oreilles petites et bien plantées, très mobiles. L'encolure est bien musclée, le garrot bien attaché. La croupe large avec cuisse bien descendue. Les articulations doivent être fortes, avec de bons aplombs, les tendons bien détachés. Son tissu est dense avec des membres secs et bien trempés. Ses pieds sont moyens et bien conformés. Sa robe est de préférence alezan foncé ou cuivré crins lavés avec un petit en-tête en évitant les larges listes.

#### Zone d'élevage

La race comtoise, originaire de Franche-Comté, a gagné l'Alsace, la Bourgogne, le Massif Central, les Pyrénées et les Alpes. De nombreux sujets ont été exportés en Espagne, en Belgique, en Hollande et en Allemagne.

#### Aptitudes et utilisations

Elevé en zone continentale, au climat rigoureux, le Comtois s'adapte à tous les climats. Il peut rester dehors toute l'année. Encore utilisé à la traction (débardage du bois, travaux de la vigne), le cheval Comtois est également un bon cheval d'attelage et de loisir.

### Effectifs (au 02 novembre 2001)

- Naissances enregistrées en 2000 : 4 025
- Etalons en activité en 2000 : 810
- Juments saillies en 2000 pour produire dans la race : 7 771
- Juments de la race saillies en 2000 : 5 784 • Eleveurs en 2000 : 3 458

## ⇒ **Le Percheron**

### Origine

Les origines du Percheron semblent lointaines et en tous cas, apparemment fortement imprégnées de sang oriental (Pur sang arabe), dont l'influence se fait sentir dès le VIII<sup>e</sup> siècle.

### Morphologie

Etant donné ses antécédents, le Percheron répond aujourd'hui au standard suivant : la taille moyenne est de 1,66 m (1,55 à 1,72 m), le poids moyen de 900 kg ; la robe est grise ou noire, les allures souples et légères, la tête est fine, le front large et carré, les oreilles fines et longues, l'oeil vif et sorti, le chanfrein droit et plat, les naseaux larges, très ouverts, la ganache effacée; l'encolure est longue et rouée, les crins assez abondants, la gorge effacée, mince, le garrot sorti, l'épaule inclinée; la poitrine est large et profonde, le sternum assez saillant; le dos est droit et court, le rein droit et court, les côtes longues et rondes, le passage de sangle très descendu, le flanc rempli, les hanches longues et effacées, la croupe longue, droite et légèrement fendue, la queue haute dans le prolongement du rein; les membres sont clairs et nets, bien d'aplomb, avant-bras bien sortis et puissants, les cuisses larges et musclées; les fesses descendues, les genoux larges, carrés et dans la ligne de l'épaule, les jarrets larges, ni trop droits ni trop croches; les canons sont larges, plats et courts, les boulets effacés et forts, les pâturons clairs et forts, la couronne pas trop large, les pieds hauts et forts en talons

### Effectifs (au 02 novembre 2001)

- Naissances enregistrées en 2000 : 728
- Etalons en activité en 2000 : 224
- Juments saillies en 2000 pour produire dans la race : 1336

- Juments de la race saillies en 2000 : 1476
- Eleveurs en 2000 : 483

## ⇒L'Ardennais

### Origine

Sans doute descendant du cheval de Solutré, l'Ardennais est l'une des plus anciennes races de chevaux de trait en France (époque romaine).

### Morphologie

L'Ardennais est un cheval de type bréviligne. Le standard actuel de la race répond aux caractères suivants : la taille est de 1,62 m pour les mâles, 1,60 m pour les femelles ; le poids à la naissance est de 50 à 80 kg, le poids adulte de 700 à 1000 kg; la robe est baie ou rouanne, éventuellement alezane, gris fer, parfois isabelle; la tête est expressive, le profil camus ou rectiligne, les orbites saillantes, les oreilles petites et pointées en avant; l'encolure est bien greffée, souvent rouée chez le mâle; le corps exprime la masse, la densité, la puissance ; la poitrine est ample et profonde, le dos et le rein puissants et bien soutenus, les hanches larges, l'arrière-main longue et très musclée; l'épaule est inclinée, bras, avant-bras et jambes sont très musclés, les articulations basses, larges, bien affirmées, les pieds larges à corne saine.

### Zone d'élevage

L'Ardennais est élevé en race pure dans le quart nord-est de la France plus précisément dans les régions Champagne-Ardenne, Lorraine et Alsace. On le rencontre parfois dans le Massif Central ou dans les Pyrénées.

### Aptitudes et utilisations

Compact, trapu, près de terre, d'une grande douceur et docilité, il demeure un cheval de trait utilisé pour certains travaux (fenaison, vigne, travaux superficiels, débardage,...).

### Effectifs (au 02 novembre 2001)

- Naissances enregistrées en 2000 :728
- Etalons en activité en 2000 : 224

- Juments saillies en 2000 pour produire dans la race : 1336
- Juments de la race saillies en 2000 : 1476
- Eleveurs en 2000 : 483

## ⇒Le Breton :

### Origine

De nombreux croisements furent réalisés aux XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles en vue d'améliorer ces variétés ; le plus célèbre et le plus réussi résultant de l'accouplement d'étalons « Norfolk » importés de Grande-Bretagne et de juments du Léon. De ce croisement naquit le « Postier breton » dont la réputation s'étendit dans le monde entier.

### Morphologie

A l'heure actuelle, le cheval Breton répond au standard suivant : la robe est alezane, aubère, rarement baie ou rouanne, la taille est moyenne : autour de 1,58 m (1,52 à 1,63 suivant le type) ; la tête est carrée, de volume moyen, le front large, le chanfrein droit, parfois camus, les naseaux ouverts, l'oeil vif ; l'encolure est longue, forte mais bien greffée, légèrement rouée ; le dos est tendu, large et musclé, la croupe large et double, la côte ronde ; l'épaule est longue et oblique, la poitrine profonde ; les cuisses et les avant-bras très musculeux, les canons courts et secs. Il existe deux types morphologiques : le Trait de formule compacte, le Postier plus légers et plus étendu dans ses rayons et ses allures.

### Zone d'élevage

Elevé à l'origine dans les 4 départements bretons et en Loire-Atlantique, son aire d'extension excède largement le traditionnel « berceau de race ».

### Aptitudes et utilisations

Doté d'allures énergiques et d'une remarquable docilité, le Breton, en particulier la variété « Postière », est le cheval d'attelage de loisir idéal utilisé par des professionnels avertis comme par des amateurs pour la compétition et le tourisme attelé. A la différence d'autres races de trait, le Breton n'a jamais cessé d'être attelé. Il est encore employé en agriculture pour des travaux de précision en culture

légumière.

Effectifs (au 02 novembre 2001)

- Naissances enregistrées en 2000 : 3 150
- Etalons en activité en 2000 : 630
- Juments saillies en 2000 pour produire dans la race : 5 401
- Juments de la race saillies en 2000 : 5 610
- Eleveurs en 2000 : 2 693

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1) BARONE. Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 2, 984 p.
- 2) BOULET C. Correlation entre les images radiographiques et les performances sur un effectif de chevaux de race française. Th. Doct. Vét. Alfort. 1998, n°53, 153 p.

- 3) BRAGULLA H. Zur entwicklung des hufknorpels unter besonderer berücksichtigung der hufknorpelverknöcherung. *Dtsch tierärztl. Wschr.*, 1999, **106**, 86-93.
- 4) DENOIX JM. Examen de l'appareil locomoteur du cheval en visite d'achat. EPU, février 2001.
- 5) DENOIX JM. Radiologie équine. EPU, 1997, 497p.
- 6) DENOIX JM., DESBROSSE F., PERRIN R. Grille d'interprétation pour l'examen des pieds chez le cheval, *Le Point Vet.*, 1988, **20**, (115), 17-38.
- 7) DUBOIS X. Trait tract. Th. Doct. Vet. Alfort. 1987, n°42, 94p.
- 8) EGO H. Nouveaux visages du cheval de trait. Th. Doct. Vet. Lyon. 1998, n°27, 80p.
- 9) Eperon (l'). numéro spécial lourd. 1980, n°10, 103p.
- 10) GUTTON E. Evolution entre 3 et 6 ans des images radiographiques des membres antérieurs de 123 chevaux. Répercussions sur la locomotion à 6 ans. Th. Doct. Vet. Alfort. 2000, n°213, 113p.
- 11) HOULIEZ P. Anatomie et biomécanique du pied chez le cheval. Th. Doct. Vet. Alfort. 1995, n°101, 91p.
- 12) LEBEL JL. Lameness in horses. *Carlson's Vet. Rad.*, 3<sup>th</sup> Ed., 1977, **2**, 415-461.
- 13) LIZET B. Champ de blé, champ de course. Ed. Jean Michel Place, Paris, 320p.
- 14) MOYER W.A. Sidebone. *Equine Med. and Surgery*, 4<sup>th</sup> Ed., 1991, **2**, 1340.
- 15) O'BRIEN TR, BAKER TW. Distal extremity examination : how to perform the radiographic examination and interpret the radiographics. *Proceed. Am. Assoc. Equine Pract.*, 1986, **32**, 552-566.
- 16) RUOHONIEMI M, LAUKKANEN H, OJALA M, KANGASNIEMI A, TULAMO R-M. Effects of sex and age on the ossification of the collateral cartilages of the distal phalanx of the Finnhorse and the relationships between ossification and body size and type of horse. *Research in Vet. Science*, 1997, **62** (2), 34-38.
- 17) RUOHONIEMI M, TULAMO R-M, HACKZELL M. Radiographic evaluation of ossification of the collateral cartilages of the third phalanx in Finnhorses. *Equine Vet. J.*, 1993, **25** (5), 453-455.
- 18) RUOHONIEMI M, TULAMO R-M, RAEK14) ALLIO M, SALONIUS K. Relationship between ossification of the cartilages of the foot and conformation and radiographic measurements of the front feet in Finnhorses. *Equine Vet. J.*, 1997, **29** (1), 44-48.
- 19) RUOHONIEMI M, TULAMO R-M, RYHANEN V. Radiographic appearance of the navicular bone and distal interphalangeal joint and their relationship with ossification of the

collateral cartilages of the discal phalanx in finnhorse cadaver forefeet. *Vet. Radiol. And Ultrasound*, 1998, **39** (2), 125-132.

20) SCHNEIDER RK, STICKLE RL. Orthopedic problems of the foot. *Current Therapy in Eq. Med.*, 1987, **2**, 282-289.

21) SIRE (ed.). Immatriculations des chevaux de trait en France : situation pour les naissances 1997 et évolutions récentes. 1999, 28p.

22) STASHAK T.S. Adam's lameness in horses. 4<sup>th</sup> Ed., 1987, Lea & Febiger. Philadelphia, 537-538.

23) VERSCHOOTEN F, VAN WAEREBEEK B, VERBEECK J. The ossification of cartilages of the distal phalanx in the horse: an anatomical, experimental, radiographic and clinical study. *Journal of Equine Veterinary Science*, 1996, **16** (7), 291-305.