

**ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE
LYON**

Année 2006 - Thèse n° 84

***DIAGNOSTIC ET SUIVI DE LA GESTATION
PAR ECHOGRAPHIE CHEZ LA CHATTE***

THESE

Présentée à l'UNIVERSITE CLAUDE BERNARD - LYON I

(Médecine - Pharmacie)

et soutenue publiquement le 19 Octobre 2006

pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

BLAISE Amandine

Née le 23 Janvier 1981

à Bois Bernard (62)

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE LYON

ANNEE 2005



ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE LYON

Année 2006 - Thèse n° 84

DIAGNOSTIC ET SUIVI DE LA GESTATION PAR ECHOGRAPHIE CHEZ LA CHATTE

THESE

Présentée à l'UNIVERSITE CLAUDE BERNARD - LYON I

(Médecine - Pharmacie)

et soutenue publiquement le 19 Octobre 2006

pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

BLAISE Amandine

Née le 23 Janvier 1981

à Bois Bernard (62)

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE LYON

ANNEE 2005



Remerciements

A Monsieur le Professeur Michel BERLAND

De la faculté de Médecine de Lyon,

*Qui nous a fait l'honneur de présider notre jury de thèse
Hommages respectueux*

A Monsieur le Professeur Samuel BUFF

De l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon,

*Qui nous a fait l'honneur d'accepter d'encadrer ce travail de thèse, nous
a conseillé et nous a fait confiance tout au long de son élaboration
Remerciements chaleureux*

A Monsieur le Professeur François GARNIER

De l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon,

*Qui a eu la gentillesse d'accepter de participer à notre jury de thèse afin
de porter un regard critique sur notre travail
Sincères remerciements*

A Anne LENA et toute sa petite famille

Eleveuse d'Abyssins de la chatterie d'Ulunlaë

*Qui a montré beaucoup d'enthousiasme pour cette expérimentation et qui s'y est
impliquée avec beaucoup de professionnalisme
Remerciements chaleureux*

A Florence BOULDOUYRE

Future consoeur, élèveuse amateur de Persans,

*Qui a trouvé du temps à nous consacrer à des horaires parfois incongrus
Sincères remerciements*

A Chantal FIERHER et ses chatons facétieux

Eleveuse de Burmilla de la chatterie de la Soie Lyonnaise

*Qui a eu la gentillesse de se rendre disponible et nous a fait découvrir ses attachants
pensionnaires
Remerciements chaleureux*

A Laure BIESSY

Eleveuse de Bengals de la chatterie d'Ushuaia

*Qui a accepté de participer à cette thèse malgré son emploi du temps chargé
Sincères remerciements*

Remerciements

A mes parents,

Mes sœurs Caroline et Julie, et mes (beaux-)frères Maxime, Benoît et Hugues

Que l'espace d'un week-end nous trouvions toujours un prétexte pour être une famille

Merci d'être là, tout simplement

A Christine BOCQUET

Maintenant Consoeur,

Pour avoir su développer en moi cette vocation d'enfance

Remerciements chaleureux

A tous les petits lyonnais qui m'ont entouré pendant ces 5 ans avec en particulier (et pêle-mêle pour éviter toute jalousie) :

Camille, Maëlle, Nancy, Audrey, Agate et Lucie, les filles du groupe 7

Ma porte, et à fortiori celle de ma cuisine, vous sera toujours ouverte

Zabeth, Marion et son Bertrand, Pauline, et Claire-Elise, les aventuriers du bout du monde

Que nos chemins se recroisent, de la Grande Echelle à Tombouctou, pour éviter de nous éloigner

Clémence et Mathieu, nos clones spirituels

Ne changez pas

Francis, Oph, Marie et Kubsy, la dream team Furax

Pour tous les souvenirs que je garderai de St Genis et du Jura

Florent, Panpan et Pierre, nos petits poulots

Parce que sans vous, l'école ne vivrait plus

Enfin à tous les Z'OBI

Je suis fière de nous

A bientôt dans cette nouvelle vie après l'ENVL....

A Uniyya du Cassandrin alias Nounie

Chatte Turc du Lac de Van de son état,

Qui m'a inspiré ce sujet de thèse et donné 4 adorables chatons,

Sincères mioups

A Sébastien

Parce que le meilleur est toujours gardé pour la fin et que nous saurons ignorer le pire

Je t'aime

Table des matières

<i>Liste des Figures</i>	13
<i>Liste des Tableaux</i>	15
INTRODUCTION :	17
PARTIE 1 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	19
I ANATOMIE DE L'APPAREIL GÉNITAL ET PHYSIOLOGIE SEXUELLE DE LA CHATTE	
REPRODUCTRICE	20
<i>A Anatomie de l'appareil génital femelle</i>	20
1 Topographie après la puberté	20
a Les ovaires.....	20
b Les trompes utérines	21
c L'utérus	21
d Le vagin	21
e Le sinus uro-génital	23
f Les mamelles	23
2 Topographie abdominale liée à la gravidité.....	24
<i>B Le cycle sexuel chez la chatte</i>	26
1 La puberté	26
2 Les phases du cycle sexuel	26
a Le cycle anovulatoire.....	27
b Les modifications liées à l'accouplement et la gestation.....	28
c Résumé.....	32
3 Endocrinologie du cycle sexuel dans l'espèce féline	33
a Le cycle anovulatoire.....	33
b Le cycle ovulatoire	36
<i>C La gestation</i>	40
1 De la fécondation à la nidation.....	40
2 Le développement embryonnaire et fœtal	41
a Formation et évolution des annexes embryonnaires.....	41
b Formation et croissance de l'embryon et du fœtus.....	44
c Résumé du développement embryonnaire et fœtal au cours de la gestation chez la chatte	52

3 La parturition.....	53
II DIAGNOSTIC DE GESTATION CHEZ LA CHATTE.....	55
<i>A L'examen clinique.....</i>	<i>55</i>
1 Modifications comportementales	55
2 Modifications morphologiques	56
3 La palpation pression trans-abdominale de l'utérus.....	57
a Méthodologie.....	57
b Résultats.....	58
<i>B Les examens paracliniques.....</i>	<i>59</i>
1 Les paramètres sanguins	59
a La composition du plasma sanguin.....	59
b La vitesse de sédimentation	59
c Le dosage des oestrogènes	59
d Le dosage de la progestérogène	60
e Le dosage de la relaxine.....	60
2 La radiographie abdominale.....	60
a Principe	60
b L'appareil à rayon X et la constitution d'une image radiographique.....	61
c Méthode.....	62
d Résultats.....	63
3 L'échographie	65
a Principes de l'échographie	66
b Construction de l'image échographique	69
c Méthode.....	74
d Résultats.....	75
<i>C Synthèse des méthodes de diagnostic les plus employées et leurs résultats en fonction du stade de gestation.....</i>	<i>82</i>
PARTIE 2 : ETUDE EXPERIMENTALE.....	84
I MATÉRIEL ET MÉTHODE	85
<i>A Les animaux.....</i>	<i>85</i>
<i>B Les examens échographiques</i>	<i>86</i>

II RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS	87
<i>A Le diagnostic de gestation et la taille de la portée</i>	<i>87</i>
1 Le diagnostic précoce	87
a La détection d'une dilatation utérine	87
b La visualisation d'une ou plusieurs vésicules embryonnaires	88
2 La taille de la portée	89
a Méthode de dénombrement des conceptus	89
b Résultats	90
c Interprétations	91
3 Récapitulatifs et discussion des résultats obtenus	92
<i>B Le développement embryonnaire et foetal: estimation du stade de gestation et de la viabilité des fœtus</i>	<i>93</i>
1 Le développement des annexes embryonnaires	93
a Le placenta	93
b L'amnios, l'allantoïde et la vésicule vitelline	94
2 La visualisation de l'embryon	97
a Aspect échographique	97
b Date d'apparition	99
c Interprétations	99
3 L'organogenèse	100
a Le cœur	100
b Les membres	102
c L'estomac	104
d Le diaphragme : distinction des poumons et du foie	105
e La vessie	106
f Les intestins	107
g Les reins	108
h Les vaisseaux sanguins	109
4 La minéralisation du squelette	111
a Aspect échographique	111
b Date d'apparition	115
c Interprétations	116

4 Les signes vitaux	117
a Les battements cardiaques.....	117
b Les mouvements foetaux:	118
5 Récapitulatifs et discussion des résultats obtenus	119
<i>C La planification de la mise bas.....</i>	<i>120</i>
1 Prévion du jour de la mise bas en fonction du diamètre bipariétal (BIP) 120	
a Mesure standard du BIP	120
b Résultats.....	121
c Interprétations.....	122
2 Prévion du jour de la mise bas en fonction du diamètre abdominal	
transverse (DAT).....	122
a Mesure standard du DAT	122
b Résultats.....	122
c Interprétations.....	123
3 Récapitulatifs et discussion des résultats obtenus	123
CONCLUSION :.....	125
<i>Bibliographie</i>	<i>127</i>

Liste des Figures

FIGURE 1 : ORGANES LOMBAIRES ET APPAREIL URO-GÉNITAL DE LA CHATTE.....	22
FIGURE 2 : PARTIE EXTERNE DE L' APPAREIL URO-GÉNITAL FEMELLE.....	23
FIGURE 3 : LES MAMELLES, LEUR VASCULARISATION ET LEUR DRAINAGE LYMPHATIQUE.....	24
FIGURE 4 : APPAREIL GÉNITAL D'UNE CHATTE GRAVIDE	25
FIGURE 5 : DÉROULEMENT DE L' ACCOUPLEMENT DANS L' ESPÈCE FÉLINE	29
FIGURE 6 : DURÉE DE LA GESTATION DANS UN ÉLEVAGE FÉLIN (SANS ORIENTAUX).....	30
FIGURE 7 : RETOUR EN OESTRUS APRÈS LA GESTATION CHEZ LA CHATTE	31
FIGURE 8 : LES ÉTAPES DES CYCLES SEXUELS CHEZ LA CHATTE	32
FIGURE 9 : RELATIONS ENTRE LA SÉCRÉTION D'ŒSTROGÈNES, LA PHASE FOLLICULAIRE ET LE COMPORTEMENT DE CHALEURS AU COURS D'UN CYCLE ANOVULATOIRE.....	34
FIGURE 10 : RÉGULATION DES HORMONES SEXUELLES AU COURS DU CYCLE	36
FIGURE 11 : CONCENTRATIONS SÉRIQUES MOYENNES DE LH CHEZ DES CHATTES EN	37
FONCTION DU NOMBRE DE COPULATIONS	37
FIGURE 12 : VARIATIONS DES PRINCIPALES HORMONES AU COURS DU CYCLE SEXUEL DE LA CHATTE	40
FIGURE 13 : ANNEXES FŒTALES DES CARNIVORES DOMESTIQUES	43
FIGURE 14 : COUPE SCHÉMATIQUE D'UN JEUNE EMBRYON DE MAMMIFÈRE	45
FIGURE 15 : COURBE DE CROISSANCE FŒTALE.....	49
FIGURE 16 : MORPHOLOGIE DE L' EMBRYON PUIS DU FŒTUS DES CARNIVORES DOMESTIQUES	51
FIGURE 17 : COURBE DE POIDS D'ULWEN (CHATTE ABYSSINE SUIVI PAR ÉCHOGRAPHIE) LORS DE SA 3^{IÈME} GESTATION EN 2006	56
FIGURE 18 : TRAJET DES ULTRASONS À L' INTERFACE ENTRE DEUX MILIEUX.....	67
FIGURE 19 : ILLUSTRATION DES TROIS MODES UTILISÉS EN ÉCHOTOMOGRAPHIE	70
FIGURE 20 : EQUATIONS MOYENNES DE RÉGRESSION POUR LE DIAMÈTRE BIPARIÉTAL (BIP) ET LE DIAMÈTRE ABDOMINAL TRANSVERSE (DAT) CHEZ LA CHATTE RAPPORTÉS AUX JOURS PRÉ- PARTUM.....	80
FIGURE 21 : DILATATION UTÉRINE : USHUAIA 13^{IÈME} JOUR.....	87
FIGURE 22 : VÉSICULE EMBRYONNAIRE : TOPAZE 16^{IÈME} JOUR	88
FIGURE 23 : VUE D'ENSEMBLE DES CONCEPTUS AVEC LA SONDE DE 5MHZ : VANDOLYN 33^{IÈME} JOUR	90
FIGURE 24 : PLACENTA DISCONTINU, ALLANTOÏDE ET VÉSICULE VITELLINE : TOPAZE 20^{IÈME} JOUR ...	93
FIGURE 25 : CHORION LISSE, PLACENTA ZONAIRE ET EMBRYON EN COUPE LONGITUDINALE : ULWEN 31^{IÈME} JOUR	94
FIGURE 26 : AMNIOS ET VÉSICULE VITELLINE : TOPAZE 27^{IÈME} JOUR	95
FIGURE 27 : COUPE TRANSVERSALE DU FŒTUS ET DE LA VÉSICULE VITELLINE : USHUAIA 24^{IÈME} JOUR	96

FIGURE 28 : COUPE TRANSVERSALE DE L'EMBRYON PASSANT PAR LE CORDON OMBILICAL :	
VANDOLYN 33 ^{IÈME} JOUR.....	97
FIGURE 29 : COUPE LONGITUDINALE DU FOETUS COUCHÉ SUR LA VÉSICULE VITELLINE : VANDOLYN	
31 ^{IÈME} JOUR	97
FIGURE 30 : EMBRYON : VANDOLYN 19^{IÈME} JOUR.....	98
FIGURE 31 : « EMBRYON EN 8 » : VANDOLYN 24^{IÈME} JOUR.....	98
FIGURE 32 : COUPE LONGITUDINALE HORIZONTALE DU CŒUR : VANILLE 63^{IÈME} JOUR	101
FIGURE 33 : COUPE LONGITUDINALE HORIZONTALE DU CORPS : USHUAIA 53^{IÈME} JOUR	101
FIGURE 34 : PROFIL DE FOETUS : USHUAIA 41^{IÈME} JOUR	102
FIGURE 35 : EXTRÉMITÉ DU MEMBRE ANTÉRIEUR : USHUAIA 50^{IÈME} JOUR.....	103
FIGURE 36 : COUPE PARASAGITALE DE L'ABDOMEN : TOPAZE 60^{IÈME} JOUR	107
FIGURE 37 : COUPE LONGITUDINALE HORIZONTALE PASSANT PAR LES DEUX REINS : VANDOLYN	
49 ^{IÈME} JOUR.....	108
FIGURE 38 : COUPE LONGITUDINALE VERTICALE PASSANT PAR L'AORTE : VANILLE 44^{IÈME} JOUR....	109
FIGURE 39 : COUPE LONGITUDINALE VERTICALE PASSANT PAR LES ARTÈRES CAROTIDES : TOPAZE	
51 ^{IÈME} JOUR	110
FIGURE 40 : COUPE LONGITUDINALE HORIZONTALE PASSANT PAR LES VEINES CAVE, PORTE ET	
ILIAQUES : VANDOLYN 49 ^{IÈME} JOUR.....	110
FIGURE 41 : PORTION CAUDALE DE LA COLONNE VERTÉBRALE, BASSIN ET FÉMUR : TOPAZE 49^{IÈME}	
JOUR.....	112
FIGURE 42 : COUPE PARASAGITALE DES CÔTES PASSANT PAR LA SCAPULA : TOPAZE 51^{IÈME} JOUR .	113
FIGURE 43 : COUPE LONGITUDINALE HORIZONTALE AU NIVEAU DU STERNUM : TOPAZE 47^{IÈME} JOUR	113
FIGURE 44 : OS DU BRAS ET DE L'AVANT-BRAS : TOPAZE 60^{IÈME} JOUR	114
FIGURE 45 : DATES D'APPARITION DES DIFFÉRENTS MOUVEMENTS DES FETUS	118
FIGURE 46 : ÉTAPES DE L'ORGANOGENÈSE DANS L'ESPÈCE FÉLINE	119
FIGURE 47 : COUPE LONGITUDINALE HORIZONTALE DU CRÂNE POUR UNE MESURE DU DIAMÈTRE	
BIPARIÉTAL : USHUAIA 59 ^{IÈME} JOUR	121
FIGURE 48 : NOMBRE DE JOURS PRÉ-PARTUM EN FONCTION DU DIAMÈTRE BIPARIÉTAL	121
FIGURE 49 : NOMBRE DE JOURS PRÉ-PARTUM EN FONCTION DU DIAMÈTRE ABDOMINAL TRANSVERSE	123

Liste des Tableaux

TABLEAU 1 : POIDS MOYEN DES CONCEPTUS ET DU PLACENTA AU COURS DE LA GESTATION	50
TABLEAU 2 : DÉVELOPPEMENT DU CONCEPTUS PENDANT LA GESTATION	52
TABLEAU 3 : DIAGNOSTICS DE GESTATION PAR PALPATION TRANS-ABDOMINALE	58
TABLEAU 4 : SYNTHÈSE DES PÉRIODES DE DIAGNOSTICS DE GESTATION PAR RADIOGRAPHIE ...	64
TABLEAU 5 : VALEURS DE LA VITESSE DE PROPAGATION DE L'ONDE SONORE EN FONCTION DES TISSUS TRAVERSÉS	66
TABLEAU 6 : PROFONDEURS DE PÉNÉTRATION DES ONDES	71
TABLEAU 7 : ÉCHOGÉNÉCITÉ DES TISSUS EN FONCTION DE LEUR NATURE	72
TABLEAU 8 : LONGUEURS DES VÉSICULES EMBRYONNAIRES DE CHATTES	77
TABLEAU 9 : DATE D'APPARITION DES DIFFÉRENTS ORGANES À L'ÉCHOGRAPHIE	79
TABLEAU 10 : INTÉRÊTS DES DIFFÉRENTES MÉTHODES DE DIAGNOSTIC.....	82
TABLEAU 11 : DATE DE DIAGNOSTIC PRÉCOCE DE GESTATION CHEZ LA CHATTE.....	89
TABLEAU 12 : ESTIMATION DE LA TAILLE DE LA PORTÉE PAR ÉCHOGRAPHIE AU COURS DE LA GESTATION	91
TABLEAU 13 : DATE D'APPARITION DES ANNEXES EMBRYONNAIRES	95
TABLEAU 14 : DATE DE VISUALISATION DES EMBRYONS	99
TABLEAU 15 : DATE DE VISUALISATION DE « L'EMBRYON EN 8 »	99
TABLEAU 16 : DATE D'APPARITION DU COEUR.....	101
TABLEAU 17 : APPARITION DES MEMBRES THORACIQUES ET PELVIENS	103
TABLEAU 18 : APPARITION DE L'ESTOMAC	104
TABLEAU 19 : DISTINCTION DES POUMONS ET DU FOIE.....	105
TABLEAU 20 : VISUALISATION DE LA VESSIE	106
TABLEAU 21 : VISUALISATION DU SQUELETTE AXIAL.....	115
TABLEAU 22 : LES OS DU MEMBRE THORACIQUE.....	116
TABLEAU 23 : LES OS DU MEMBRE PELVIEN	116
TABLEAU 24 : COMBINAISON DES DROITES DE RÉGRESSION DU BIP ET DU DAT	124

Introduction :

Le diagnostic de gestation chez la chatte occupe une place de plus en plus importante tant chez l'éleveur que chez le particulier avec l'augmentation de la médicalisation de l'animal de compagnie. L'achat d'un chat de race rentrant dans les mœurs, les enjeux financiers croissants ainsi que la santé des chattes conduisent tout naturellement à un suivi du statut sexuel de l'animal et du développement de sa future progéniture. Ces considérations sont tout aussi présentes chez le chat de maison, dans le but de prévoir une date de mise bas ou la nécessité d'un avortement, la saillie étant rarement observée. Nous étudierons ici l'intérêt de la technique échographique dans l'établissement du diagnostic de gestation et la réalisation de suivis des développements embryonnaire et fœtal.

Dans une première partie bibliographique, nous ferons état des connaissances actuelles sur le sujet. Il convient pour cela de rappeler, l'anatomie de l'appareil génital de la chatte et la physiologie sexuelle féline. Puis, nous nous attarderons sur les différentes techniques du diagnostic et du suivi de la gestation dans cette espèce en développant tout particulièrement la méthode échographique. Enfin, nous discuterons de la contribution de cette méthode à la reproduction dans l'espèce féline, à travers une étude expérimentale de suivi de la gestation par échographie chez 5 femelles dont la date de saillie était connue. Nous détaillerons tout d'abord le protocole expérimental puis, nous aborderons les résultats de l'étude et leur interprétation.

PARTIE 1 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Dans cette première partie, nous rappellerons l'anatomie et la physiologie de la chatte après la puberté puis, nous étudierons les différentes méthodes de diagnostic de gestation en mettant en avant, leurs avantages et leurs inconvénients face à la technique échographique.

I Anatomie de l'appareil génital et physiologie sexuelle de la chatte reproductrice

A Anatomie de l'appareil génital femelle

1 Topographie après la puberté

a Les ovaires

Les ovaires sont les glandes génitales femelles qui ont deux fonctions : ils produisent les gamètes femelles et sécrètent sous le contrôle de l'hypophyse, les oestrogènes et la progestérone indispensables à la fonction reproductrice.

Les ovaires sont pairs, situés à proximité du pôle caudal du rein correspondant et plaqués contre le péritoine pariétal, en région lombaire à l'extérieur du grand omentum comme l'illustre la figure 1. L'ovaire gauche est accolé au pôle caudal du rein gauche et le droit situé à un centimètre en arrière du rein droit. Les ovaires de la chatte sont ovoïdes et mesurent en moyenne 8-10 mm de long sur 5-6 mm de haut. Ils sont rosés et réguliers en surface, même en période d'activité sexuelle. Les ovaires sont fixés en région lombaire par le mésovarium (partie la plus crâniale du ligament large) qui est renforcé par du tissu conjonctif et des fibres lisses formant le ligament suspenseur de l'ovaire et le ligament propre de l'ovaire respectivement situés au bord libre crânial de l'ovaire et au bord libre distal. L'ovaire est contenu dans la bourse ovarique, largement ouverte chez la chatte, formée par le mésosalpinx qui est lâche et transparent dans cette espèce [2].

b Les trompes utérines

Les trompes utérines sont peu flexueuses et mesurent entre 4 et 6 cm pour un diamètre de 1,5 mm au niveau de l'ampoule et 1 mm au niveau de l'isthme. L'infundibulum est très large et ventro-médial à l'ovaire (voir figure 1) [2].

c L'utérus

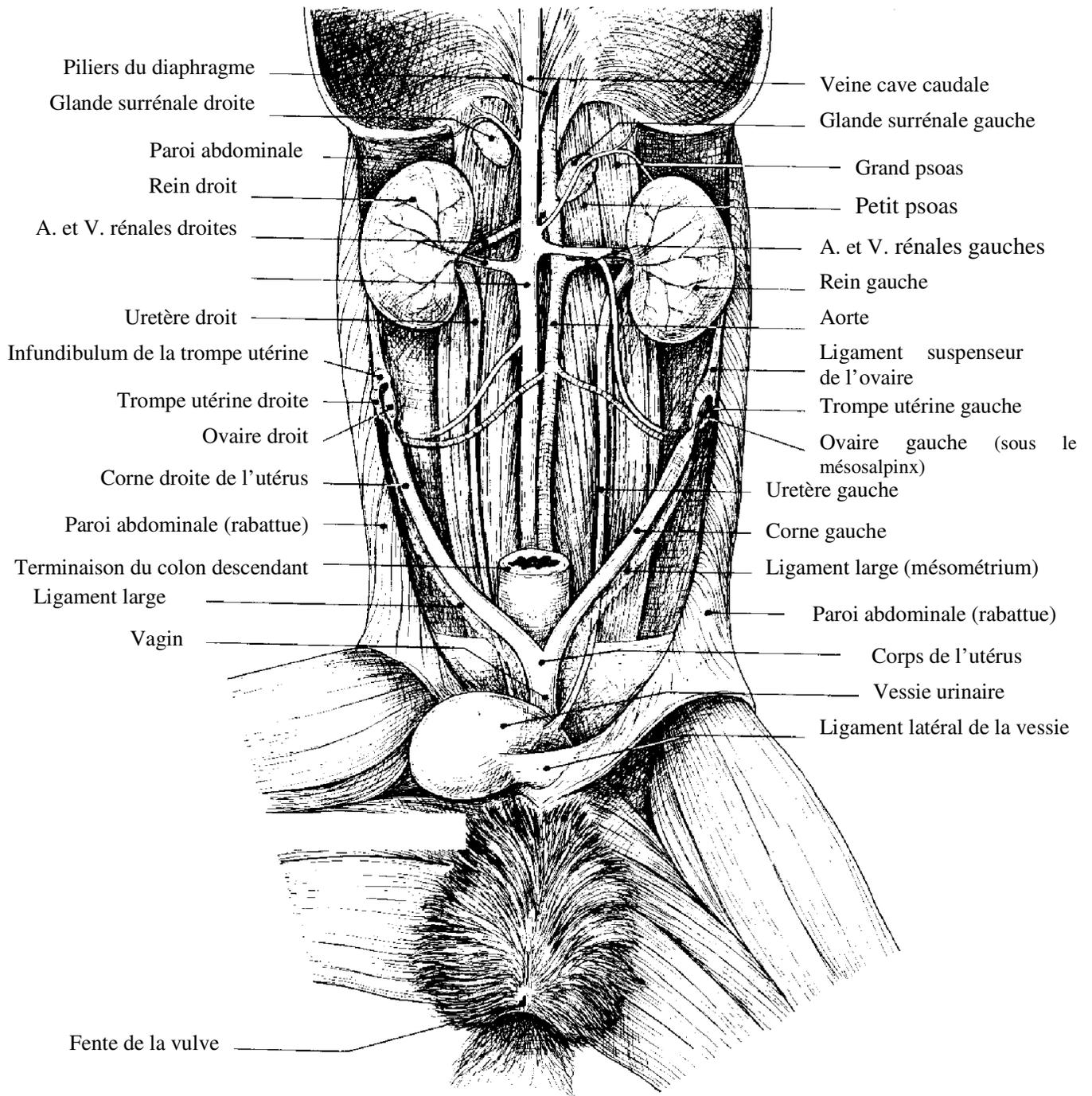
Les carnivores ont un utérus bipartitus avec de longues cornes, comme on peut le voir sur la figure 1, dans lesquelles à lieu la nidation puis la gestation. Chez la chatte, elles mesurent 9 à 11 cm de long sur 3 à 4 cm de diamètre. Les trompes utérines sont implantées à leurs apex arrondis. Maintenues le long de leur bord dorsal par les ligaments larges, elles présentent une concavité dorsale, à proximité des reins, qui s'accroît chez les femelles qui ont eu plusieurs gestations. Enfin, elles se rejoignent dorsalement à la vessie formant le corps de l'utérus qui mesure environ 2 cm de long. L'utérus se termine par un col de 5 à 8 mm de long et son canal cervical. L'utérus est composé d'une muqueuse : l'endomètre et d'une musculature : le myomètre. Chez la chatte, l'endomètre est épais et possède des glandes et des cryptes utérines qui s'allongent, et se ramifient au cours du cycle sexuel, ainsi que des glandes cervicales [2].

d Le vagin

Le vagin est un organe impair, logé dans la cavité pelvienne dans le conjonctif du rétropéritoine. Il est encadré dorsalement par le rectum et ventralement par la vessie. Il reçoit le pénis lors de l'accouplement et permet le passage du fœtus lors de la mise bas. Il est partiellement observable sur la figure 1.

Le vagin mesure 2 à 3 cm de long chez la chatte. Crânialement, il est limité par le fornix du vagin et caudalement par le vestibule du vagin. Sa muqueuse est pâle avec des plis ineffaçables longitudinaux, la structure cellulaire de son épithélium varie au cours du cycle sexuel ce qui permet, à l'aide de frottis, de déterminer la phase du cycle (cette méthode est cependant déconseillée chez la chatte, la stimulation vaginale pouvant conduire à l'ovulation comme nous le détaillons par la suite). L'urètre féminin chemine dans l'épaisseur du plancher du vagin [2].

Figure 1 : Organes lombaires et appareil uro-génital de la chatte [2]



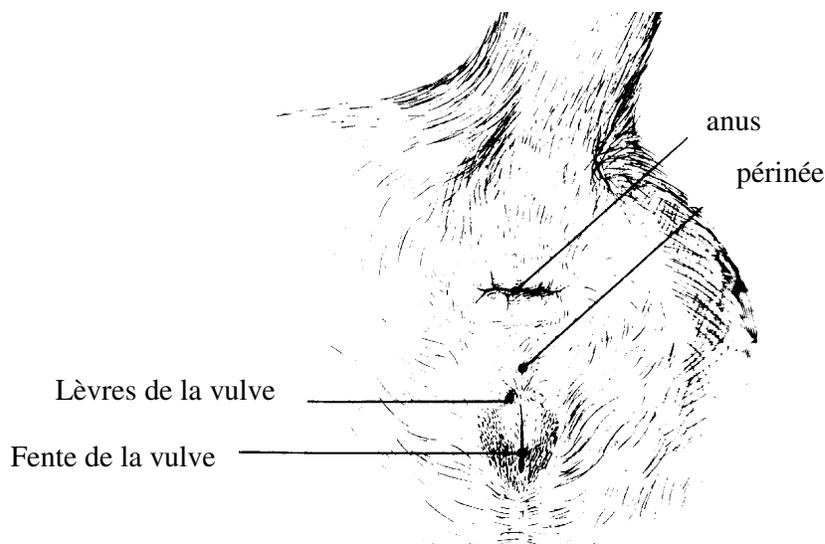
e Le sinus uro-génital

Le sinus uro-génital est composé du vestibule du vagin, de la vulve et du clitoris.

Il mesure 10 à 15 mm chez la chatte, sa muqueuse est lisse et rougeâtre. Il est limité crânialement par l'ostium du vagin est communique avec l'extérieur par la fente vulvaire. L'urètre s'y abouche en un ostium en forme de fente longitudinale. De part et d'autre de celui-ci, on retrouve les glandes vestibulaires majeures et mineures [2].

La vulve représente la partie externe de l'appareil génital féminin (voir figure 2). Les lèvres de la vulve sont épaisses et forment la commissure dorsale et la commissure ventrale qui est bien arrondie chez la chatte. Cette dernière abrite le clitoris qui est très développé dans cette espèce : il mesure 1 cm de long pour un diamètre de 2 mm [2].

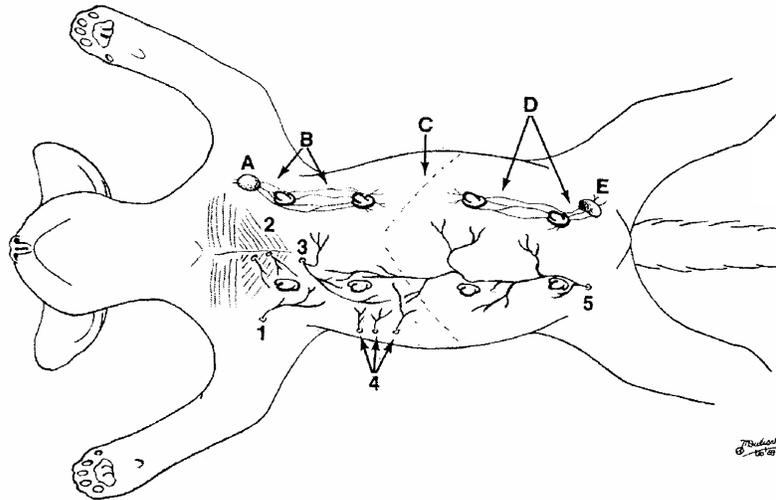
Figure 2 : Partie externe de l'appareil uro-génital femelle [2]



f Les mamelles

La chatte possède quatre paires de glandes mammaires disposées en deux chaînes comme on peut le constater sur la figure 3. Deux paires sont thoraciques, drainées par les ganglions lymphatiques axillaires et les deux autres sont inguinales, drainées par les ganglions inguinaux. Chaque glande est constituée de lobules dans lesquels le lait est produit puis, il est conduit par 4 à 8 canaux recouverts d'un épithélium stratifié jusqu'à l'extrémité d'une tétine. L'ouverture de ces conduits dépend de la contraction des muscles de la tétine [2, 23].

Figure 3 : Les mamelles, leur vascularisation et leur drainage lymphatique [19]



A Nœud lymphatique axillaire – B Canaux lymphatiques drainant les deux mamelles thoraciques et le nœud lymphatique axillaire – C Diaphragme – D Canaux lymphatiques drainant les deux mamelles inguinales et le nœud lymphatique inguinal – E Nœud lymphatique inguinal.

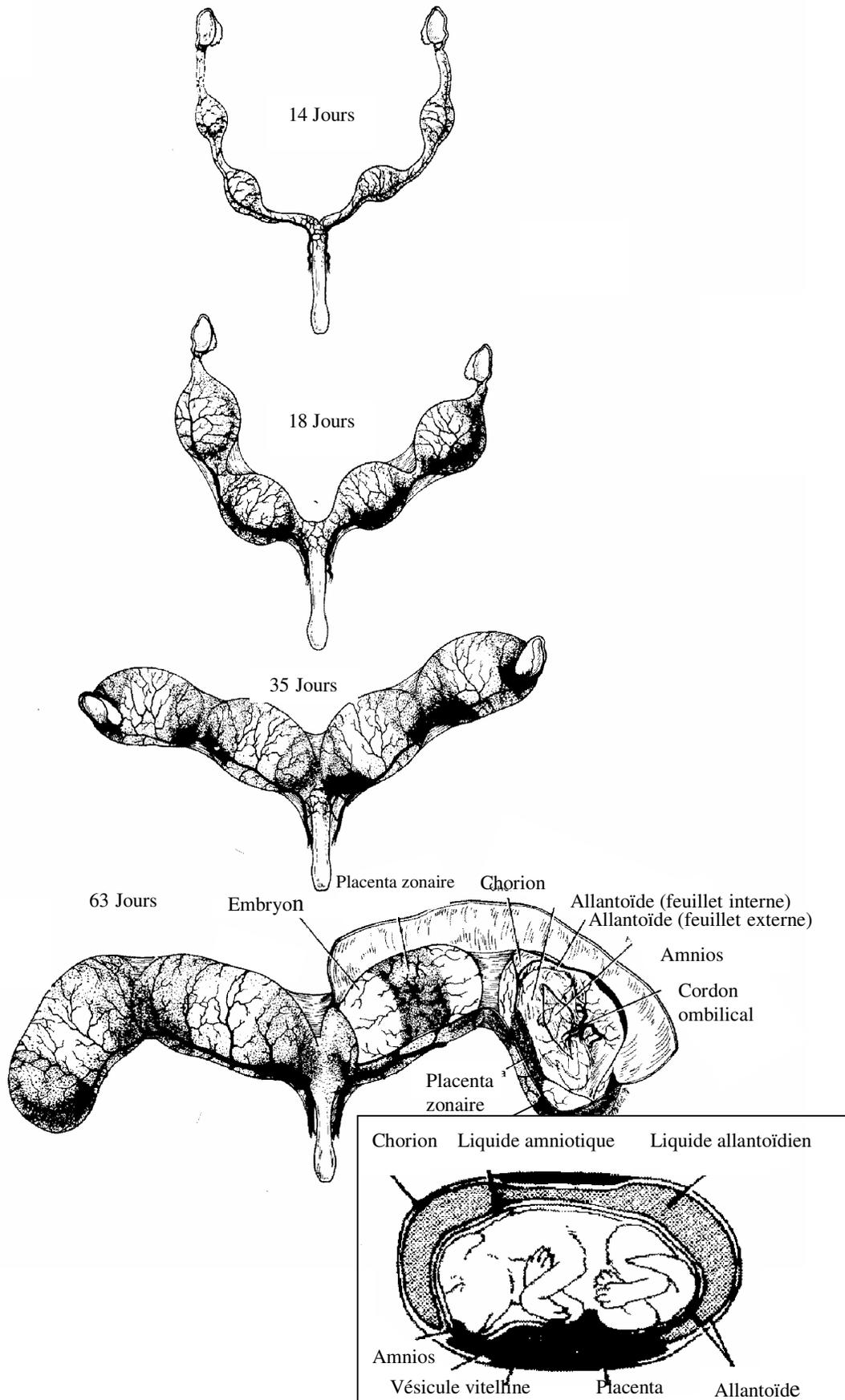
1 drainage veineux axillaire – 2 branches de la veine thoracique interne qui pénètrent les muscles pectoraux – 3 Veine épigastrique superficielle crâniale – 4 Veines intercostales – 5 Veine épigastrique superficielle caudale.

2 Topographie abdominale liée à la gravidité

Pendant la gestation, le diamètre de l'utérus est décuplé et sa longueur est triplée voire quadruplée. Chez la chatte, dont la gestation est multiple, le développement de chaque conceptus est à l'origine d'une dilation, comme le montre la figure 4. Celles-ci confluent en fin de gestation donnant aux cornes un aspect monoliforme. L'utérus devient ventral et peut même s'engager sous les arcs costaux en fin de gestation, du fait de l'augmentation de son volume et de son poids. Les viscères abdominaux sont repoussés en direction crâniale et dorsale. L'utérus entraîne avec lui les ovaires et son col en position crânio-ventrale. Cette position de l'utérus explique donc que sa concavité dorsale est plus importante chez les femelles ayant déjà mis bas et que leurs attaches ovariennes soient plus lâches [19].

Les mamelles évoluent au cours de la gestation : vers le 16^{ième} jour, les tétines deviennent roses et plus proéminentes, surtout chez les primipares [17, 23]. Elles ne contiendront du lait que quelques jours avant la mise bas.

Figure 4 : Appareil génital d'une chatte gravide [19]



B Le cycle sexuel chez la chatte

La chatte est une femelle polyoestrienne saisonnière. Sous nos latitudes, sa saison sexuelle commence en Janvier ou Février (1 à 2 mois après le solstice d'hiver) et s'achève vers Octobre ou Novembre, pendant la fin des jours courts [11, 16, 19]. On note notamment un pic de l'activité sexuelle vers les mois de Février et Mars [16, 17]. Vers l'équateur, la saison sexuelle dure toute l'année, alors qu'elle est plus courte pour des latitudes nordiques. L'activité sexuelle des chattes est donc en étroite relation avec la photopériode mais certains auteurs citent aussi l'humidité et la chaleur comme facteurs influençant la durée de cette saison sexuelle [16, 26].

Enfin, la saison sexuelle de la chatte dépend aussi de la race : certains auteurs ont noté que les races à poils longs (Persans) connaissent des périodes d'activité sexuelle, comprenant plusieurs cycles, interrompues par deux ou trois périodes d'anoestrus au cours de la saison sexuelle alors que les races à poil court (Siamois) n'ont pas d'interruption [11, 17].

1 La puberté

La puberté peut s'acquérir entre le 4^{ème} et le 12^{ème} mois et uniquement chez des individus pesant au minimum 2,3 à 2,5 kilogrammes [11, 26] mais cet âge varie aussi en fonction de la saison de naissance de l'animal. Ainsi, une femelle qui atteint son âge de maturité sexuelle au début de la période d'anoestrus saisonnier n'aura pas d'oestrus avant Janvier. En règle générale, on retiendra que la maturité sexuelle est atteinte entre 6 et 9 mois [16]. La race joue aussi dans l'âge d'acquisition de la puberté : les races à poils longs peuvent avoir leur premier oestrus au-delà d'un an et demi alors que les races à poils courts sont plus précoces [26].

2 Les phases du cycle sexuel

Dans l'espèce féline, l'ovulation est provoquée par le coït. Si l'accouplement n'a pas lieu, cela aboutira à un cycle anovulatoire ; sinon, il y a ovulation avec ou sans fécondation. Dans le cas où celle-ci se produit, la chatte sera gestante mais s'il n'y a pas de fécondation on parle de pseudogestation [26].

Le cycle sexuel se compose du proestrus, de l'oestrus, du postoeustrus, du dioestrus s'il est ovulatoire et de l'anoestrus. On parle de postoeustrus et non de métoestrus car dans le cas

d'un cycle anovulatoire, il n'y aura pas de formation de corps jaune caractéristique du métoestrus [26].

a Le cycle anovulatoire

α Le proestrus

Cette première phase du cycle dure 1 à 2 jours en moyenne avec un minimum de 12 heures et un maximum de 3 jours [11, 26]. Le comportement de la chatte est alors modifié : celle-ci est très affectueuse, se frotte contre les objets, d'autres animaux, émet des vocalises, se cambre et relève la queue en position de lordose quand on lui gratte la base de la queue. La chatte attire le mâle par l'intermédiaire de ses phéromones vaginales [11]. Elle cherche à sortir et peut accepter le chevauchement du mâle mais refuse l'intromission. Cependant, cette phase du cycle ne semble pas exister chez toutes les chattes [11, 26].

D'un point de vue anatomique, les follicules mesurent 0,5 mm en début de proestrus et atteignent environ 1,5 mm à la fin.

β L'oestrus

Sa durée est très variable selon les espèces. En moyenne, l'oestrus dure une semaine, mais il peut durer de 3 à 16 jours [16]. Au-delà, la persistance de l'oestrus serait due au chevauchement de deux phases folliculaires [16, 17]. D'un point de vue comportemental, Tous les éléments visibles en proestrus sont présents, à cette différence près que la chatte accepte l'intromission. Le coït pourrait influencer la durée de l'oestrus mais, ce point est toujours très controversé [26].

En fin d'oestrus, les follicules mesurent entre 2,5 et 4 mm [26].

γ Le postoeustrus

Il dure, tout comme le proestrus, 1 à 3 jours [17, 26] et on retrouve le même comportement : la chatte accepte le chevauchement mais pas l'intromission.

δ L'interoeustrus

C'est la phase de repos sexuel qui sépare deux cycles anovulatoires. Elle varie beaucoup : 2 à 3 semaines en moyenne selon FONTBONNE et GARNIER [17], 8 à 24 jours (avec 50% des sujets entre 2 et 3 semaines) et même jusqu'à 40 jours selon CUPPS [11]. La chatte retrouve un comportement normal : les vocalises disparaissent et elle n'attire plus les

mâles. Il arrive aussi que certains sujets manquent la phase d'interoestrus entre deux périodes d'oestrus : la chatte conserve un comportement de chaleurs [16]. Ainsi, l'interoestrus dure de 8 à 30 jours en moyenne, en fonction des races et du climat.

ε Le dioestrus

Cette phase est caractérisée par une augmentation du taux de progestérone [16]. Chez la chatte, cette augmentation n'existe donc qu'après un accouplement avec ovulation.

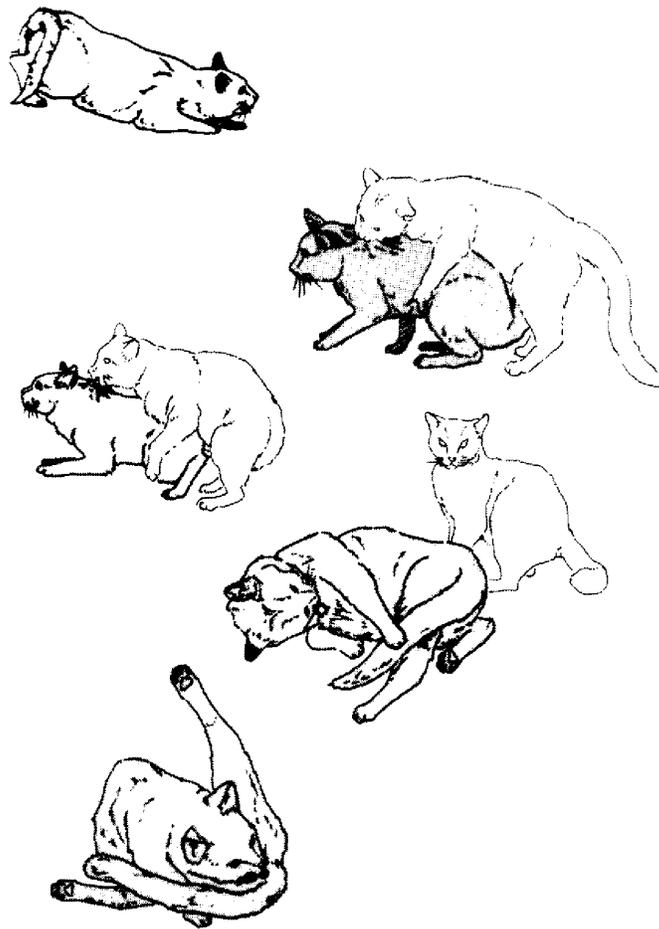
b Les modifications liées à l'accouplement et la gestation

Si la chatte est en oestrus, l'accouplement permet l'ovulation. L'aptitude à ovuler est encore faible au début de l'oestrus. Elle dépend aussi de l'intensité du stimulus vaginal et de la fréquence des accouplements. L'ovulation qui a lieu après le coït est totale et on compte en moyenne 5 ovules par femelle [26, 38]. Les oocytes ne sont viables que 25 heures [11] après l'ovulation.

α Le déroulement de l'accouplement

Un mâle a une activité sexuelle continue : il peut s'accoupler toute l'année mais il ne le fera que dans un milieu familier, portant son odeur (urine, phéromones). La chatte accepte l'accouplement pendant sa phase d'activité sexuelle et, lors d'un changement de milieu, ses chaleurs peuvent être interrompues mais seulement quelques heures à quelques jours. Ainsi, quand les reproducteurs ne vivent pas au même endroit, c'est la femelle qui est emmenée chez le mâle [22]. Les étapes de l'accouplement sont illustrées par la figure ci-dessous.

Figure 5 : Déroulement de l'accouplement dans l'espèce féline [19]



Comme nous l'avons vu précédemment, la chatte en oestrus se frotte contre les objets et se tient cambrée, la queue relevée sur le côté en position de lordose. Elle accepte d'être chevauchée par le mâle qui lui mord la base du cou afin de s'assurer un maintien ferme de la femelle. Le mâle a besoin de 30 sec à 8 min pour se positionner correctement [19]. En effet, l'accouplement dans cette espèce est assez rude : il peut se dérouler en quelques secondes sans ennuis ou, durer plus longtemps, avec une femelle qui se débat et se roule sur le côté rendant la tâche difficile au mâle. Le mâle introduit ensuite son pénis dans le vagin de la femelle se qui se traduit par un grondement de celle-ci. Il faut 1 à 30 sec au mâle pour s'introduire et éjaculer et 1 sec pour la libérer [19]. Cette étape est caractérisée par un voussement des lombes. Ensuite, la femelle va se rouler frénétiquement contre le sol et se lécher la vulve pendant 1 à 7 min [19] avant de retrouver un comportement normal. La femelle peut ensuite accepter un nouvel accouplement environ 20 min après, bien que certaines soient réceptives juste après leur phase d'excitation [22].

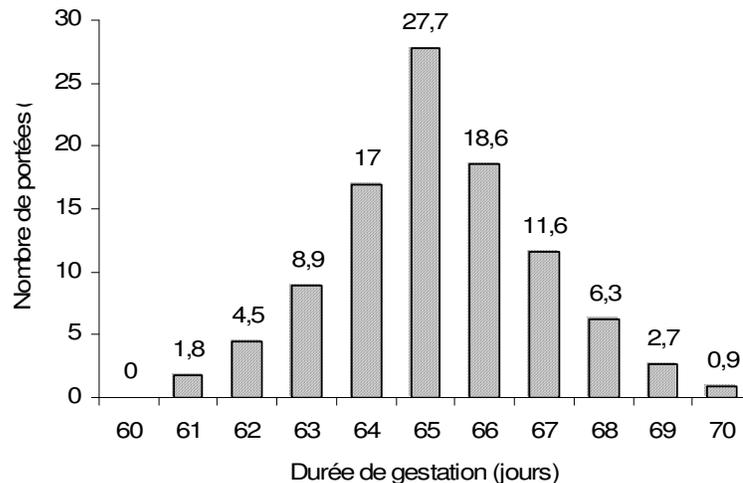
β La pseudogestation

Elle a lieu lors d'ovulation sans fécondation comme lors d'un accouplement avec un mâle vasectomisé. Il est possible de provoquer une ovulation par stimulation mécanique du vagin à l'aide d'un écouvillon ou d'une baguette en verre [11, 16, 17, 36]. Il y a alors mise en place d'un corps jaune sécrétant de la progestérone et on observe un dioestrus de 30 à 50 jours [16, 36]. En fin de pseudogestation, il y a un interoestrus de 7 à 10 jours puis, une reprise normale des cycles. Si la pseudogestation se produit en fin de saison sexuelle, elle peut être suivie de l'anoestrus saisonnier et paraître plus longue. Lors de pseudogestation, le taux de progestérone augmente rapidement jusqu'au 21^{ème} jour puis décroît plus rapidement que lors de la gestation jusqu'à atteindre une valeur seuil de 0,3 nmol/mL au-dessous de laquelle les cycles peuvent reprendre. La pseudogestation chez la chatte dure donc moins longtemps que celle de la chienne ce qui pourrait expliquer que dans cette espèce il n'y ait pas de pathologies secondaires à cet état et que la stimulation mécanique du vagin par un mâle vasectomisé ou un écouvillon soit un bon moyen de contraception.

γ La gestation

Il s'agit d'une ovulation suivie de la fécondation des oocytes. Elle a donc lieu lors d'un ou plusieurs accouplements avec un mâle entier. Elle dure en moyenne 64 à 68 jours, comme le montre la figure 6, avec des valeurs extrêmes de 52 à 71 jours [11]. Ces valeurs pourraient s'expliquer par le décalage entre le premier coït observé et celui qui déclenche l'ovulation.

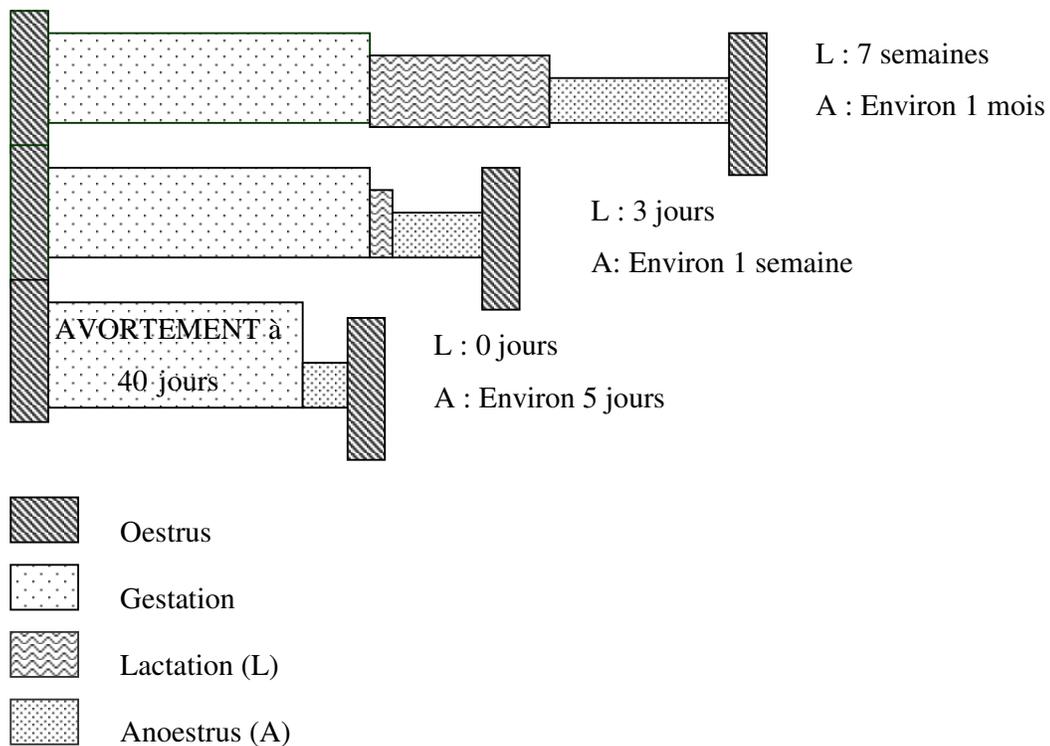
Figure 6 : Durée de la gestation dans un élevage félin (sans Orientaux) [23]



Durant la gestation, on observe un pic de progestérone au 21^{ème} jour comme pour la pseudogestation mais la décroissance du taux de progestérone est plus lente. Cette décroissance plus lente pourrait s'expliquer par la production complémentaire de progestérone par les placentas. Enfin, on remarque une chute brutale de la progestérone en dessous de 0,3 nmol/mL immédiatement après le part.

Après une gestation, le retour en chaleur dépend de la durée de lactation (voir figure 7). D'après des études sur la durée d'anoestrus en fonction de la lactation [11, 16], on remarque un retour en chaleur 2 à 8 semaines après le sevrage des chatons. S'ils sont sevrés plus tard ou plus tôt, la période sera respectivement rallongée ou raccourcie. De même, après un avortement, l'oestrus se manifeste après 4 ou 5 jours. Chez la chatte, la taille de la portée tout comme le degré de stimulation des mamelles lors de l'allaitement ont des effets majeurs sur le retour des chaleurs [38].

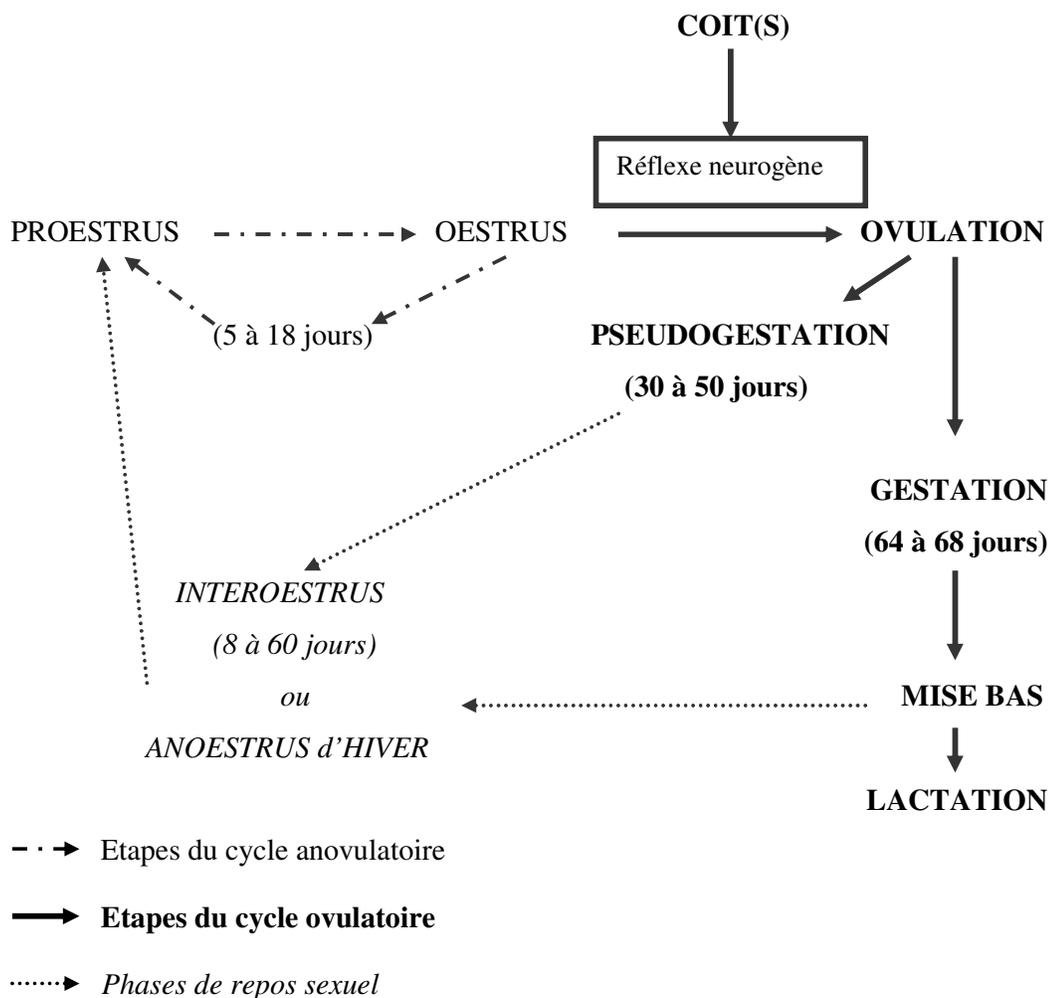
Figure 7 : Retour en oestrus après la gestation chez la chatte [11]



c Résumé

Nous avons vu que le cycle sexuel de la chatte est relativement complexe d'une part car c'est une espèce polyoestrienne saisonnière et d'autre part car l'ovulation est provoquée. De plus, il existe de nombreuses variations entre les races. Ainsi, chaque phase du cycle a une durée variable présentée sous forme de moyenne dans la figure 8. On remarquera la grande variabilité de l'interoestrus qui varie de 1 à 3 semaines sans gestation mais peut durer jusqu'à 60 jours dans le cas d'une gestation avec lactation puisqu'il est ici mesuré à partir de la date de la mise bas.

Figure 8 : Les étapes des cycles sexuels chez la chatte d'après LIEGE [26]



3 Endocrinologie du cycle sexuel dans l'espèce féline

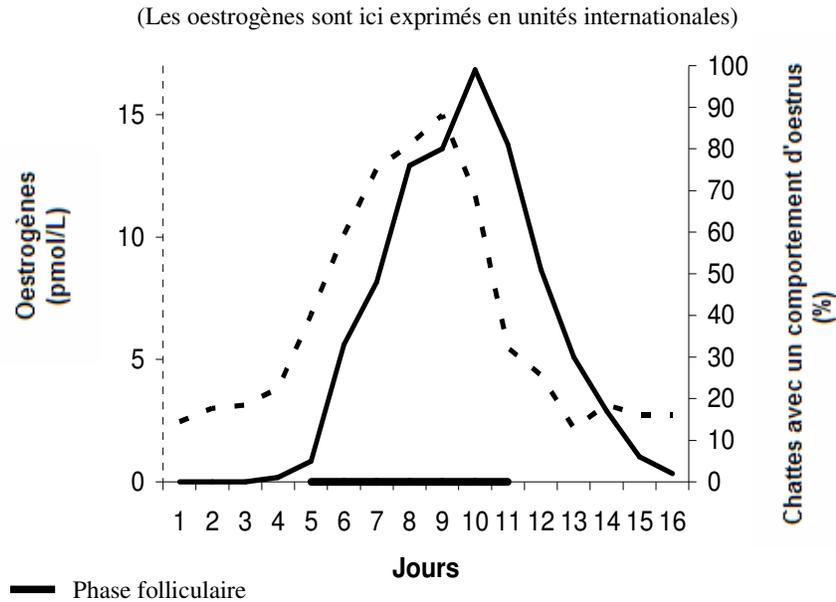
a Le cycle anovulatoire

α Sécrétions hormonales gonadiques

Les hormones ovariennes sont les oestrogènes, sécrétées par la thèque interne des follicules et des corps jaunes, et la progestérone, sécrétée principalement par les corps jaunes.

Le cycle anovulatoire est caractérisé par une sécrétion irrégulière de **17-β-oestradiol** par les gonades : l'oestradiol sanguin passe d'une **valeur basale de 1,4 à 5,5 pmol/mL** à des pics de **11 à 27 pmol/mL entre le proestrus et l'oestrus** [11] et enfin, il diminue en quelques jours. Ces oestrogènes permettent la maturation folliculaire lors d'une phase qui dure en moyenne 7,5 jours [16, 17]. Dans certains cas, on peut même observer une superposition des vagues de croissance folliculaires [16] ce qui explique le rallongement de cette période. Les oestrogènes sont aussi responsables de la croissance de l'épithélium vaginal ainsi que de la kératinisation et de la desquamation de sa couche superficielle. Enfin, les oestrogènes sont à l'origine des manifestations comportementales des chaleurs comme on peut le constater d'après la figure 9.

Figure 9 : Relations entre la sécrétion d'œstrogènes, la phase folliculaire et le comportement de chaleurs au cours d'un cycle anovulatoire [36]



Nous remarquons que le comportement des chattes pendant l'oestrus est corrélé avec la concentration sanguine en oestradiol. La phase folliculaire se produit pour des concentrations en oestrogènes supérieures à 5,5 pmol/mL.

La **sécrétion de progestérone** chez la chatte ne se produit que s'il y a eu **ovulation**, et donc saillie, **24 à 72 heures après** [17]. Ainsi, les dosages de progestérone sont inutiles pour déterminer la période propice à l'accouplement dans cette espèce.

Dans l'espèce féline, on note **une testostéronémie** élevée avec une **valeur basale de 15 à 30 nmol/L**. La production de testostérone serait d'origine corticosurrénalienne et n'est en aucun cas à considérer comme une sécrétion pathologique [17, 36].

β Contrôle des sécrétions gonadiques par l'axe hypothalamo-hypophysaire :

Ce contrôle fait intervenir des hormones hypothalamiques, hypophysaires et gonadiques.

La GnRH (*Gonadotropin Releasing Hormone*) est sécrétée par l'hypothalamus et agit sur l'hypophyse en activant la sécrétion de LH et FSH. Cette sécrétion de GnRH est sous l'influence de stimulations nerveuses (stimuli sensitifs : vue, odorat, ouïe) et hormonales (feed-back) [36]. Ainsi, lors de la vie en collectivité, il n'est pas rare que la présence d'un mâle influence le cycle sexuel des femelles ou que des ovulations spontanées se produisent chez des chattes en chaleur [24]. De même, il est possible de jouer sur l'éclairage pour modifier la cyclicité. En effet, la photopériode affecte la sécrétion pinéale de mélatonine. Or, le taux plasmatique de mélatonine est inversement proportionnel à la longueur des jours et la mélatonine bloque le développement folliculaire. Ainsi, avec le raccourcissement des jours, il y a plus de mélatonine dans le sang et donc un blocage des cycles : c'est ce phénomène qui se produit lors de l'anoestrus saisonnier.

La FSH (*Folliculo Stimulating Hormone*) est sécrétée par l'antéhypophyse et permet la croissance et la maturation des follicules. De plus, elle conditionne la sécrétion des oestrogènes par la thèque interne de ces mêmes follicules [36].

La LH (*Luteinizing Hormone*), elle aussi sécrétée par l'hypophyse, active la maturation des follicules et provoque l'ovulation et la formation du corps jaune après le coït.

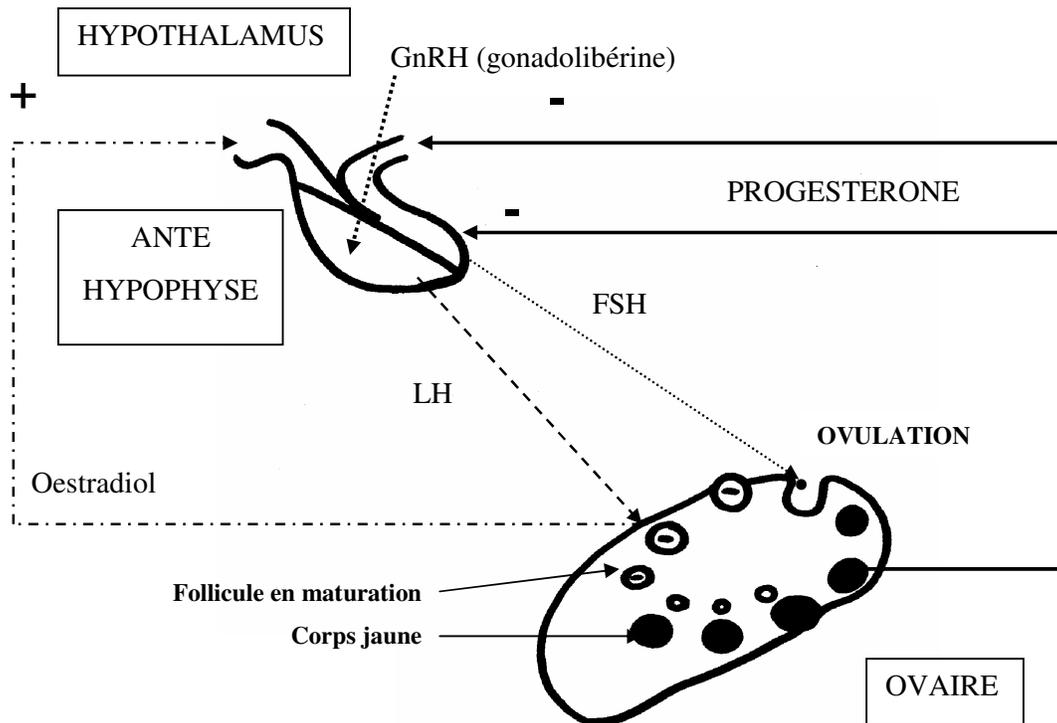
Ces deux hormones ont une sécrétion tonique à un niveau basal faible sauf au moment de l'ovulation où on observe un pic de FSH et LH après l'accouplement [15].

La régulation du cycle dépend donc du rôle direct de ces hormones mais aussi de rétrocontrôles négatifs qu'elles exercent (voir figure 10). On en distingue deux :

- **un rétrocontrôle court** qui est négatif, réalisé par FSH et LH sur la production de GnRH,
- **un rétrocontrôle long** par les hormones stéroïdiennes sur les neuro-hormones : les oestrogènes font un rétrocontrôle positif sur la GnRH et donc FSH et LH à l'origine d'un pic et la progestérone inhibe la sécrétion de GnRH, et donc de LH et FSH [15].

Figure 10 : Régulation des hormones sexuelles au cours du cycle d'après

DUMONT [15]



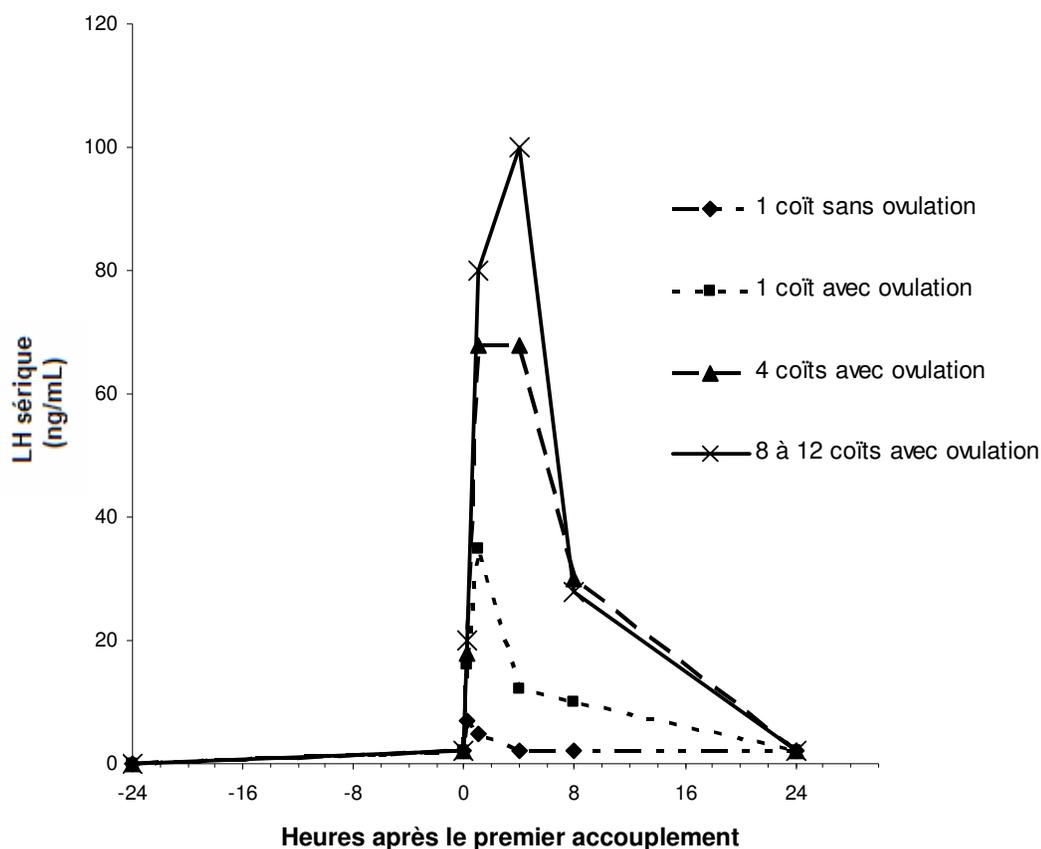
b Le cycle ovulatoire

L'ovulation n'est possible que chez une chatte en oestrus et si la stimulation vaginale est adaptée : dans la majorité des cas, un seul coït ne suffit pas.

En début d'oestrus, les follicules ne sont pas toujours assez matures pour permettre une bonne ovulation, ce phénomène est très variable selon les individus et les cycles. En effet, l'aptitude à réaliser un pic de LH dépend du taux d'oestradiol sanguin [36, 38].

Physiologiquement, la stimulation vaginale engendre une libération de GnRH de l'hypothalamus par l'intermédiaire de la stimulation des récepteurs sensitifs du vagin et du col de l'utérus. Au niveau de l'hypophyse, celle-ci déclenche une libération massive de LH et donc la rupture des follicules préovulatoires. **L'ovulation aurait lieu 24 à 36 heures [11] après l'accouplement** qui permet une décharge suffisante de LH ce qui coïncide avec le temps nécessaire à la maturation des follicules [38]. Ce phénomène est illustré par la figure suivante.

Figure 11 : Concentrations sériques moyennes de LH chez des chattes en fonction du nombre de copulations [11]



Sur ce graphique, les 4 copulations sont réparties sur 26 à 81 min, et les 8 à 12 copulations sur 4 heures.

D'après CUPPS [11, 16, 36], le taux de LH augmente 10 minutes après le coït. Après une seule copulation, il est maximal à 10 ng/mL, 1 heure après et chute 4 heures après le coït : dans ce cas, l'ovulation n'aura pas lieu. Seules 50% des femelles ovulent après un seul coït [16]. Après plusieurs accouplements proches (4 à 12 en 26 min à 4 heures), il y a une potentialisation des effets avec une décharge de LH 3 à 6 fois plus importante. Elle est maximale 4 heures après le coït puis chute et redevient basale 24 heures après. Dans ce cas, il y aura une ovulation. Cependant, il est impossible de déterminer une concentration seuil en LH qui soit suffisante pour ovuler. Nous remarquons aussi que cette potentialisation n'est possible que lors de la phase ascendante du pic de LH et que celle-ci est limitée dans le temps à 1 à 2 heures. Dans la nature, la fréquence des accouplements pendant la période de réceptivité de la femelle permet une ovulation quasi-systématique mais en chatterie, les

accouplements sont, parfois, programmés à des intervalles trop longs pour permettre un pic de LH suffisant. Il est donc recommandé d'augmenter la fréquence des accouplements.

α Etat de pseudogestation

Le taux d'oestradiol chute rapidement pendant la première semaine, reste faible aux alentours de **2,5 pmol/mL** pendant 40 jours puis, il réaugmente [16].

Le corps jaune se met en place 1 à 2 jours après l'ovulation (soit 4 jours après la première copulation). On observe alors une **sécrétion de progestérone qui augmente** rapidement jusqu'au 21^{ème} jour post-coïtal avec **des valeurs supérieures à 6,5 nmol/mL** ensuite, elle décline pour atteindre un niveau assez bas vers le 35^{ème} jour d'activité lutéale (voir figure 12).

β Etat de gestation

Le taux d'oestradiol est identique au taux mesuré lors de la pseudogestation sauf la dernière semaine de gestation où il **augmente rapidement jusqu'à 11-22 pmol/mL** [11]. Cette augmentation s'explique par le rôle des oestrogènes dans le déclenchement du travail, la sensibilisation du myomètre à l'ocytocine et la libération de prostaglandines qui engendrent les contractions [36]. Ensuite, la concentration en oestradiol diminue lors de la parturition puis réaugmente après le sevrage [11]. Certaines chattes peuvent présenter un comportement d'oestrus pendant la gestation mais les mesures hormonales d'oestrogène et de LH suggèrent que les oestrus se produisant au cours de la gestation ne s'accompagnent pas de croissance folliculaire [38].

La progestéronémie de gestation évolue tout comme celle de la pseudogestation pendant les 20 premiers jours après l'ovulation mais, par la suite le taux de progestérone sanguin **est plus élevé que lors de pseudogestation** [11, 16] (voir figure 12). On a d'abord pensé que cela était dû à la sécrétion de progestérone par les placentas des conceptus. Les corps jaunes seraient sécrétants jusqu'à 40-50 jours de gestation puis, seule la sécrétion placentaire permettrait de maintenir la gestation : une ovariectomie réalisée à ce stade ne causerait pas d'avortement. Mais, d'après VERSTEGEN et al. [39], aucune sécrétion de progestérone produite par les placentas n'a été mise en évidence et s'il en existe une, elle n'aurait qu'un rôle de glande paracrine. Après une ovariectomie, l'avortement prendrait plusieurs jours et c'est pourquoi il passe pour une mise bas normale ou une naissance

prématurée en fin de gestation. La différence de sécrétion de progestérone entre une femelle en gestation et une femelle en pseudogestation s'expliquerait par l'intervention de facteurs spécifiques de la gestation sous forme d'hormones lutéotrophiques d'origine placentaire ou pituitaire comme la prolactine.

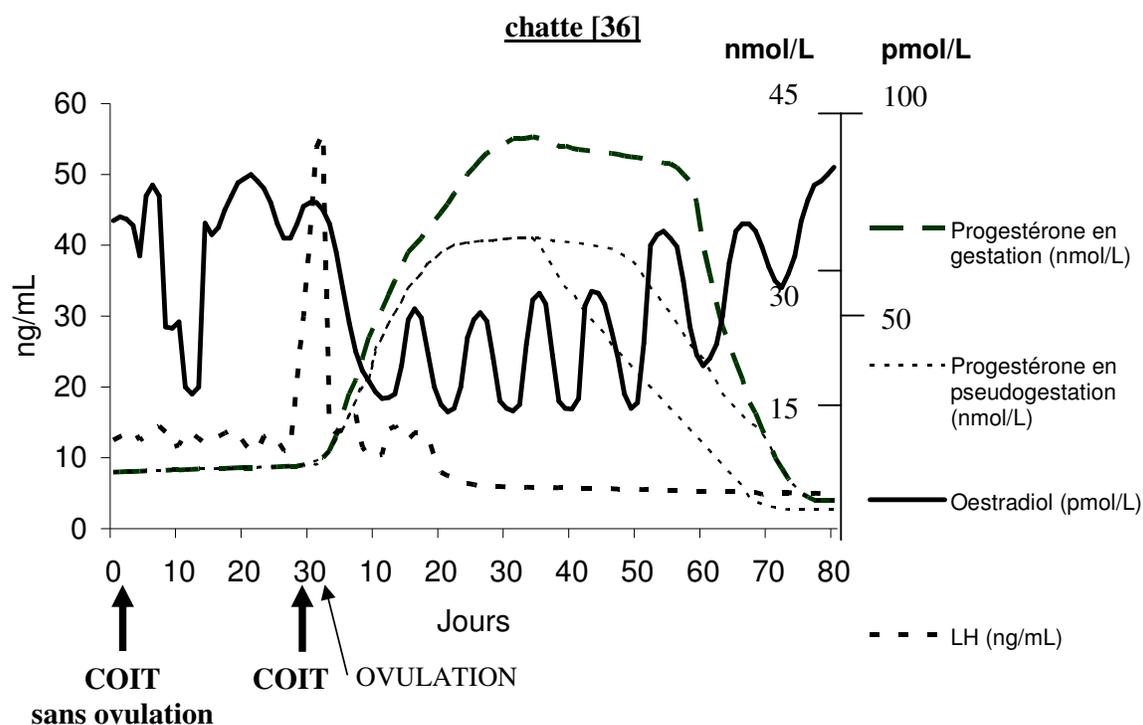
La prolactine est produite dès le 35^{ième} jour de gestation. Dans le dernier tiers de la gestation, la concentration en prolactine augmente de manière significative puis elle se maintient jusqu'au 50^{ième} jour. Deux à trois jours avant le part, elle augmente brusquement puis, diminue. Elle reste élevée pendant les 4 premières semaines de lactation et elle décroît plus rapidement 2 semaines après le sevrage [11]. La prolactine est une hormone lutéotrope majeure dans cette espèce : une substance anti-prolactine (cabergoline) provoquerait un avortement après le 30^{ième} jour de gestation [17]. De plus, elle permet le développement des glandes mammaires pendant la gestation, ainsi que l'initiation et le maintien de la lactation [38]. Les œstrogènes et la relaxine influencent la sécrétion de prolactine par un effet sur les lactotrophes de l'antéhypophyse [38].

La relaxine est produite par le conceptus dès le 20^{ième} jour de gestation puis, sa sécrétion s'arrête brutalement 24 heures avant le part [17]. Cette hormone agirait avec la progestérone pour maintenir l'utérus dans un état de quiescence jusqu'à la mise bas et permettrait un relâchement des muscles de la filière pelvienne facilitant le passage des conceptus [38].

Les prostaglandines F2 α sont sécrétées par le conceptus et l'endomètre dès le 30^{ième} jour pour atteindre un plateau vers le 45^{ième} jour de gestation. Elles augmentent fortement avant le part pour diminuer quelques jours après [17].

L'ocytocine permet les contractions utérines lors du part. Associée aux mouvements des pattes des chatons contre la mamelle, elle permet la contraction des cellules myoépithéliales des glandes mammaires et donc la sortie du lait [36].

Figure 12 : Variations des principales hormones au cours du cycle sexuel de la



Le second coït se déroule à 29 jours environ et provoque une ovulation à 30 jours (24 à 36 heures après) qui est compté comme le premier jour de gestation (J0).

La concentration en progestérone lors d'une pseudogestation peut varier, c'est pourquoi il y a deux tracés (un avec les concentrations maximales, l'autre avec les concentration minimales) pour cette hormone.

C La gestation

La vésicule germinale se rompt 12 heures environ après le coït qui permet l'ovulation et après 22 heures, le premier globule polaire est formé [11]. 24 à 36 heures après l'accouplement, l'ovulation a lieu et dès lors, les oocytes ne sont viables que 24 heures [11]. C'est pendant ce laps de temps que doit avoir lieu la fécondation.

1 De la fécondation à la nidation

La fécondation se déroule dans le tiers proximal de l'utérus. L'œuf des Mammifères Euthériens est oligolécithe et holoblastique : il possède peu de vitellus et sa segmentation est complète bien que légèrement inégale. En fin de période tubaire, il a atteint le stade de

morula. La zone pellucide qui l'entourait s'amincit et disparaît au fur et à mesure que sa croissance se poursuit pour disparaître alors que le trophoblaste se développe, en fin du stade de morula [2]. Les œufs fécondés atteignent l'utérus 5 à 6 jours après l'ovulation [19, 23] et l'embryon, libre, commence alors son développement dans l'utérus. Il est alors souvent au stade de blastocyste unilaminaire mesurant 500-600 µm de diamètre [19, 38] puis, à 9 jours, il devient trilaminaire avec un sac vitellin complet et un disque embryonnaire bien délimité [2].

Chez la chatte, l'implantation débute 5 à 7 jours après l'arrivée du blastocyste dans l'utérus [2] : on remarque une érosion de l'endomètre par le syncytiotrophoblaste, son épithélium est détruit et il y aura la formation d'une ébauche de caduque autour de l'embryon. La nidation se produit vers J13, elle est achevée à J14 [2, 23], en même temps qu'apparaissent les premiers somites. En comparant le nombre d'ovules émis et le nombre de fœtus présents, TSUTSUI et STABENFELDT [38] ont démontré que le pourcentage d'implantation est de $83.9 \pm 19.5\%$. Les conceptus sont disposés en chapelet le long des deux cornes utérines. Le nombre de conceptus par corne semble corrélé au nombre d'ovules émis par chaque ovaire [19] et quand il existe une grande différence entre le nombre d'ovulation de chaque ovaire, les conceptus migrent de la corne en contenant le plus grand nombre à celle où il y en a le moins [38]. En fin de gestation, ils sont en contact, bout à bout et finissent même par s'accoler. Dès la nidation, la croissance du conceptus n'est pas égale : les régions polaires s'allongent et lui donnent une forme en citron. On y distingue trois régions : une bande intermédiaire villositaire formant un placenta zonaire encadrée par deux régions lisses qui vont croître au cours de la gestation (voir figures 4 & 13, pages 25 & 43).

2 Le développement embryonnaire et fœtal

a Formation et évolution des annexes embryonnaires

Au début de la 3^{ème} semaine, le sac vitellin et le mésoblaste extra-embryonnaire sont déjà entièrement formés. Le sac vitellin persiste jusqu'à la fin de la gestation mais régresse beaucoup au cours du second mois. Aux alentours du part, il n'en reste qu'un cylindre, presque aussi long que le conceptus, en partie situé dans le cordon ombilical.

L'amnios se forme par plication autour de l'embryon nu situé à la surface du blastocyste au début de la 3^{ième} semaine, plus précisément vers le 17^{ième} jour de gestation [10]. La quantité de liquide s'accroît pendant les deux premiers tiers de la gestation puis, cela varie individuellement. Il est plutôt vaste avec un volume correspondant à un tiers du fœtus (15 à 20mL dont les trois quart sont retenus dans le pelage [2]).

L'allantoïde se forme à partir d'un bourgeon allantoïdien ventral peu après le début de la formation de l'amnios. Elle prend position en ceinture, comme les ébauches placentaires, mais ne se développe pas dans les extrémités du sac chorial avant la seconde moitié de la gestation qui, pour le moment, restent occupées uniquement par le sac vitellin [2]. L'allantoïde entoure entièrement l'amnios et tapisse la face interne du chorion. Le liquide allantoïdien jaunâtre varie beaucoup en quantité au cours de la gestation : il atteint son maximum au milieu de celle-ci jusqu'à 24 mL [19] puis, décroît fortement chez la chatte. Il n'en reste que 3 à 8 mL avant la mise bas [2].

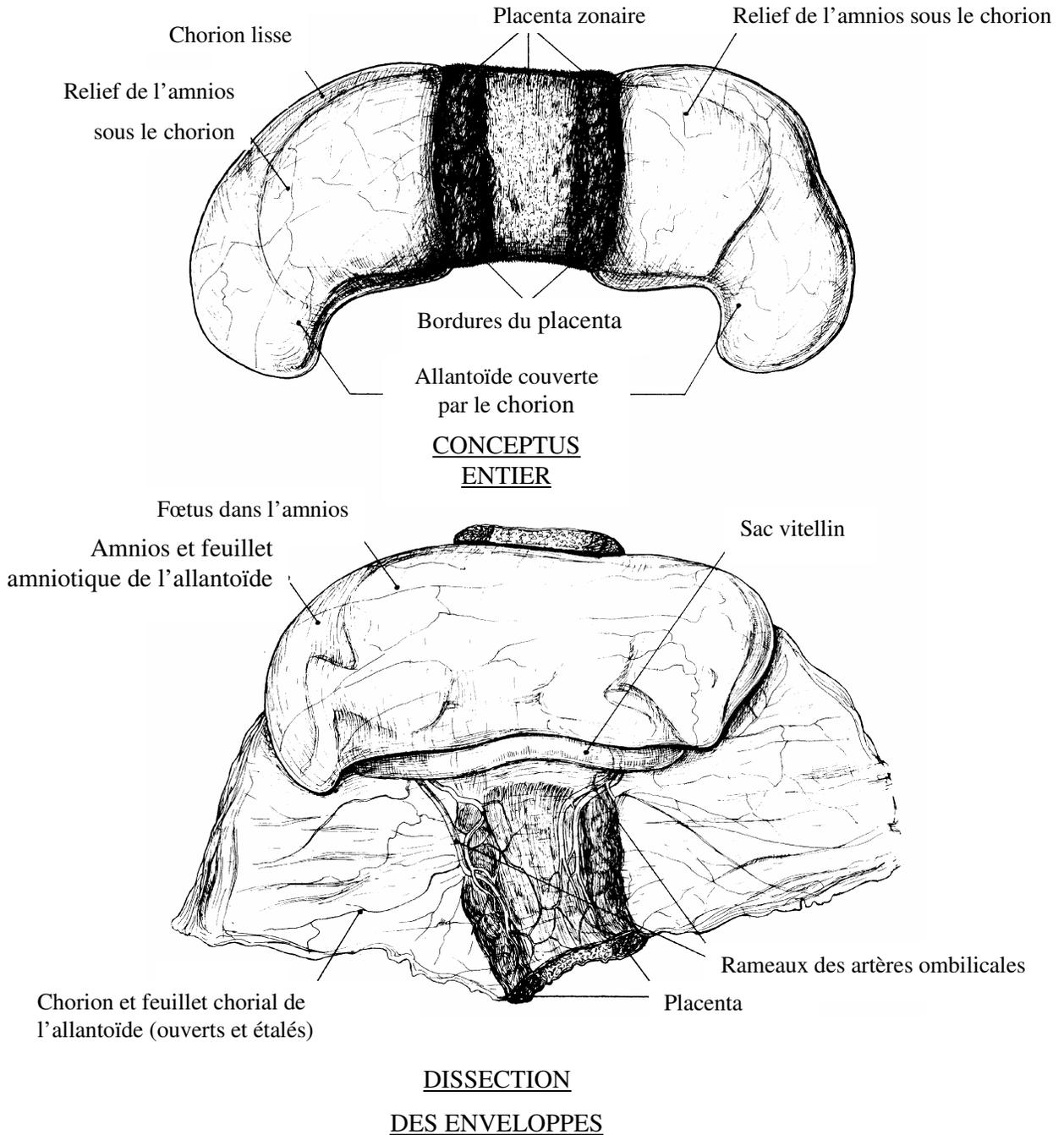
La vésicule vitelline occupe toute l'ampoule fœtale à 17 jours de gestation puis, régresse rapidement ne représentant que la moitié de la vésicule vers 23 jours de gestation et le tiers autour de 27 jours. Le sac vitellin persiste ensuite le long du fœtus, fixé aux deux extrémités de l'ampoule sur le chorion lisse [10].

Le chorion est de forme cylindrique et, dans sa partie moyenne, comprend le placenta. Les carnivores possèdent un placenta endotheliochorial zonaire labyrinthique. Il forme une épaisse ceinture qui peut mesurer jusqu'à la moitié de la longueur du conceptus chez le chat. Il adopte sa conformation finale en milieu de gestation. Des villosités du trophoblaste apparaissent vers 13 jours chez la chatte [2] puis, une lame de l'allantoïde s'unie au chorion et les villosités se développent dans l'endomètre dont l'épithélium a été altéré par le trophoblaste. On obtient alors un syncytiotrophoblaste et l'endomètre envahi par le chorion forme une couche spongieuse au dessus de laquelle se situe le labyrinthe de réseaux capillaires qui est très épais chez la chatte. Le poids du placenta est de 5,7 g à 24 jours de gestation, 11,9 g au 33^{ième} jour et 15 g au 39^{ième} jour [19].

Le placenta est relié à l'embryon par le cordon ombilical qui est court dans cette espèce (3 à 4 cm [2]) et se compose d'une partie amniotique courte et d'une partie allantoïdienne étendue du hile de l'amnios jusqu'au placenta.

La figure 3 (page 23) et la figure 13 ci-dessous, montrent ces annexes afin d'en préciser la topologie, avant puis après dissection.

Figure 13 : Annexes fœtales des Carnivores Domestiques [2]



b Formation et croissance de l'embryon et du fœtus

On distingue trois périodes dans le développement embryonnaire et fœtal [2]:

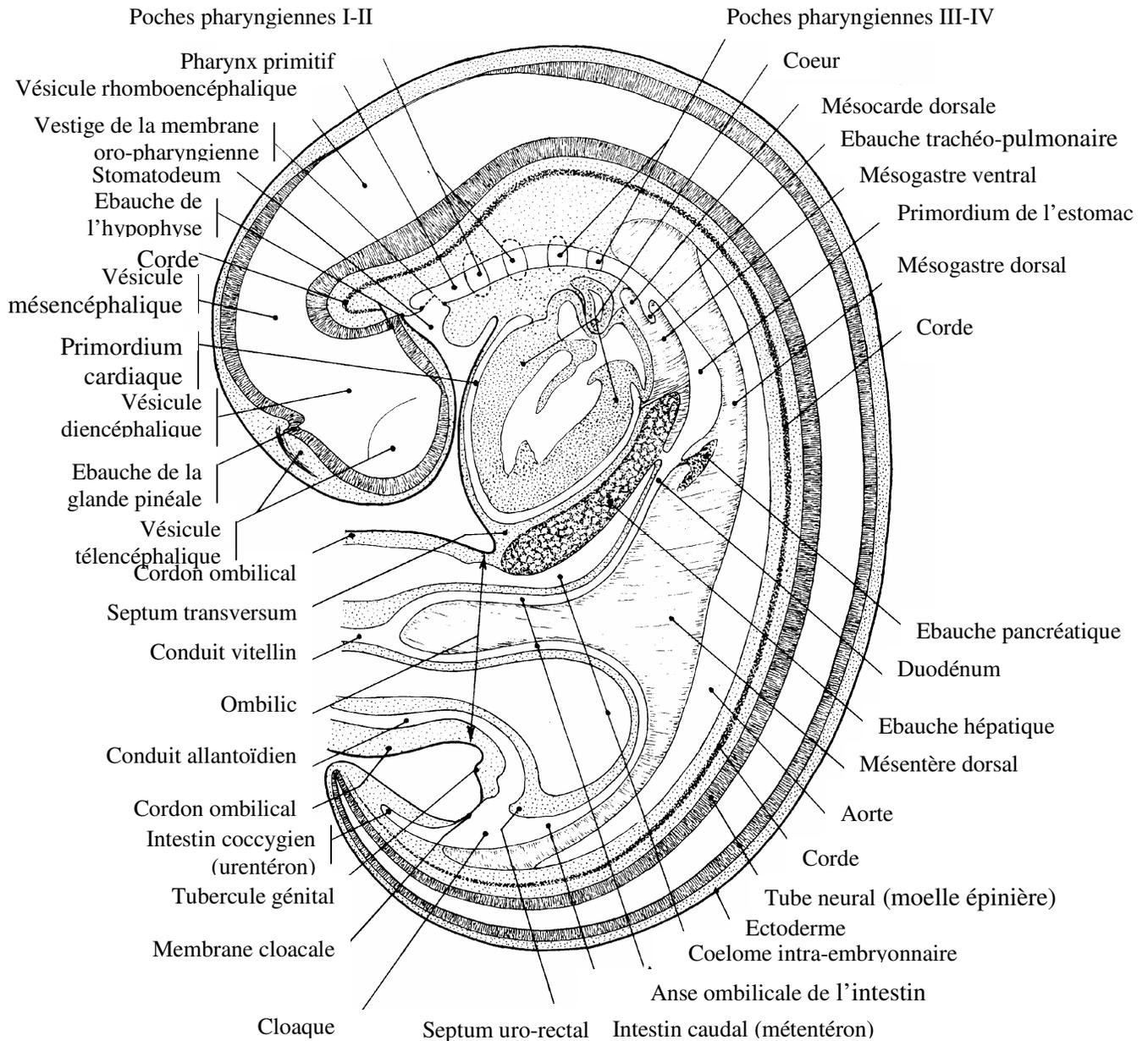
- **la période pré-embryonnaire** qui s'achève vers la fin de la gastrulation avec l'apparition des plis céphalique, caudal et latéraux ;
- **la période embryonnaire** dans laquelle les feuilletts sont formés et où on assiste au début de la morphogénèse ;
- **la période fœtale** qui débute lorsque la face et les membres sont modelés. Les modifications sont moins importantes que lors des phases précédentes, il s'agit surtout d'une phase de croissance.

Nous nous attarderons ici à l'embryogenèse et au développement fœtal, la période pré-embryonnaire s'étant déroulée avant la nidation. Chez la chatte, le développement embryonnaire est plus rapide que chez la chienne mais la maturation plus longue [2].

α La période embryonnaire

L'embryon est bien délimité et les premiers somites apparaissent. Ensuite, le tube neural se ferme et de nombreux mouvements morphogénétiques transforment l'embryon en fœtus [2]. Ces modifications sont ici détaillées les unes après les autres mais, elles se déroulent simultanément. Afin de mieux les appréhender, le schéma d'un jeune embryon de Mammifère est représenté sur la figure 14.

Figure 14 : Coupe schématique d'un jeune embryon de Mammifère [2]



○ Le développement de la tête et du cou :

Il commence par la partie crânienne avec la formation de l'encéphale : la lame neurale présente des renflements qui se subdivisent formant les cinq vésicules encéphaliques et on retrouve 5 régions de l'encéphale de l'adulte : le télencéphale, le diencéphale, le mésencéphale, le métencéphale et le diencéphale suivies par l'ébauche de la moelle épinière. Petit à petit, les cellules nerveuses migrent et se différencient pour former la substance blanche et la substance grise. Par la suite l'encéphale subira des flexions et des courbures qui

lui donneront une forme proche de sa forme finale ainsi que des remaniements à l'origine de la formation du thalamus, de la glande pinéale, du pont et de la moelle allongée [2].

En parallèle, les organes des sens apparaissent. Ils résultent de l'union de cellules épithéliales issues de l'ectoderme et du tube neural entourées par du mésoderme. Ainsi, les appareils de l'olfaction, la vision et l'audition dérivent respectivement des placodes nasale et olfactive, des placodes optique et cristallinienne et de la placode otique [2].

Vient alors la formation des arcs branchiaux occupant la moitié ventrale de la tête. A 20 jours, l'embryon de chatte mesure 8 à 9 mm et possède 5 paires d'arcs branchiaux, la 5^{ème} apparaissant à 17 jours [2]. Ils sont d'origine mésodermique, tapissés médialement par l'endoderme qui les sépare au niveau des sacs pharyngiens et latéralement par l'ectoderme qui forme des sillons branchiaux. Les 2 premières paires évolueront respectivement en arc maxillaire et mandibulaire à l'origine de la mâchoire (os, certains muscles, vaisseaux et nerfs crâniens) mais aussi d'une partie de l'appareil hyoïde et de l'oreille moyenne. Le 3^{ème} arc rentre dans la constitution de l'appareil hyoïde, des muscles du pharynx et des carotides. Les autres arcs branchiaux, plus réduits, sont à l'origine d'une partie des muscles du cou et de ses structures internes (cartilages du larynx, nerf accessoire et vague,...). Une partie des sacs pharyngiens évolue en glandes parathyroïdes et en thymus alors que la majorité des sillons branchiaux entrent dans la formation du cou [2].

Enfin, on assiste au modelage de la tête et du cou dès 20 jours à partir des bourgeons de la face (d'origine mésodermique et ectodermique) et des arcs branchiaux. On observe la formation simultanée des régions maxillo-nasales et mandibulaire à partir de bourgeons qui se soulèvent et s'étirent. Dans la région maxillo-nasale, ils formeront les cavités nasales, les narines, le conduit naso-lacrymal et le palais. Un défaut de soudure peut-être à l'origine d'une fente palatine. Dans la région mandibulaire, les bourgeons édifieront la bouche avec la langue, les glandes salivaires, la lame dentaire cartilagineuse et la mandibule. Le cou, absent chez le très jeune embryon, se développe donnant naissance à l'oesophage, la trachée et les bourgeons pulmonaires. Parallèlement, le coeur s'éloigne du pharynx et les arcs aortiques contenus dans les arcs branchiaux forment l'aorte et le tronc pulmonaire. Le squelette de la tête est quasiment inexistant jusqu'à la disparition des arcs branchiaux. L'ossification de la face est bien plus lente que celle du crâne [2].

○ Le développement du tronc et des membres :

Tout d'abord, ce sont les organes axiaux, les parois du corps et les viscères qui se forment. Ensuite, ce sont les membres, le tégument et les phanères. Au début du développement des organes axiaux, on note la présence de la corde autour de laquelle vont s'organiser la moelle épinière et les nerfs spinaux, les vertèbres, les muscles du tronc et les vaisseaux sanguins dont l'aorte et la veine cave caudale. A 20 jours, l'embryon possède une quarantaine de paires de somites et sa torsion est très marquée. La moelle épinière dérive du tube neural qui se ferme. Les premières ébauches de vertèbres, issue des sclérotomes, sont ventrales au tube neural et entourent la corde jusqu'à s'unir à celle-ci puis se développent autour du tube neural. Elles sont déjà séparées par ce qui deviendra le futur disque intervertébral. Dans la région thoracique, le mésenchyme qui a servi à l'élaboration des vertèbres s'allonge pour former les côtes. Ce squelette est d'abord précartilagineux puis il deviendra cartilagineux et ne s'ossifiera que tardivement [2]. Dans la région caudale, les somites permettent l'édification du bourgeon caudal avec les vertèbres et le tube neural qui régressera progressivement. Les muscles, les vaisseaux et les nerfs dérivent des myotomes des somites.

Après sa délimitation par plication, l'embryon reste très largement ouvert ventralement : l'orifice ombilical est large et bordé de chaque côté par du mésoderme. Latéralement, le mésoderme recouvre les plis latéraux, crânialement le pharynx et caudalement le bourgeon allantoïdien. Les parois du tronc dérivent de la somatopleure en ce qui concerne les parois latérales, la paroi supra-ombilicale et la paroi infra-ombilicale. En région sternale, le mésoderme sternal est à l'origine des cartilages sternaux et des sternèbres. L'orifice ombilical s'organise alors en anneau [2].

Le coelome intra-embryonnaire se cloisonne pour donner les grandes cavités splanchniques, séparées par la formation du diaphragme, et leurs séreuses : le péricarde, les plèvres et le péritoine [2].

Les organes de la cavité thoracique sont issus du mésoderme de la membrane oro-oesophagienne pour le cœur et du tube trachéal pour les poumons. Le cœur recule ensuite et se développe dans la proéminence cardiaque située sur la face ventrale de l'embryon où il s'entoure du péricarde. Les poumons s'agrandissent et s'entourent des plèvres au fur et à mesure que le diaphragme se forme et recule jusqu'à sa position définitive [2].

Les organes de la cavité abdominale suivent une évolution plus complexe. Le foie résulte d'un diverticule hépatique accolé primitivement au diaphragme puis, il s'isole progressivement lors de la formation de ce dernier et ses lobes se forment. Vers la fin du premier quart de la gestation, il occupe plus de la moitié de la cavité abdominale (il pèse 10% du poids du fœtus [2]) puis, sa croissance ralentit bien qu'à la naissance, il soit encore de grande taille. Les différentes parties du tube digestif se forment : l'estomac résulte d'une dilatation et d'une rotation de sa partie antérieure qui s'accompagne du développement des omentum, les intestins s'allongent et s'infléchissent créant le cadre duodénal et le cadre colique séparés par le jéjuno-iléon et le caecum. L'intestin est fixé dans la cavité abdominale par le mésentère qui se différencie en même temps que lui. Son volume reste cependant faible à la naissance. En ce qui concerne les organes urinaires et génitaux, le mésonéphros, très étendu dans le premier quart de la gestation, régresse pour donner les reins, dont le volume augmente rapidement jusqu'à la moitié de la gestation puis, ralentit, et les gonades. Chez le jeune embryon, l'espace compris entre le bourgeon caudal et l'ombilic est la membrane cloacale. A son niveau, un septum uro-rectal se développe et sépare le rectum du sinus uro-génital. Ce sinus évoluera ensuite, selon le sexe, en appareils urinaire et génital. Les organes génitaux externes seront formés vers 32 jours pendant la période fœtale [2].

Les bourgeons des membres apparaissent alors que les arcs branchiaux, le cœur, l'ébauche hépatique et le bourgeon caudal sont identifiables. Les bourgeons des membres thoraciques se forment environ 12 heures avant ceux des membres pelviens, à 18 jours de gestation, quand l'embryon possède environ 35 paires de somites. Ils s'allongent rapidement et s'aplatissent à leur extrémité qui donnera l'autopode [2].

La période embryonnaire s'achève vers 24 ou 25 jours de gestation chez le chat alors que l'embryon mesure environ 18mm [2].

β La période fœtale

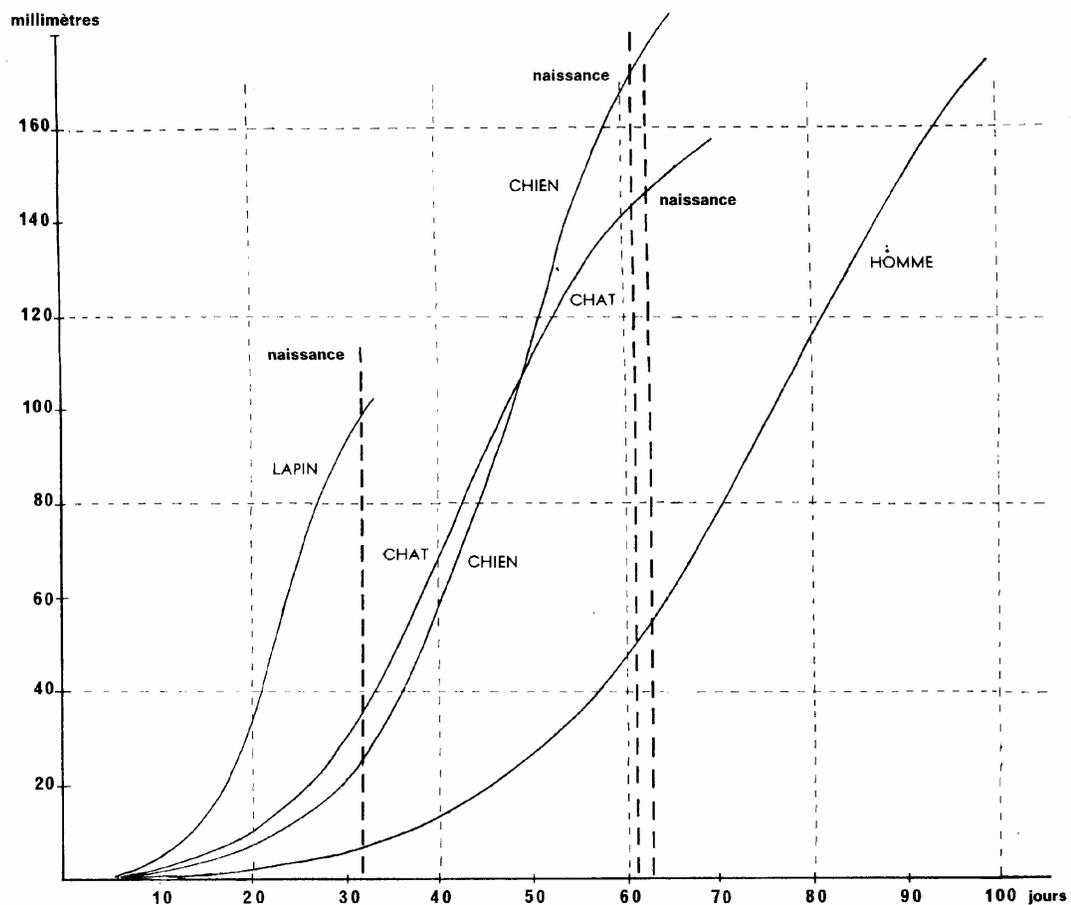
C'est durant cette période que l'évolution diffère le plus en fonction des espèces. Elle est caractérisée par la fermeture des paupières à 31 jours, le développement des crêtes mammaires vers 22 jours, du pavillon de l'oreille vers 25 jours, et la formation des membres vers 20 et 21 jours. Les doigts primordiaux se forment par des épaissements unis dans la membrane interdigitale qui se résorbera pour libérer les doigts définitifs. On verra

ensuite apparaître les ébauches cartilagineuses des os et des articulations tout comme les muscles, les nerfs et les vaisseaux.

Enfin, la peau et les phanères se formeront à partir de l'ectoderme (épithélium) et du mésoderme (derme): les follicules pileux, les glandes cutanées et les productions cornées dérivent des invaginations de l'épiderme dans le derme. Les griffes sont présentes autour de 30 jours de gestation. Les poils tactiles de la face apparaissent vers 32 jours et dès 45 jours, alors que l'embryon mesure 8 à 9 cm de longueur, la fourrure commence à pousser et les griffes se durcissent. La fourrure est fournie à 55 jours. Le fœtus continue alors sa croissance jusqu'à la mise bas.

γ La croissance du fœtus

Figure 15 : Courbe de croissance fœtale d'après EVANS [2]



Sur la figure 15, on constate que la prise de poids du conceptus augmente beaucoup tout au long de la gestation. La croissance de l’embryon puis du fœtus dans l’espèce féline est plus rapide que dans l’espèce canine jusqu’au 50^{ième} jour environ. Cette croissance ralentit ensuite et les chatons naissent alors qu’ils mesurent autour de 140 mm pour une centaine de grammes. Ainsi, le poids et la taille de l’embryon puis du fœtus sont de bons indicateurs du développement et nous renseignent sur l’âge de ses derniers. De même, la formation des annexes, leur taille et leur poids sont utiles dans cette évaluation comme on peut le constater sur le tableau 1.

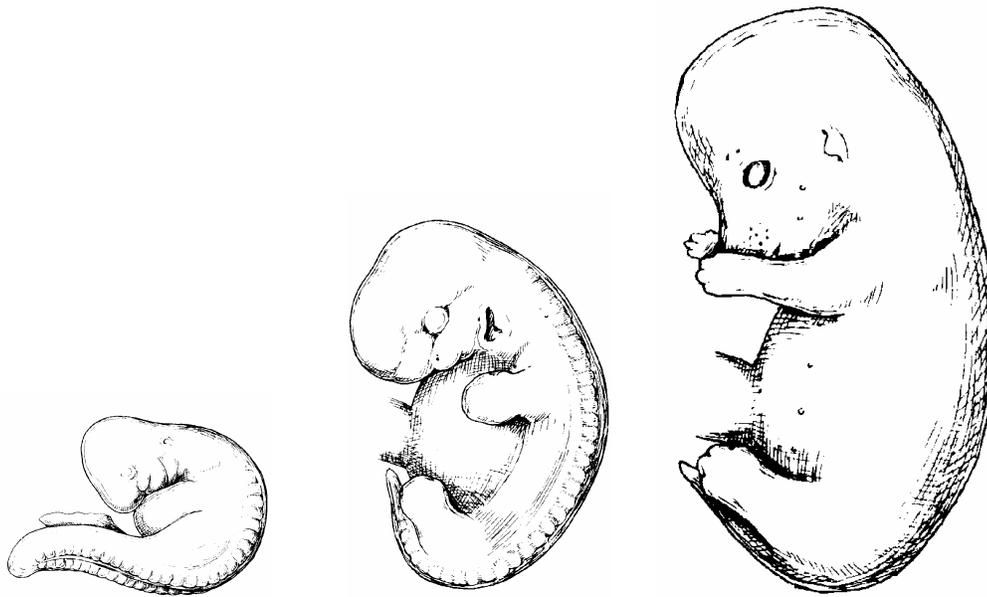
Tableau 1 : Poids moyen des conceptus et du placenta au cours de la gestation d’après TSUTSUI [38]

Jours de gestation	Poids du conceptus (g)	Poids du placenta (g)
24	0.5-1.1	5.7
33	4.6-6.8	11.9
42	30.8-66.5	15
51	78.3-86.5	
Parturition	85-105	

Cependant, la taille et le poids sont des indicateurs peu précis et il convient de prendre comme repère des critères morpho-anatomiques comme le nombre de somites, la distinction de la tête et du corps, le développement des membres ou encore, l’apparition des organes internes (cœur, foie...). La figure suivante résume l’évolution morphologique d’un embryon au cours de la gestation.

Figure 16 : Morphologie de l'embryon puis du fœtus des carnivores domestiques

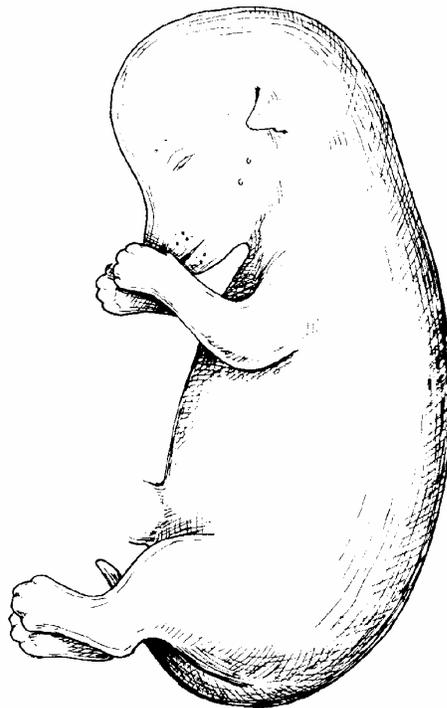
[2]



Embryon de 15 jours

Embryon de 20 jours

Embryon de 25 jours



Fœtus de 35 jours

Nous remarquons qu'au bout du premier mois de la gestation, l'aspect du fœtus est déjà très proche de l'adulte.

c Résumé du développement embryonnaire et fœtal au cours de la gestation chez la chatte

Le tableau 2 récapitule les caractéristiques embryologiques en fonction du jour de gestation, le jour de l'accouplement étant le jour 0.

Tableau 2 : Développement du conceptus pendant la gestation selon BARONE [2], KRETZ [23] et TSUTSUI [38]

Jours de gestation	Taille (cm)	Caractéristiques
5-6	0,005-0,006	Morula située dans l'utérus
9		Embryon trilaminaire Disque embryonnaire bien délimité, ébauche du sac vitellin
13		NIDATION : placentation Premiers somites
14		Vésicules optiques et placodes otiques Tube neural
15		Constitution de trois arcs branchiaux Torsion de la partie caudale
17		Constitution des derniers arcs branchiaux Vésicule otique
18		Bourgeons des membres antérieurs Placode olfactive
19		Bourgeons des membres postérieurs
20	0,8-0,9	Quarante paires de somites Fosses nasales Proéminence cardiaque en contact avec les bourgeons de la face
21		Conduit auditif, pigmentation des yeux Intestin dans le cordon ombilical Sillons de délimitation des doigts
22		Crête du pavillon auriculaire Crête mammaire Sillons interdigités plus profonds
24	1,7-2,2	Pavillon de l'oreille triangulaire, formation des paupières Ebauches mammaires, séparation des doigts des membres thoraciques Follicules pileux des vibrisses autour de la bouche et des yeux
26		Séparation des doigts des membres postérieurs
27		Développement du pavillon qui recouvre presque le conduit auditif Apparition de la langue Follicules pileux sur tout le corps
28		Fermeture des yeux Formation des griffes
30	3	Conduit auditif recouvert par le pavillon, paupières presque soudées Intestin dans l'abdomen
31		Paupières soudées
32-33	4,0-4,9	Palais soudé Organes génitaux externes
36		Vibrisses sur la tête
38-40	6-7	Début de l'ossification
46	8-9	Duvet fin sur tout le corps Pigmentation du nez Durcissement de la pointe des griffes
50-51	9,2-9,7	Fin poils sur tout le corps Griffes entièrement durcies
55		Fourrure épaisse
59-71	10-11	NAISSANCE Mâchoires inermes, yeux clos

3 La parturition

Durant la gestation, la chatte a subi des changements physiques progressifs : prise de poids, développement des glandes mammaires et des changements comportementaux. Quelques jours avant le part, la chatte recherche la compagnie, ronronne puis, quand les contractions commencent, elle se met en décubitus sternal, en appui sur ses pattes arrière avec les jarrets écartés. Elle peut aussi se coucher sur le flanc quand les contractions se font plus rapprochées et plus longues. Juste avant de mettre bas, la chatte semble se faire un « nid » : elle cherche à se cacher dans un placard ou un carton, se frotte la tête contre les parois et y fait ses griffes pour l'imprégner de phéromones. Les contractions des muscles abdominaux, l'expulsion des chatons et celle des placentas peuvent se dérouler selon un ordre et une durée variables [19]. Avant la délivrance du premier chaton, du mucus sort par la vulve. Chez le chat, les petits peuvent se présenter par la tête ou par le siège sans créer de problème de dystocie. Celles-ci résultent le plus souvent d'une filière pelvienne trop étroite (angustie pelvienne, fracture du bassin), d'un problème utérin (torsion utérine, rupture utérine, atonie utérine), d'un fœtus de taille inadaptée (gros fœtus dans les petites portées, malposition, malformations) ou mort [18, 19]. Quand le fœtus apparaît à la commissure vulvaire, les contractions se font plus longues mais aussi plus fortes, il faut alors 3 à 5 min pour expulser un chaton [19]. La mère peut faire des pauses entre chaque expulsion de chaton pendant lesquelles elle lèche le petit vigoureusement pour le débarrasser des liquides foetaux et du reste des enveloppes. Elle coupe aussi le cordon et mange le placenta.

La mise bas dure en moyenne 16.1 ± 14.3 heures [19] du fait des pauses entre les expulsions des chatons mais aussi du stress qui peut interrompre la mise bas. La chatte cherche alors un autre endroit où poursuivre la parturition. Les portées vont de **1 à 10 chatons avec une moyenne de 4** et 27,3% de mortalité dans les 8 premières semaines [19]. Ce taux de mortalité peut diminuer si la chatte est en bonne santé, sans surpoids et avec une portée de taille moyenne.

A leur naissance, **les chatons pèsent 80 à 120 g** [23] **pour une taille de 140 mm environ**. Le **sexe ratio est d'environ 50%** [19, 38]. Les chatons naissent avec une fourrure mais leurs mâchoires sont inermes, leurs yeux sont fermés, leurs oreilles ne sont pas fonctionnelles et ils ne sont pas capables de se déplacer [2]. Le léchage de la mère permet de les stimuler et de les protéger du froid en les séchant car, ils ne sont pas capables d'assurer

leurs thermorégulations si jeunes. De plus, ils dépendent de leur mère pour leur alimentation et leurs déjections. Dans les 24 premières heures, ils tètent le colostrum maternel. Leurs paupières s'ouvrent en moyenne au bout d'une semaine et leurs dents pousseront avant qu'ils aient 3 semaines. Ils sont très vulnérables pendant toute cette période car leur métabolisme n'est pas encore performant comme celui de l'adulte. On note surtout une mortalité des mâles qui modifie le sexe ratio.

La chatte gestante nécessite des soins particuliers (médicaments contre-indiqués, alimentation adaptée, ...) pour optimiser sa gestation. En effet, le bon déroulement de la gestation et de la parturition minore la mortalité des chatons c'est pourquoi, le diagnostic de gestation peut être très important.

II Diagnostic de gestation chez la chatte

Les clients ont recours de plus en plus au diagnostic de gestation précoce. En effet, ils ont besoin de connaître l'état génital de leur animal suite à une saillie accidentelle ou désirée afin de prendre les mesures qui s'imposent. Lors d'une saillie non désirée qui n'a pas engendré de gestation, on pourra alors éviter un avortement à l'aglépristone inutile. De plus, dans le cas des éleveurs, un diagnostic de gestation positif est précieux.

Le diagnostic de gestation peut aussi être demandé pour des raisons médicales soit dans un but obstétrical (angustie pelvienne, fracture du bassin) soit dans l'optique d'un diagnostic différentiel avec la rétention fœtale, les métrites, la rétention urinaire, la coprostase, l'ascite, les tumeurs intra-abdominales, l'obésité et le tympanisme [34].

Nous prendrons le jour de la première saillie comme référence pour tout l'exposé, il correspondra au jour 0 de la gestation.

A L'examen clinique

Le recueil des commémoratifs et l'examen de l'animal, notamment la palpation pression abdominale, permettent le diagnostic de gestation de manière plus ou moins précoce grâce aux modifications du comportement et de la morphologie chez la chatte gravide.

1 Modifications comportementales

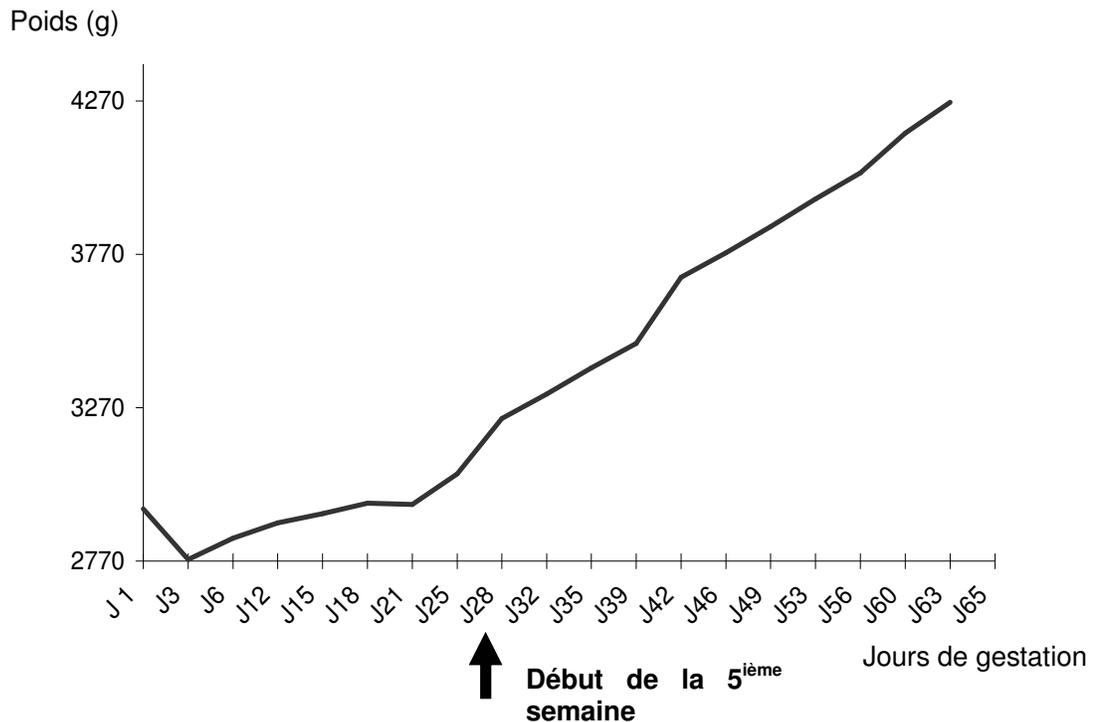
Les chattes peuvent changer de comportement alimentaire : certaines ont une augmentation de l'appétit, d'autres peuvent présenter de l'anorexie suivie d'une forte augmentation de la prise alimentaire et d'autres encore changent leurs goûts [18]. On note aussi la présence de vomissements [7, 18] ou encore de pollakiurie, à des degrés variables, dans la seconde moitié de la gestation mais, cela reste rare.

Certaines chattes se montrent aussi craintives pendant leur gestation alors que d'autres recherchent le contact humain. Au moment des prodromes du part, elles préfèrent s'isoler dans un endroit calme [18, 34].

2 Modifications morphologiques

Elles sont tardives et insuffisantes pour permettre un diagnostic précoce fiable. On remarque une augmentation des dépôts adipeux sous-cutanés dans la région abdominale surtout chez la femelle primipare. De plus, l'augmentation de volume de l'utérus et le poids de son contenu se traduisent par une prise de poids de la femelle qui dépend de la taille de la portée mais, qui est visible seulement à partir de la 5^{ème} semaine de gestation [18, 34]. Ce fait est illustré par la figure suivante, où la chatte suivie pèse 565 g de plus (soit 1/6^{ème} de son poids en plus) à la 5^{ème} semaine.

Figure 17 : Exemple de courbe de poids d'une chatte Abyssine lors de sa 3^{ème} gestation en 2006



Par ailleurs, il existe des calculs basés sur le poids de la chatte gestante à certains stades de la gestation qui sont utilisés par les éleveurs pour prévoir le nombre de chatons mais, dont nous n'avons pas réussi à retrouver les références :

$$\text{Nombre de chatons} = (P60 - P20) / 250$$

avec P20 le poids de la chatte en grammes à 20 jours de gestation, P60 à 60 jours de gestation et 250 le poids estimé d'un chaton +/- le poids de ses annexes fœtale (en grammes).

Afin d'apprécier la transformation de la silhouette de la chatte gestante, il convient de l'observer de trois quart avant pour comparer les diamètres du thorax et de l'abdomen puis, de trois quart arrière et de profil. On se méfiera plus particulièrement des femelles grasses ou n'ayant qu'un ou deux foetus [35].

Une augmentation progressive de la ventilation pulmonaire et donc de la fréquence respiratoire est aussi rapportée [14].

Enfin, les glandes mammaires se modifient, surtout chez les primipares : dès la 2^{ème} semaine une coloration rose des télines et une légère hypertrophie ont été constatées [7, 23]. L'hypertrophie de la mamelle elle-même ne débute que 7 jours avant le terme [29] c'est-à-dire au-delà de 50 jours de gestation et s'accroît jusqu'à la mise bas. 2 ou 3 jours avant le part, une sécrétion aqueuse sort déjà des télines et on peut même retrouver du lait chez les multipares [29].

Les modifications comportementales et physiques sont difficiles à apprécier et peuvent correspondre à des pathologies comme des troubles endocriniens en ce qui concerne l'alimentation ou encore, dans le cas de la prise de poids, à de l'ascite, de l'obésité, de la coprostase, de la rétention urinaire ou fœtale, des tumeurs intra-abdominales ou du tympanisme [18]. On préfère donc avoir recours à la palpation abdominale de la femelle.

3 La palpation pression trans-abdominale de l'utérus

a Méthodologie

Le praticien cherche ici à percevoir les modifications morphologiques de l'utérus imposées par la gestation. La femelle doit être debout sur une table et maintenue par le propriétaire ou un aide. La palpation est réalisable avec une seule main, le pouce opposé aux autres doigts, ou avec les deux mains, placées de part et d'autre de l'abdomen, orientées comme les pentes d'un toit [35]. Avec une seule main, il est possible d'isoler l'utérus entre le pouce et les autres doigts alors qu'à deux mains, il est plus aisé de faire rouler les cornes entre les extrémités des doigts [14].

Il suffit ensuite de palper l'animal d'arrière en avant en prenant bien garde de ne pas confondre l'utérus avec le rectum ou la vessie. Il est pour cela recommandé de pratiquer la palpation pression sur une femelle dont la vessie et le rectum sont vides [18].

De plus, certains animaux facilement stressés peuvent avoir les muscles abdominaux contractés ce qui rend toute palpation impossible. Il faut alors masser le ventre de l'animal jusqu'à ce qu'il se détende et effectuer la palpation sans pressions brusques [35].

b Résultats

Cet examen peut-être réalisé dès 18 jours mais, il est plus ou moins aisé selon les stades de gestation et l'expérience du praticien. Les renseignements fournis par la palpation abdominale en fonction du stade de gestation sont récapitulés dans le tableau 3.

Tableau 3 : Diagnostics de gestation par palpation trans-abdominale [18]

Période (jours de gestation)	Structures palpées	Difficulté
18 à 21	Dilatations utérines de 10 mm selon BURKE [9, 18] et 12x8 mm selon MIALOT [18, 29] à 21 jours.	Délicat surtout sur les chattes contractées et agitées
24 à 30	Utérus en chapelet Ampoules fœtales arrondies de 2 cm de diamètre entre le 24 et le 26 ^{ième} jour [9, 18] et de 3 à 3,8 cm entre le 28 et le 32 ^{ième} jour [18, 29]	Facile
38 à 40	Utérus de calibre uniforme moins ferme Augmentation du volume abdominal	Délicat
44 à 50	Palpation des crânes des fœtus dans les portions postérieures de l'utérus	Plus facile
50 à la mise bas	Diminution du volume des eaux fœtale : squelette perceptible Auscultation des bruits cardiaques fœtaux (180 à 240 bpm)	Attention : confusion possible avec un pyomètre, de la coprostase ou une néoplasie abdominale

L'auscultation n'est réalisable qu'au cours des 15 derniers jours de gestation, les bruits cardiaques étant inaudibles avant. Elle peut être réalisée avec un stéthoscope classique.

Le diagnostic de gestation par palpation pression trans-abdominale est possible dès le 20^{ième} jour mais devient délicat du 30^{ième} au 45^{ième} jour. Dès le 50^{ième} jour, la palpation redevient aisée. Cependant, cette méthode est limitée par l'expérience du praticien et l'animal (chatte grasse ou stressée) et ne permet pas toujours d'exclure des pathologies utérines c'est pourquoi il est intéressant de coupler la palpation avec des examens paracliniques

B Les examens paracliniques

1 Les paramètres sanguins

a La composition du plasma sanguin

Chez la chatte gestante, on note une diminution de l'albumine et un accroissement des β globulines. Il arrive aussi, dans certains cas, une augmentation des α_2 globulines [34]. Malheureusement, ces modifications sont tardives : à partir du 40^{ième} jour de gestation et ne sont pas fiables car elles sont présentes, entre autre, lors de métrites (la métrorragie et le pyomètre) [29].

b La vitesse de sédimentation

D'après DELDEM [14], la vitesse de sédimentation augmenterait nettement dès les premières semaines de gestation cependant, ce phénomène est aussi décrit lors de pyomètres. De plus, une diminution de cette vitesse de sédimentation est rapportée lors de déshydratation [14]. Ce paramètre semble donc peu fiable pour établir un diagnostic de gestation.

c Le dosage des oestrogènes

D'après des études chromatographiques réalisées sur des chiennes de race Beagle, on observe une diminution quantitative des oestrogènes (oestrone, 17 β oestradiol, et oestriol) après la conception puis, une remontée progressive de ceux-ci. Un parallèle a été établi chez la chatte, toutefois la concentration en oestrogènes plasmatique libre reste faible et donc difficilement mesurable ce qui explique que cette méthode ne soit pas utilisée en routine [18, 34].

d Le dosage de la progestérone

Comme nous l'avons vu précédemment, la progestéronémie est identique durant la première partie de la gestation et de la pseudogestation puis, elle chute plus rapidement dans le cas de la pseudogestation. D'après VERSTEGEN et al. [39], le diagnostic différentiel entre la gestation et la pseudogestation par dosage de la progestérone n'est envisageable qu'après 30 jours de gestation. Cette méthode est donc peu intéressante car elle permet un diagnostic tardif.

e Le dosage de la relaxine

Le dosage de la relaxine produite par l'unité foeto-placentaire [1], plus précisément par la zone labyrinthique [21], a été validé récemment chez le chat. Cette hormone n'est pas détectable lors de pseudogestation [19]. La relaxine est dosée par une technique d'immunofluorescence, sur le sérum ou sur l'urine, et permet de faire un diagnostic entre 3 et 4 semaines de gestation [13]. Le dosage de la relaxine constitue une technique fiable de diagnostic de gestation mais, elle reste tardive.

2 La radiographie abdominale

Cet examen est une aide précieuse car il permet de compléter la palpation abdominale. Dans le cas de femelle trop grasse pour obtenir une palpation fiable ou que l'on ne peut pas manipuler, la radiographie est d'un grand secours.

a Principe

Nous ne traiterons ici ni de la radioscopie car elle n'apporte aucun renseignement supplémentaire, ni des techniques de radiographies avec préparation comme le pneumopéritoine qui permettrait de mieux séparer les organes sur le cliché en injectant de l'air dans l'abdomen ou l'injection d'un produit de contraste dans l'utérus qui provoque l'avortement.

α Les bases physiques

Les rayons X résultent de la transformation de l'énergie cinétique d'électrons en un rayonnement électromagnétique. Leur interaction avec la matière est à l'origine de trois effets qui reposent sur les propriétés du rayonnement corpusculaire [30] : la collision élastique, l'excitation et l'ionisation.

β La toxicité des rayons X

Les rayons X sont absorbés ou diffusés par la matière et pénètrent plus ou moins profondément selon la densité tissulaire. **Ils produisent alors des modifications biologiques** après leur interaction avec les tissus vivants **causant des dégâts somatiques et génétiques** [30]. La radioprotection est donc indispensable pour le manipulateur (tablier et gants de plomb, exposition minimale au rayonnement).

b L'appareil à rayon X et la constitution d'une image radiographique

Nous nous plaçons ici dans le cas d'un appareil analogique, plus couramment rencontré dans les cliniques que les nouveaux appareils numériques. Ils sont constitués d'un tube à rayons X comportant une cathode et une anode, d'un filtre, d'une grille et d'un film protégé de la lumière par une cassette possédant, ou non, un écran renforçateur. C'est l'exposition du film radiographique aux rayons X qui, après développement, donne l'image radiographique [30].

α Le tube à rayons X

La cathode contient un filament de tungstène, soumis à un courant électrique, et un cylindre de focalisation qui empêche la divergence du faisceau d'électrons. Le nombre d'électrons produit est contrôlé par le milliampérage (mA) de l'appareil à rayon X mais aussi, par le temps de pose exprimé en secondes (s) [30].

L'anode est constituée d'une cible et d'un cylindre ou un disque. On distingue deux types d'anode : l'anode avec une cible fixe et l'anode tournante. Cette deuxième permet d'utiliser des faisceaux d'électrons plus grands et des temps de pause plus courts indispensables en imagerie vétérinaire où l'animal bouge et ne peut retenir sa respiration [30].

La qualité du faisceau dépend de son énergie et donc de la différence de potentiel produite dans le tube à rayons X exprimée en kilovolt (kV) : plus la valeur du kV est élevée, plus le rayon est pénétrant et nocif [30].

β Les filtres et les grilles

Les filtres visent à diminuer les rayonnements diffusés dont l'énergie est insuffisante pour impressionner le film mais qui pénètrent dans les tissus et sont nocifs.

Les grilles sont des plaques formées d'une série de lamelles de plomb qui améliorent la qualité de l'image en absorbant une grande quantité des rayons diffusés. On les utilise lorsque l'épaisseur des tissus à radiographier est supérieure à 10 cm [30].

γ Les films à rayons X

Les films sont composés d'un support en polyester recouvert d'une émulsion sensible aux rayons X de sels d'argent qui sont réduits par les radiations ionisantes et adhèrent au film pendant la phase de fixation du développement. La quantité de sels réduits dépend de la quantité de rayons reçus : plus les cristaux de sels d'argent sont réduits en argent par les rayons, plus le film sera noir et inversement. La qualité de l'image, définie par son contraste et son noircissement, dépend des constantes radiographiques mais aussi de la nature du film (densité, vitesse, présence ou absence d'écran...) et du développement [30].

δ Les cassettes et les écrans renforçateurs

Pour protéger les films, de la lumière, des coups ou des griffures, il convient de les placer dans **une cassette** rigide et étanche aux rayons lumineux.

Les écrans renforçateurs servent à réduire les milliampères et les temps de pose c'est-à-dire les radiations nécessaires à l'obtention d'une radiographie. Il en existe plusieurs types qu'il convient d'associer au film adapté selon la nature des tissus à radiographier [30].

c Méthode

La radiographie ne nécessite normalement pas de tranquillisation de l'animal. La chatte est placée en décubitus latéral droit ou gauche selon si on veut une vue de profil droit ou gauche : les deux profils apportent les mêmes renseignements mais, le profil droit est le plus utilisé car les gaz contenus dans l'estomac migrent vers le sommet cul de sac gauche de celui-ci permettant un meilleur tracé du foie et de l'estomac [30]. Une vue de face peut aussi

être réalisée en plaçant l'animal en décubitus ventro-dorsal ce qui permet d'étirer les membres hors du champ de vision et évite d'avoir des organes trop comprimés sur le cliché et donc difficilement distinguables [30].

Le degré de contraste dépend des préférences du manipulateur mais aussi de l'état d'embonpoint de l'animal : les jeunes chattes minces permettent d'obtenir un meilleur contraste et donc de meilleures images [30, 37].

Il est préférable d'effectuer les radiographies sur des chattes mises à la diète hydrique 12 à 24 heures avant et dont la vessie est vide car les anses intestinales et la vessie se superposent à l'utérus sur les clichés rendant l'interprétation moins évidente [30, 35].

Il convient de régler l'appareil de radiographie de manière à avoir un temps de pose le plus court possible. La vitesse d'exposition doit être inférieure à $1/20^{\text{ième}}$ de seconde pour arrêter le mouvement du diaphragme et les mouvements de péristaltisme intestinal [30] mais aussi, afin de ne pas exposer les fœtus à trop de rayons X.

Les mesures de l'abdomen sont prises au dessus de sa partie la plus large [30]. Dans l'expérience de TIEDMANN et HENSCHER [37], l'appareil est réglé sur 50 kV et entre 50 et 60 mAs selon la masse grasseuse de la chatte.

d Résultats

La radiographie permet de diagnostiquer une gestation mais aussi de donner la taille de la portée et de détecter des problèmes comme les dystocies ou la mortalité fœtale.

a Le diagnostic

Les résultats dépendent de l'individu mais aussi du stade de gestation : chez la femelle non gestante, l'utérus n'est pas visible à la radiographie. D'après TIEDMANN et HENSCHER [37], qui ont réalisé une série de clichés sur des chattes durant toute leur gestation et qui les ont sacrifiées au fur et à mesure pour vérifier la taille de l'utérus sur les radiographies par rapport à la taille réelle, les diagnostics de gestation peuvent être réalisés dès 17 jours de gestation. Cependant, ils restent difficiles à observer : on ne visualise sur les clichés que des renflements de l'utérus de 11 à 13mm. L'ossification aurait lieu au $36^{\text{ième}}$ jour. D'après BOYD [8], le diagnostic n'est possible que vers 25 jours et l'ossification débute au $38^{\text{ième}}$ jour.

Le diagnostic n'est certain que vers 45 jours de gestation [8, 33] quand le degré d'ossification est important. On peut diviser la gestation en trois périodes selon les éléments observés sur les clichés et la facilité du diagnostic. Cela est mis en évidence par le tableau 4.

Tableau 4 : Synthèse des périodes de diagnostics de gestation par radiographie d'après BOYD [8], JOHNSTON [19] et RACHAIL [33]

Jours de gestation	Images radiographiques	Difficulté diagnostique								
20 à 35	Renflements de l'utérus en position antérieure de l'abdomen	Interprétation difficile des clichés								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Jours</th> <th>Dilatation (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>17-21</td> <td>1,2-2,5</td> </tr> <tr> <td>22-28</td> <td>1,9-3,8</td> </tr> <tr> <td>28-30</td> <td>3-3,8</td> </tr> </tbody> </table>		Jours	Dilatation (cm)	17-21	1,2-2,5	22-28	1,9-3,8	28-30	3-3,8
	Jours		Dilatation (cm)							
	17-21		1,2-2,5							
22-28	1,9-3,8									
28-30	3-3,8									
Pas d'ossification visible radiographiquement										
36 à 45	Présence d'ampoules foetales puis élargissement de tout l'utérus	Risque de confusion avec des tumeurs ou un pyomètre								
	Squelette axial visible avec l'ossification des vertèbres, des mandibules, des maxillaires et de certains os du crâne Début d'ossification du squelette appendiculaire dès 43 jours (fémur, humérus, radius, ulna)	Les ombres du crâne sont facilement reconnaissables vers 45 jours								
Plus de 45	Le squelette axial est totalement formé, au delà de 49 jours les os des membres sont ossifiés (fibula, métatarses, métacarpes, tarses, carpes et phalanges) et vers 58 jours on distingue les molaires dans leurs alvéoles et le tibia	Diagnostic de certitude								

La radiographie est donc une bonne méthode de diagnostic de gestation mais, un diagnostic de certitude est tardif puisqu'il n'est possible qu'à partir de la fin de la 6^{ème} semaine.

β La taille de la portée

La radiographie est un examen très utile pour le dénombrement car elle donne une vue d'ensemble du contenu de l'utérus contrairement à l'échographie. On peut

dénombrer les fœtus une fois leur ossification commencée en comptant les crânes. En effet, les squelettes des fœtus se superposent sur le cliché et compter les colonnes peut être une source d'erreurs par défaut. Deux vues orthogonales peuvent être intéressantes à prendre car elles permettent de mieux situer les fœtus dans l'espace et donc, en cas de doute, d'individualiser plus facilement les fœtus ou d'éviter de les compter 2 fois.

γ Les dystocies

Grâce à la visualisation du squelette des fœtus par rapport à la filière pelvienne de la femelle, **on peut évaluer le risque d'une dystocie ou en comprendre la cause** : malposition fœtale, torsion utérine, angustie pelvienne, cal osseux issue d'une ancienne fracture du bassin, malformation fœtale... Cependant, elle ne donne pas de renseignement sur la vitalité des fœtus au cours de la gestation : elle permet uniquement de constater leur mort et parfois, la mort peut se produire sans aucun signe radiographique [5].

δ La mort fœtale

Les signes radiographiques de la mort des fœtus dépendent de la macération. Avant l'ossification, la mort fœtale est détectable par la présence de gaz dans l'utérus, autour du fœtus ou dans celui-ci. Deux clichés radiographiques orthogonaux de l'abdomen sont indispensables afin d'être sûr que les poches de gaz ne sont pas d'origine intestinale. Quand leur squelette est ossifié, la mort est détectée par le chevauchement des squelettes et la fermeture des fontanelles. Les fœtus peuvent ainsi apparaître de plus petite taille que la normale et même avoir une courbure particulière de la colonne vertébrale et des membres à cause de la rétraction des muscles. A ce stade, on parle de fœtus momifié [5].

3 L'échographie

Cette technique permet d'obtenir une image en mouvement des embryons puis des fœtus en donnant une image de leur contour, la structure de leurs organes pleins non calcifiés et leurs rapports. Elle peut donc nous renseigner plus précisément sur leur développement (embryogénèse, organogénèse) et leur vitalité (mouvements, battements cardiaques), à partir du stade où l'on peut les visualiser. De plus, l'expérimentation menée par MAILHAC en 1980 [27], prouve la supériorité de l'échographie sur la palpation abdominale et la radiographie en permettant des diagnostics plus fiables et plus précoces.

a Principes de l'échographie

L'échographie ou échotomographie (littéralement « écriture d'une coupe formée d'échos ») est constituée d'une sonde munie d'un cristal piézo-électrique qui engendre un train d'ondes sonores. Ces ondes sonores ou ultrasons se propagent dans les parenchymes et sont réfléchies par les différentes structures de l'organisme formant des échos qui reviennent vers la sonde. Les ondes réfléchies sont reçues par le cristal qui les transforme en différences de potentiels à ses bornes. Celles-ci seront traitées par l'appareil et transcrites sur l'écran selon le mode choisi : A, B ou M [25], développés ultérieurement dans cette partie.

a Bases physiques

Le son est un phénomène vibratoire caractérisé par sa vitesse de propagation (v), sa fréquence de vibration (f) et sa longueur d'onde (λ) liés par l'équation : $v = f \times \lambda$. Les ultrasons utilisés pour l'échographie sont compris entre 1 et 10 MHz.

La vitesse de propagation de l'onde sonore dépend de la densité en particules du milieu qu'elle traverse. Ainsi, dans les différents tissus de l'organisme, on obtient les valeurs récapitulées dans le tableau 5 :

Tableau 5 : Valeurs de la vitesse de propagation de l'onde sonore en fonction des tissus traversés [25]

Tissus ou matériaux	Vitesse du son en mètres par seconde (m/sec)
Air	331
Eau	1495
Tissu mou	1540
Rein	1561
Muscle	1585
Os	4080

Pour un milieu donné la vitesse est constante donc, en mesurant le temps qui sépare la réception de deux ultrasons, on peut déterminer la distance entre les points responsables de la formation de ces signaux.

La fréquence de la sonde est inversement proportionnelle à la pénétration des ultrasons dans les tissus. Ainsi une sonde de 10MHz ne permet d'explorer que des structures tissulaires situées à moins de 4 cm sous elle [25] alors qu'une sonde de 3,5MHz permet une exploration plus profonde.

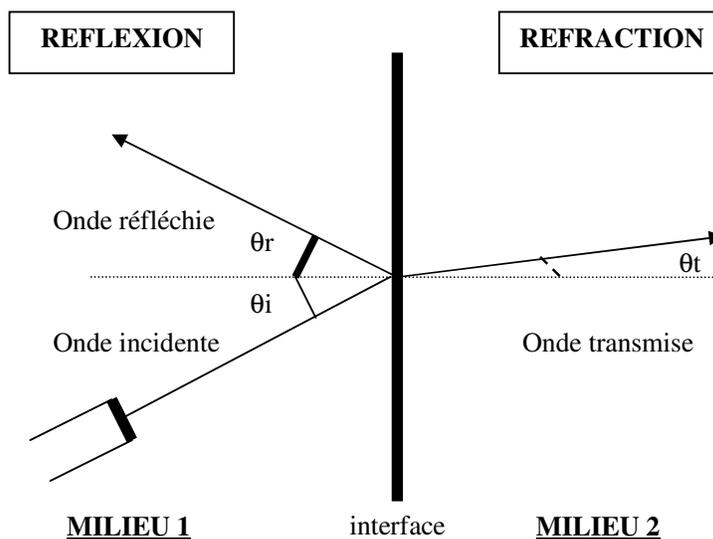
La longueur d'onde conditionne la résolution en profondeur : la limite de la résolution d'une sonde en profondeur est 2 fois la longueur d'onde des ultrasons employés. En clair, deux points situés à une distance inférieure à deux fois la longueur d'onde ne sont pas individualisables sur l'image retranscrite par l'appareil. De plus, comme la longueur d'onde et la fréquence sont liées par l'équation vue précédemment, la résolution en profondeur dépend aussi de la fréquence [25].

β Propagation des ultrasons dans les tissus

L'onde sonore ne peut se propager dans le vide, sa vibration se transmet aux molécules qui l'entourent et le dévient. Un faisceau ultrasonore est donc divergent ce qui atténue son intensité, c'est-à-dire la puissance du faisceau, lors de la propagation. Cette divergence perturbe aussi la résolution latérale qui doit être corrigée par focalisation géométrique ou électronique.

De plus, le faisceau subit les lois de la réflexion à l'interface entre deux milieux (muscles et graisse...). Une partie est réfractée et l'autre réfléchi comme on peut le voir sur la figure 18. C'est cette partie réfléchi qui constitue l'écho. La quantité d'échos augmente avec la différence d'impédance (produit de la masse volumique du tissu par la vitesse du son dans ce milieu) entre les deux tissus de l'interface. Entre les tissus mous et l'os ou les tissus mous et l'air, il y a beaucoup plus d'échos qu'entre deux tissus mous de natures différentes.

Figure 18 : Trajet des ultrasons à l'interface entre deux milieux [25]



La partie réfléchi ne peut être détectée par le capteur que si le faisceau d'ultrasons est perpendiculaire à l'interface entre les tissus ou si θ_i fait au maximum un angle de 2° . Il est donc impossible de voir tout le contour d'un organe par échographie. En général, on ne visualise souvent que les limites d'organes : capsule hépatique, parois du tube digestif... Par contre, quand le faisceau rencontre de petites structures (vaisseaux, cellules hépatiques,...), il est diffusé dans toutes les directions possibles. L'angle entre le faisceau et la perpendiculaire à l'interface peut avoir n'importe quelle valeur. Ce sont ces échos qui permettent d'obtenir une image de l'échostructure interne des organes.

Le faisceau sonore s'atténue au cours de la traversée des tissus, principalement du fait de sa réflexion mais aussi à cause de la divergence du faisceau et de l'absorption de son énergie par les tissus. Cette perte dépend du tissu traversé et de la fréquence de l'onde sonore. L'appareil compense cette perte en profondeur pour que les échos profonds soient comparables aux superficiels [25].

γ La toxicité de l'échographie

Elle s'exprime de 3 manières [25] :

- **L'effet thermique** : les ondes ultrasonores sont responsables d'une élévation de la température qui provient de l'énergie utilisée pour compenser les forces de frictions entre les particules du milieu. Elle est négligeable aux intensités sonores utilisées en diagnostic médical.
- **La cavitation** : les ultrasons créent des bulles de gaz stables ou transitoires dans le milieu qu'elles traversent. Elles se produisent pour de faibles intensités à de fortes fréquences donc à un niveau beaucoup plus élevé que celui utilisé.
- **Les effets chimiques** : on trouve des formations de peroxydes, des ruptures de macromolécules cytoplasmiques et nucléaires à de fortes intensités non utilisées en échographie.

Ces phénomènes se produisent lorsque l'organisme est soumis à une exposition continue aux ultrasons. En échotomographie, la sonde émet un temps très bref et écoute selon une durée plus importante. Il **n'y a donc aucun risque pour l'animal et aucune tératogénicité sur les fœtus**. Cette technique est donc une méthode de choix pour le diagnostic et l'étude de la gestation.

b Construction de l'image échographique

a Les modes de visualisation

Les ultrasons réfléchis et réceptionnés par le cristal pendant la phase où il n'émet pas sont analysés et rassemblés sur un écran selon le mode employé :

- Le mode A

C'est la forme la plus simple de transcription des ultrasons. L'image est obtenue à partir d'un seul faisceau ultrasonore et les échos reçus sont visualisés par des pics le long d'une ligne horizontale. Chaque pic correspond à l'amplitude des échos réfléchis et la ligne horizontale représente la profondeur de la structure où l'écho réfléchit. Ce mode n'est plus utilisé car il apporte peu de renseignements [3].

- Le mode B

Il est obtenu à partir de multiples faisceaux d'ultrasons dont chaque écho est analysé. Sur l'écran, les structures où se réfléchissent les ultrasons sont schématisées par des points ainsi, l'image est le reflet des structures du corps. De plus, la brillance des points correspond à la force des échos reçus ce qui permet de différencier les structures sur l'écran par des niveaux de gris. Les échographes n'ont cessé d'évoluer vers une amélioration des niveaux de gris de l'image. On distingue ainsi les parois et les capsules des organes de leur parenchyme. Avec ce mode, les images représentent une tranche de l'organisme. Au départ, on ne pouvait obtenir que des images statiques dont chaque ligne était construite en déplaçant la sonde par un bras articulé. Par la suite, ce mode a été remplacé par l'échographie en temps réelle qui permet d'avoir une image en mouvement. Les sondes des échographes permettant l'obtention de ce type d'images sont constituées d'un cristal mobile ou de plusieurs cristaux fixes qui émettent une série d'ondes de manière séquentielle. **Il s'agit du mode le plus utilisé actuellement.**

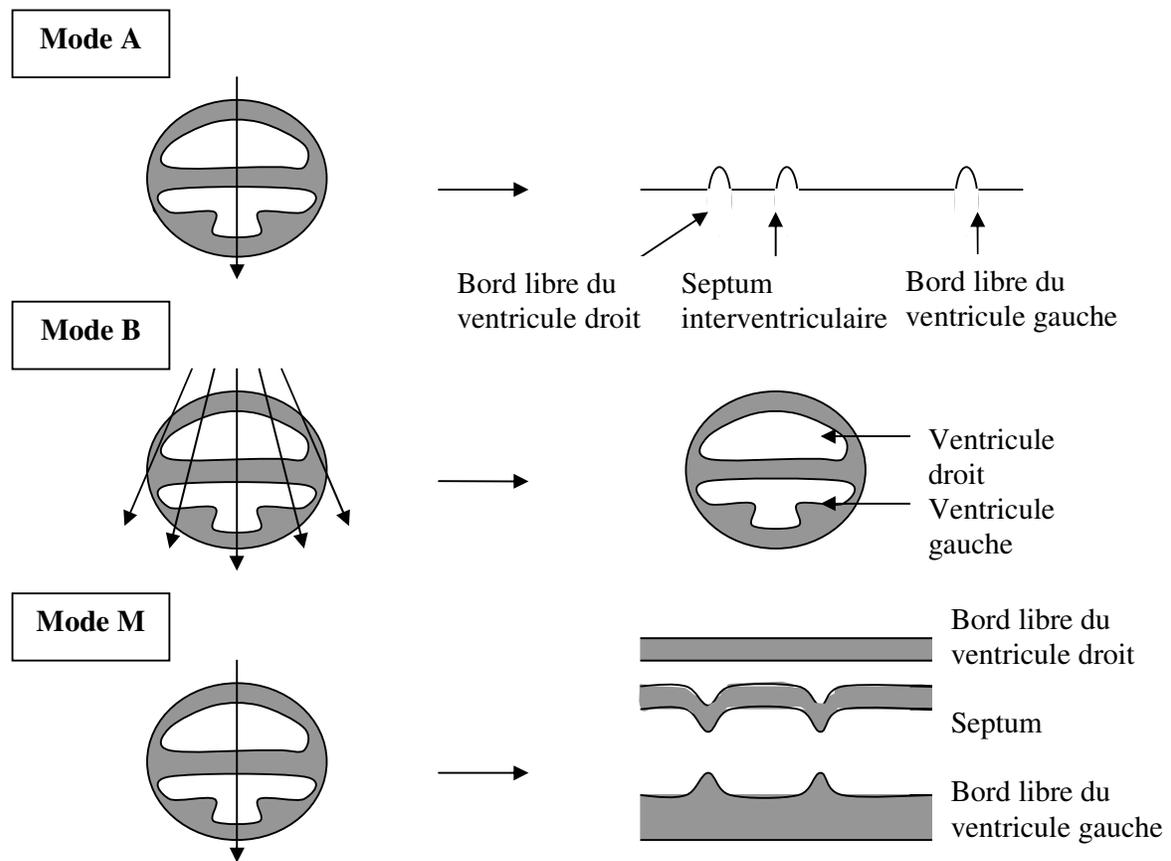
- Le mode M

Il s'agit d'un mode encore nommé mode « temps mouvement » obtenu à partir d'un seul faisceau d'ultrasons. Il dérive du mode B : on place un curseur sur une image en mode B afin de sélectionner un axe selon lequel sera émis le faisceau d'ultrasons du mode M. on obtient alors une ligne verticale de points de brillance différente formée par les structures qu'elle coupe. Cette ligne défile selon un axe horizontal schématisant le temps permettant de

montrer les mouvements des structures. On peut ainsi étudier les mouvements des organes ou de leur structure interne au cours du temps et en particulier du cœur [37].

Les trois modes A, B et M sont schématisés dans la figure suivante pour une meilleure compréhension de leur fonctionnement.

Figure 19 : Illustration des trois modes utilisés en échotomographie d'après BARR [3]



β Les facteurs limitant la qualité de l'image

Le mode de propagation des ondes sonores et donc des ultrasons conditionne la qualité de l'image selon trois caractéristiques citées dans les bases physiques de l'échographie :

- **le pouvoir de pénétration** qui est inversement proportionnel à la fréquence de la sonde comme le montre le tableau suivant :

Tableau 6 : Profondeurs de pénétration des ondes d'après SEGOND [35]

Sonde (MHz)	Profondeur (cm)
1	30
3,5	22
5	15
7,5	7
10	4

- **le pouvoir de résolution** qui correspond à la plus petite distance séparant deux points distinguables sur l'image. On parle de résolution axiale quand les deux points sont dans l'axe de la sonde et latérale s'ils en sont perpendiculaires. Par exemple, une sonde de 3,5 MHz ne permet de distinguer des points que s'ils sont écartés de 2 mm en résolution latérale alors qu'une sonde de 5 MHz permet de distinguer des points distants de 1,5 mm ;
- **la focalisation** qui diminue la divergence des ondes. On cherche à rendre le faisceau d'ultrasons plus étroit et plus intense à la profondeur où on veut une bonne qualité d'image. Pour cela, on utilise des miroirs, des lentilles acoustiques, des céramiques concaves ou on focalise par déphasage [3, 35].

On peut améliorer l'image directement sur l'appareil en réglant le gain général ou le gain étagé. Cela permet de modifier le contraste : si le gain général est trop faible, il fera disparaître les petits échos des parenchymes, s'il est trop élevé, la brillance de l'image augmentera et on aura des échos parasites. Le gain étagé se règle ensuite.

γ L'interprétation des images obtenues

Nous avons vu que la vitesse de propagation des ondes dans les tissus dépend de leur nature et que le passage des ondes entre deux milieux répond aux lois de la réflexion et par la suite à la différence d'impédance entre les deux milieux.

On distingue alors des images données pour les tissus et des artefacts c'est-à-dire des images qui ne traduisent pas la véritable structure des tissus étudiés.

○ Images de la structure des tissus

On observe classiquement des images en niveau de gris sur un fond noir caractérisées par les termes suivants : hyperéchogènes, hypoéchogènes et anéchogène.

Les structures hyperéchogènes sont représentées par des points brillants blancs. Elles sont créées par des interfaces très réfléchives avec des structures d'impédances différentes comme les os ou les gaz. Les structures hypoéchogènes sont gris foncé et résultent du passage des échos dans des tissus où la réflexion et la transmission sont intermédiaires comme dans les tissus mous. Le réglage du gain sur l'appareil est ici très important pour distinguer les tissus mous d'échogénicité proche. Enfin, les structures anéchogènes traduisent l'absence d'échos et sont noires sur l'écran. Le son est totalement transmis comme c'est le cas pour les fluides [3].

On différencie les contours des organes de leurs parenchymes. Les contours sont échogènes à hyperéchogènes. On peut ainsi visualiser des parois, des cloisons ou encore des structures qui limitent l'organe comme la surface des os. En effet, à l'interface tissu mou/os, 30% des ondes sont réfléchies et le reste est absorbé. Ainsi, on ne voit que la surface de l'organe la plus proche des ondes émises et aucune structure située en dessous. L'épaisseur des parois des organes est mesurable mais uniquement quand leurs interfaces sont bien perpendiculaires au faisceau sinon, les contours sont flous et les mesures ininterprétables. Les parenchymes ont une échogénicité différente en fonction de leur nature comme on peut le résumer dans le tableau suivant :

Tableau 7 : Echogénicité des tissus en fonction de leur nature [35]

Nature du tissu	Aspect	Exemples
Collections liquidiennes homogènes	Anéchogènes (noirs) Renforcement de la brillance des interfaces plus profondes	Liquide sans particules solides en suspension : sang, liquide amniotique....
Tissus mous	Echogénicité très voisine	Tissu graisseux, muscles,...
Liquides non homogènes	Anéchogènes avec un renforcement postérieur quand le gain est élevé	Liquide contenant des particules : pus, ...
Tissus solides	Hyperéchogènes avec une atténuation postérieure	os
Tissus gazeux	Hyperéchogènes avec une atténuation postérieure	

- Artéfacts

La connaissance des images artéfactuelles est cruciale pour éviter les erreurs d'interprétations [3, 28].

La réverbération est l'artéfact le plus courant. Elle se produit par effet rebond de l'onde sonore lorsque les interfaces sont trop réfléchissantes, comme l'interface tissu mou/gaz, ou trop proches de la sonde. Les ondes sont alors renvoyées à la sonde qui les réfléchit et les renvoie vers les tissus. Ce phénomène peut se répéter plusieurs fois au niveau d'une interface donnant de multiples images parallèles. On parle alors d'image en queue de comète.

L'ombre acoustique est retrouvée après le passage du faisceau à travers une structure qui ne laisse pas passer les ultrasons comme les os ou les gaz. On observe une ligne très échogène à la surface de ces structures puis, plus rien en profondeur. Cet artéfact permet ainsi de détecter des structures minérales comme des lithiases urinaires.

Le renforcement postérieur se produit à la traversée de liquides : les ondes traversent la zone anéchogène constituée par les fluides sans rencontrer d'obstacles puis, traversent la zone échogène ou hyperéchogène qui suit et on observe une aire très brillante à ce niveau. Parfois, cette zone de brillance est telle que l'on ne peut plus distinguer les structures sous-jacentes.

L'effet miroir est rencontré lors du passage des ultrasons à travers des interfaces très réfléchives. Les ondes sont renvoyées vers la sonde mais la position originale des structures qu'elles traversent, par rapport à la surface réfléchissante, n'est pas respectée. On retrouve cet artéfact à l'interface entre le diaphragme et les poumons : on observe une image de foie dans les poumons, ou à l'interface entre le péricarde et les poumons : on observe un second cœur dans les poumons. Il faut donc éviter toute conclusion hâtive quand à une hernie diaphragmatique par exemple.

La perte d'échos se produit lorsqu'une onde atteint le bord d'une structure liquidienne non perpendiculaire au faisceau. On observe alors un cône d'ombre. Il ne faut pas confondre ce phénomène avec la présence d'une structure hyperéchogène.

- Les artéfacts dus à des problèmes de fonctionnement de l'appareil :

Des interférences électriques avec l'appareil d'échographie engendrent l'apparition de lignes obliques parasites à l'écran. Certains cristaux de la sonde peuvent aussi être cassés. Dans les sondes linéaires on verra alors des lignes verticales sombres qui ne sont pas dues à un mauvais contact entre la sonde et l'animal [3].

c Méthode

Cet examen peu invasif ne nécessite généralement pas d'anesthésie. L'animal est placé en décubitus dorsal ou dorso-latéral, bien que certains chats préfèrent être maintenus debout sur les pattes arrières, par un aide [3, 35]. On prépare la zone à échographier pour avoir un bon contact avec la sonde. On peut tondre de l'ombilic au pubis, quelques centimètres de part et d'autre de la ligne médiale en faisant bien attention de ne pas léser les mamelles [3] puis appliquer du gel d'échographie mais, on peut se contenter de mouiller les poils avec de l'alcool surtout si le propriétaire est réticent à la tonte. On fera un examen complet de l'abdomen en suivant la ligne médiale puis, on s'attardera latéralement et plus caudalement afin d'éviter toute erreur d'interprétation due à des gaz dans l'intestin [20].

Chez le chat, on choisira une sonde de 7.5 ou 10 MHz car on a une image plus fine des structures et l'animal pesant moins de 4 kg, il n'est pas nécessaire d'avoir des ondes qui pénètrent plus profondément [40].

On réalisera un examen complet de l'utérus en inspectant le col puis le corps et les cornes. Pour les visualiser, il est plus simple de placer l'animal en décubitus dorso-latéral gauche pour voir la corne droite et inversement sinon, la position recommandée est celle que le manipulateur préfère. Chez la femelle non gestante, les cornes sont visibles, latéralement, sur les côtés droit et gauche de l'abdomen. On peut aussi rechercher les extrémités crânielles des cornes au pôle caudal de chaque rein [40]. Une vessie pleine ne gêne pas lors de l'examen, elle permet d'ailleurs de mieux visualiser l'utérus grâce au rapport entre les deux organes et le colon : le col, le corps et la bifurcation de l'utérus sont généralement dorsaux à la vessie et ventraux au colon descendant. Par contre, il est préférable que l'animal n'ai pas un contenu intestinal trop important [3].

d Résultats

L'utérus non gravide n'est normalement pas observable mais il arrive qu'on en distingue certaines portions sous forme de structures hypoéchogènes circulaires en coupe transversale ou tubulaires en coupe longitudinale avec une lumière comportant des lignes hyperéchogènes qui matérialisent les épaisissements de sa paroi. L'utérus se différencie des intestins par l'absence de péristaltisme ou de gaz dans sa lumière mais, cela reste délicat [3, 35].

Rappelons que le jour de la première saillie correspond au jour 0 de la gestation.

a Le diagnostic de gestation

Le diagnostic de gestation repose sur la visualisation d'une vésicule embryonnaire. La vésicule embryonnaire est une structure circulaire dorsale à la vessie, remplie de liquide anéchogène [32].

En cas de diagnostic négatif, il faut recommencer l'examen ultérieurement (une semaine plus tard [4]) car il se peut que le conceptus soit trop petit pour être visible au début. Chez le chat, ce diagnostic a été établi dès la 3^{ème} semaine de gestation avec une sonde de 3,5 MHz par MAILHAC et al. [27] en 1980. Cette sonde, estimée mal adaptée à une exploration plus profonde de l'abdomen, a été remplacée par une sonde de 7,5 MHz qui permet d'établir **un diagnostic positif dès 15 jours de gestation** [20, 32]. Dans la littérature scientifique [12, 40, 41], les auteurs ont détecté le conceptus **dès 10 à 14 jour après le premier coït** et une hypertrophie de l'utérus peut être observable 4 jours après le coït mais, il est recommandé de réaliser un diagnostic échographique précoce autour de **16 à 20 jours de gestation** [10] car, avant, les risques d'erreurs sont élevés.

L'embryon est observable dès 10 jours sous la forme d'un point hyperéchogène accolé au placenta d'après ZAMBELLI et al. [41] puis, **L'embryon apparaît** comme une zone linéaire d'échogénicité moyenne dans la lumière de la vésicule **entre 14 et 17 jours** [12, 32, 41] avec une sonde de 7,5 MHz alors que MAILHAC et al. [27] ne le voyaient pas avant la 5^{ème} semaine et BARR [4], avant 28 jours.

β La taille de la portée

La taille de la portée est difficile à obtenir par échographie car il n'est pas possible d'avoir une vue d'ensemble de l'utérus. Au début de la gestation, la taille de la portée peut être sous estimée car les conceptus sont de petite taille, quelques uns ne sont pas détectés et du gaz contenu dans les intestins peut être pris pour une vésicule embryonnaire [20]. Plus tard dans la gestation, les fœtus grandissent jusqu'à se toucher, le liquide des annexes fœtales diminue accentuant encore plus le contact entre les foetus. Il est alors difficile de distinguer la corne gauche de la corne droite et les conceptus se chevauchent. De plus, la taille d'un fœtus devient supérieure à la largeur de l'image échographique. On obtient alors des coupes des fœtus : il est facile de surestimer la taille de la portée en comptant plusieurs coupes d'un même individu.

En tenant compte de tous ces phénomènes, il a été établi que la meilleure période pour estimer la taille de la portée est de **28 à 35 jours après le premier coït d'après KEALY et Mac ALLISTER** [20] et **23 à 33 jours d'après POULSEN NATRUP et al.** [32] même s'il peut se produire des résorptions embryonnaires occasionnant des erreurs par excès [18].

γ L'âge gestationnel et la planification de la mise bas

L'échographie peut-être réalisée pour estimer la durée de gestation en se basant sur l'anatomie et la taille de l'embryon puis, du fœtus ainsi que le nombre de conceptus. En ce qui concerne l'anatomie, on cherche la date d'apparition des annexes embryonnaires et des organes mais, on réalise aussi des mesures comme le diamètre bipariétal et le diamètre abdominal transverse au cours de la période foetale.

○ Au cours de la période embryonnaire

Entre **J15 et J17**, l'**embryon** est visible dans la vésicule embryonnaire sous forme d'une zone linéaire d'échogénicité moyenne [32] alors que BARR [5] ne l'avait observé qu'à J28. Une étude récente à même prouvé que l'on pouvait détecter l'embryon dès 10 jours de gestation [41].

Le placenta est d'abord visible sous la forme d'un feuillet hyperéchogène assez large et circulaire. Il devient ensuite discontinu avec deux feuillets hyperéchogènes séparés par une lame hypoéchogène au niveau du chorion villositéux et un feuillet hyperéchogène au niveau du chorion lisse [32, 41].

Les annexes embryonnaires ne sont visibles qu'entre J21 et J24 d'après DAVIDSON et al. [12] contre 18 à 20 jours pour ZAMBELLI et al. [41]. Elles sont observables sous forme de zones échogènes linéaires en contact avec l'embryon, dans la lumière de la vésicule embryonnaire [12]. La vésicule vitelline diminue rapidement de taille au profit de l'allantoïde. L'amnios reste accolé contre l'embryon puis, le fœtus tout au long de sa croissance. Le cordon ombilical est visible sous forme d'une ligne hyperéchogène [32]. Les annexes se distinguent de l'embryon par la présence des battements cardiaques de ce dernier [32].

Le cœur est détectable dès 17 jours par les contractions rapides de ses parois hyperéchogènes [32]. Ce n'est qu'autour de 40 jours que l'on en distingue les 4 cavités [32].

DAVIDSON et al. [12], PAILLET [31] et ZAMBELLI et al. [41] ont mesuré les vésicules embryonnaires jusqu'à J15 puis, l'embryon de J15 à J26. Ces mesures sont rapportées dans le tableau suivant :

Tableau 8 : Longueurs des vésicules embryonnaires de chattes [31]

Age gestationnel (jours)	Longueur (cm)
15	0,5
16	0,7-0,75
17	1,05-1,1
18	2,05
20	1,8-2,0
21	2,05-2,2
22	2,25-2,3
23	2,65-2,7
24	2,8-2,9
25	3,0

On peut noter certaines variations entre les auteurs concernant ces mesures d'une part, car l'épaisseur du placenta n'est pas toujours comptée [42] d'autre part, car la vésicule embryonnaire peut-être ovoïde, la mesure de son diamètre dépendant alors du plan de coupe de la sonde échographique.

○ Au cours de la période fœtale

Comme nous l'avons vu précédemment, elle commence au 25^{ième} jour de gestation. **Entre 25 et 28 jours, on peut différencier la tête du corps du fœtus** [18]. DAVIDSON et al. [12] les différencient à 26 jours. La tête et le corps sont alors deux structures circulaires d'échogénicité moyenne accolées. Le corps est identifiable grâce aux battements cardiaques et aux développement des membres [32].

Pendant la seconde moitié de la gestation, les organes du fœtus sont très facilement reconnaissables. Leurs descriptions sont ici explicitées par ordre chronologique d'apparition [32]:

- **l'estomac** apparaît comme une zone anéchogène caudale au foie, dès 32 jours de gestation. C'est l'organe le plus caractéristique de l'abdomen,
- **la vessie** est visible quelques jours après l'estomac. Elle est située dans l'abdomen caudal sous la forme d'une aire anéchogène de taille variable,
- **les poumons** sont des structures hyperéchogènes qui entourent le cœur dans le thorax. Latéralement, ils sont encadrés par les côtes. Caudalement, ils sont séparés du foie par le diaphragme,
- **le foie** est visible dans l'abdomen crânial comme une structure, finement granuleuse, d'échogénicité moyenne,
- **les gros vaisseaux**, comme l'aorte ou la veine cave caudale, sont visibles dans le dernier tiers de la gestation. Ils ont le même aspect que chez l'adulte (structures tubulaires anéchogènes entourées d'une paroi hyperéchogène). Les petits vaisseaux, comme l'artère ombilicale, sont difficilement observables en mode bidimensionnel. Le recours au Doppler couleur est ici d'une grande aide,
- **les reins et les intestins** sont visualisables dans le dernier tiers de gestation si les conditions d'observations sont optimales, leur échogénicité étant proche.

La minéralisation du squelette est à l'origine d'ombres acoustiques après 36 jours de gestation [32]. La réflexion des ondes à l'interface tissus mous/os dépend de l'importance de la minéralisation. Ainsi, au début de l'ossification, les os sont hyperéchogènes puis, à la fin de la gestation, on remarque de plus en plus d'ombres acoustiques [32].

**Tableau 9 : Date d'apparition des différents organes à l'échographie d'après
POULSEN NAUTRUP [32] et ZAMBELLI et al. [41]**

caractéristiques	Date de détection moyenne (jours de gestation)	Premier et dernier jours de détection
Vésicule embryonnaire	10	10-11
Vésicule vitelline	10	10-11
Séparation allantoïde/vésicule vitelline	20	19-21
Amnios	20	20-21
Cordon ombilical	25	20-30
Activité cardiaque	16-17	16-18
Distinction tête/corps	21	23-26
Bourgeons des membres	26	24-27
Mouvements	28	27-30
Estomac	30	30-32
Vessie (ponctiforme)	30	29-32
Distinction poumons/Foie	30	29-32
Diaphragme	50	50-56
Intestins	54	52-56
Reins (cortex et médulla)	50	48-50
Gros vaisseaux	41	34-48
4 cavités cardiaques	40	38-42
Minéralisation du squelette	30	30-33
Colonne vertébrale	40	35-40

Dans ce tableau, nous avons regroupés les résultats les plus précoces concernant la détection des différentes structures en comparant deux études expérimentales.

Outre les critères anatomiques, la taille du fœtus est aussi un indicateur de stade de la gestation. DAVIDSON et al. [12] et ZAMBELLI et al. [42] mesurent **la longueur crânio-caudale** qui correspond au plus grand axe du fœtus en excluant les membres, dès J28. Cette mesure s'effectue du point le plus rostral du crâne à la base de la queue et permet de suivre la croissance fœtale sans la corréler au stade de gestation.

Il existe d'autres mesures comme le **diamètre bipariétal (BIP)** qui ne peut s'obtenir que lorsque la tête est bien différenciée c'est-à-dire entre 25 et 28 jours de gestation chez la chatte [18].

Enfin, on peut mesurer le **diamètre abdominal transverse (DAT)** d'après une coupe transversale de l'abdomen au niveau de l'estomac, du foie et du cordon ombilical. Elle est elle aussi obtenue dès J25 à J28 chez la chatte. Ce second diamètre est moins fiable que le premier car il est difficile à obtenir.

A partir de mesures répétées de ces deux diamètres jusqu'à la fin de la gestation, des équations moyennes de régressions ont été réalisées par BECK et al. [6] en les rapportant au nombre de jours avant la mise bas ou jours pré-partum (JPP):

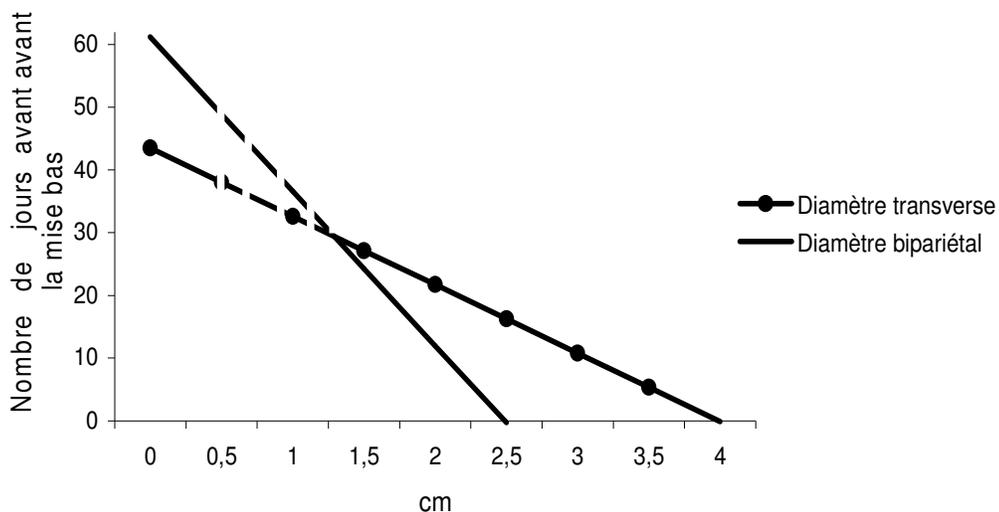
$$\text{JPP} = 61,2 - 24,6(\text{BIP})$$

$$\text{JPP} = 43,5 - 10,9(\text{DAT})$$

Ces droites de régressions linéaires sont représentatives de la distribution des mesures au cours de la période étudiée, soit de JPP38 à la mise bas. Dans cette étude, il est impossible de les mesurer avant, la tête et le corps n'étant pas distinguables (voir figure 20).

Figure 20 : Equations moyennes de régression pour le diamètre bipariétal (BIP) et le diamètre abdominal transverse (DAT) chez la chatte rapportés aux jours pré-partum [40]

(Les portions de droites en pointillées indiquent l'impossibilité de différencier la tête du corps par échographie)



D'après MATTOON et NYLAND [28], on obtient d'autres droites de régressions linéaires, cette fois en fonction de l'âge gestationnel GA :

$$GA=25(BIP) +3$$

$$GA=11(DAT) +21$$

Ces équations ne sont valables qu'après 40 jours de gestation.

δ La viabilité des fœtus

Elle repose sur la détection des organes et de leurs mouvements, en particulier du cœur.

VERSTEGEN et al. [39] ont établi que **l'activité cardiaque est détectable dès 18 jours de gestation** avec une sonde de 7,5MHz.

La fréquence cardiaque est estimée à **228 ± 35,5 bpm** chez un fœtus sain. DAVIDSON et al. [12] ont mis en évidence une **activité cardiaque dès 16 jours**. La visualisation de l'activité cardiaque est due aux mouvements des valvules et des parois. Une modification de cette fréquence cardiaque est un signe de souffrance fœtale et un arrêt cardiaque témoigne bien entendu de la mort du ou des fœtus.

On remarque **les premiers mouvements fœtaux à 28 jours de gestation**, au début il s'agit de mouvements simples (mobilisation de la tête par rapport au tronc, agitation du corps) puis, ils deviennent de plus en plus complexes : le fœtus tend ses membres, met ses pattes dans sa bouche, ou réalise les mouvements de toilette visibles chez l'adulte comme le passage de ses membres antérieurs derrière sa tête [18, 19].

Les signes de mortalité sont visibles dans les 24 heures suivant le décès avec la perte des caractères reconnaissables comme la tête et les membres. Une masse ovoïde se forme, d'échogénicité hétérogène, avec une diminution des annexes et de la taille globale de l'ampoule. On peut aussi observer des images d'involution utérine si les fœtus sont expulsés [12, 18].

ε Les dystocies

L'échographie ne permet pas de connaître précisément la position des fœtus dans l'utérus. Pour cela, il faudrait visualiser les cornes sur toute leur longueur ce qui est délicat d'autant plus qu'elles se replient dès la 6^{ième} semaine [27].

D'autre part, les gestations pathologiques sont rares chez la chatte ce qui limite l'intérêt de l'examen échographique dans l'espèce féline par rapport à la radiographie [27].

C Synthèse des méthodes de diagnostic les plus employées et leurs résultats en fonction du stade de gestation

Les méthodes de diagnostic et de suivi de la gestation dans l'espèce féline les plus utiles sont la palpation, la radiographie et l'échographie. Ces méthodes ont toutes des avantages et des inconvénients liés à la technique mais aussi au stade de gestation, comme cela est détaillé dans le tableau 10.

Tableau 10 : Intérêts des différentes méthodes de diagnostic

Méthode	Diagnostic fiable (jours de gestation)	Taille de la portée	Viabilité	Dystocie	Planification de la mise bas
Palpation	24-30	0/+	0/+	+	0
Radiographie abdominale	45	+++	0/+	+++	++
Echographie abdominale	15-17	++	+++	+	+++

0= impossible à estimer ; += difficile à estimer ; ++= résultats moyens ; +++= meilleure technique d'estimation

Le diagnostic de certitude le plus précoce est obtenu par échographie, il est cependant dépendant de l'opérateur: certains praticiens préféreront revoir l'animal une semaine plus tard et la palpation peut ainsi s'avérer une méthode compétitive.

La taille de la portée doit être estimée par radiographie. En effet, compter les crânes est la méthode conduisant à un nombre d'erreurs minimal car, contrairement à l'échographie, le cliché donne une vue d'ensemble de l'utérus et on ne risque donc pas de compter plusieurs fois le même fœtus. Cependant, pour des portées de petite taille (inférieure à 4 chatons), l'échographie reste un bon moyen de dénombrement. L'estimation de la taille de la portée par palpation est presque impossible (sauf sur de petites portées) car il est difficile de maintenir toutes les ampoules fœtales entre ses doigts en même temps ce qui conduit à des erreurs par excès.

Seule l'échographie permet de voir des signes irréfutables de vie (battements cardiaques et mouvements) ou de souffrance fœtale qui sont des paramètres cruciaux à suivre

en cas de gestation compliquée (trauma de la mère, part dépassé,...). La viabilité des fœtus n'est détectable à la palpation que lorsqu'ils bougent mais les mouvements étant inconstants et le dénombrement des fœtus étant très aléatoire cette méthode n'est pas envisageable. La radiographie met en évidence la mort fœtale une fois le squelette ossifié mais, elle ne garanti en aucun cas la viabilité des chatons dans l'utérus.

Concernant la détection des dystocies, la radiographie est là encore un examen complémentaire de choix puisqu'elle permet de voir la position relative du fœtus et de la filière pelvienne et de déceler une éventuelle impossibilité du fœtus à sortir compte tenu de sa taille par rapport au diamètre du détroit pelvien. Les dystocies liées à une malposition fœtale ou une angustie pelvienne ne sont pas évaluables par palpation sauf en cas de fœtus coincé dans la filière pelvienne. L'échographie ne permet pas non plus facilement d'objectiver si un fœtus se présente mal ou s'il est trop grand pour passer car elle ne donne pas un aperçu de toute la portion d'abdomen concernée.

La planification de la mise bas la plus précise est établie par échographie avec la mesure du BIP, du DAT et de la visualisation des organes. Bien que les stades d'ossifications visibles à la radiographie soient bien étudiés, cette méthode n'en demeure pas moins peu précise. La palpation n'est d'aucune aide dans ce domaine, étant difficile en fin de gestation.

La comparaison des ces trois méthodes d'exploration de la gestation révèle l'intérêt prépondérant de l'échographie pour un diagnostic précoce de gestation et son suivi. Les données fournies par la littérature méritent d'être étudiées de plus près afin de vérifier les bénéfices de cette technique en clientèle.

PARTIE 2 : ETUDE EXPERIMENTALE

Après avoir rappelé les points fondamentaux de l'embryologie féline et les principes de l'échographie, nous allons les confronter à travers une étude expérimentale. Il s'agit de suivre la gestation de chattes par échographie afin de confirmer ou d'infirmer les observations, concernant le développement embryonnaire et fœtal, réalisées lors d'études similaires. Nous détaillerons dans un premier temps le protocole expérimental suivi puis, nous expliciterons les résultats et leurs interprétations.

I Matériel et méthode

Afin de réaliser des diagnostics et des suivis de gestations par échographie, nous avons suivi des chattes reproductrices issues de différents élevages de la région Lyonnaise.

A Les animaux

L'étude a porté sur 5 chattes issues de différents élevages qui ont gracieusement accepté de participer à la réalisation de cette thèse. Il s'agit de:

- Ulwen Bunny-Paradise femelle Abyssine bleue de 3 ans, appartenant à l'élevage d'Ulunlaë et portant pour la seconde fois ;
- Violetta des Entrechats alias Vandolyn femelle Abyssine lièvre de 2 ans, appartenant à l'élevage d'Ulunlaë et portant pour la seconde fois ;
- Topaze du Royaume de la Bichonnerie femelle Persane de 3 ans, appartenant à l'élevage Del Padre Pinturo et portant pour la troisième fois ;
- Ushuaia de Millénium Star femelle Bengale de 2 ans et demi, appartenant à l'élevage d'Ushuaia et portant pour la seconde fois ;
- Vanille Blues Velvet's femelle Burmilla de 3 ans, appartenant à l'élevage de la Soie Lyonnaise et portant pour la troisième fois.

B Les examens échographiques

Le suivi des gestations a été assuré à l'aide d'un échographe portable ESAOTE modèle Pie Medical Aquila muni d'une sonde sectorielle de 5 et 7,5 MHz.

Les chattes, provenant d'élevages privés, n'ont pas été tondues à la demande des propriétaires. Seuls les poils d'une femelle à pelage long ont été raccourcis aux ciseaux. Pour établir une bonne surface de contact avec la sonde, le pelage ventral a été imprégné d'alcool et, dans certains cas (pelage long), de gel échographique avant chaque échographie.

Les échographies ont été réalisées toutes les 48 à 72 heures, afin de voir une évolution notable entre deux examens et ce, dès 11 à 12 jours de gestation, la littérature et le type de matériel utilisé ayant montré que les diagnostics de gestation ne pouvaient être réalisés avant. Les échographies ont été poursuivies jusqu'à la mise bas.

Lors de chaque examen, la chatte était placée en décubitus dorsal sur un coussin et maintenue par son propriétaire. L'alcool et le gel ont été appliqués sur l'abdomen de la femelle. L'échographie débutait par la visualisation de la vessie et du colon dans l'abdomen caudal, crânialement à la symphyse pubienne. Pour établir un diagnostic de gestation lors des premières échographies, nous avons recherché une dilatation utérine ou la présence des vésicules embryonnaires. Par la suite, pour estimer la taille de la portée, nous avons cherché à compter le nombre de conceptus avec la sonde de 5MHz qui permet d'observer une grande portion de l'abdomen grâce à son pouvoir de pénétration plus important que celui d'une sonde de 7,5MHz.

Le suivi du développement fœtal et embryonnaire, nécessitant une bonne résolution, nous l'avons réalisé avec la sonde de 7,5MHz. Au cours de la gestation, nous nous sommes attaché à la date d'apparition des annexes et des organes ainsi qu'à la croissance des fœtus en mesurant le diamètre bipariétal et le diamètre abdominal transverse. Ces mesures, obtenues à partir de coupes bien précises du fœtus, devaient être répétées pour être exploitables : il faut au minimum deux mesures du même paramètre chez deux fœtus différents au même stade pour une bonne fiabilité. Enfin, nous avons aussi suivi les paramètres vitaux des fœtus visibles à l'échographie comme la fréquence cardiaque et les mouvements.

Dans le cas de la chatte Ulwen, les échographies n'ont pu être réalisées qu'à 19 jours. Ainsi, son cas n'a pas été pris en compte dans l'établissement du diagnostic de gestation, l'apparition des annexes et le début de l'organogénèse.

Par ailleurs, aucun signe de dystocie n'ayant été observé, ce point n'est pas abordé dans l'étude expérimentale.

II Résultats et interprétations

Les résultats ont été étudiés en calculant les moyennes et les médianes relatives à chaque observation. Le nombre d'éléments observés étant important, nous ferons suivre chaque résultat par son interprétation pour une plus grande clarté de l'exposé.

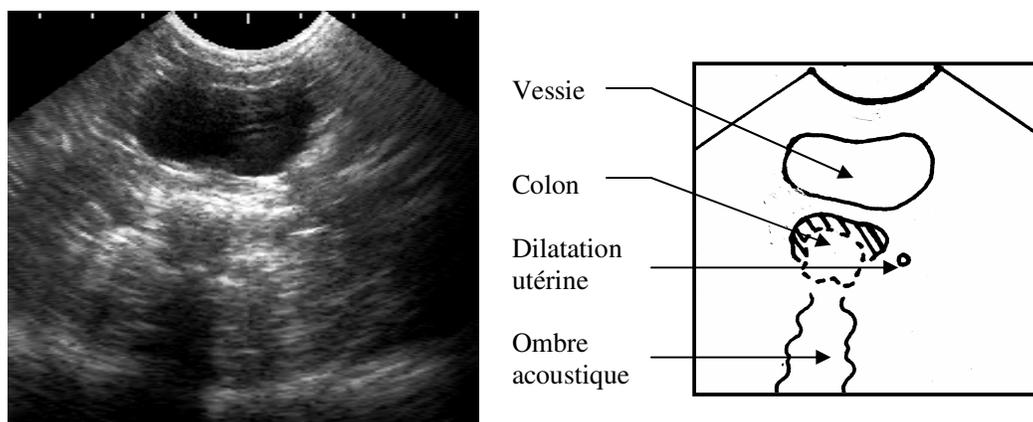
A Le diagnostic de gestation et la taille de la portée

1 Le diagnostic précoce

a La détection d'une dilatation utérine

La dilatation utérine a été observée chez 3 chattes sur 4 (Ulwen étant exclue) à 12, 13 et 14 jours de gestation. Nous avons observé une dilatation de l'utérus visualisable sur l'écran sous la forme d'un cercle anéchogène de petit diamètre situé entre la vessie et le colon (voir figure 21).

Figure 21 : Dilatation utérine : Ushuaia 13^{ième} jour



Ce signe diagnostique est peu fiable : cette image est difficile à observer (vessie vide, mauvais contraste chez les individus gras, confusion avec un intestin ou un vaisseaux,...) et n'est pas caractéristique d'une gestation. La dilatation utérine se retrouve en effet dans des pathologies utérines comme la métrite ou le pyomètre.

Nous pouvons néanmoins considérer que cette dilatation est en faveur de la gestation chez une femelle en bonne santé saillie depuis une douzaine de jours et plus.

b La visualisation d'une ou plusieurs vésicules embryonnaires

a Aspect échographique d'une vésicule embryonnaire

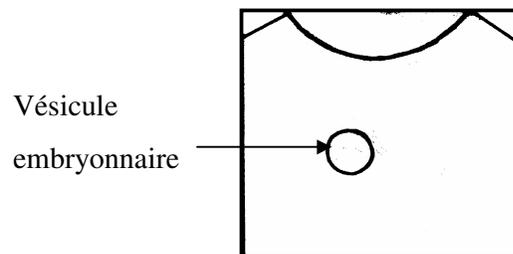
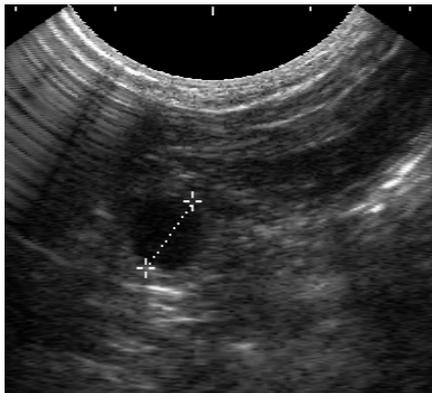
Une vésicule embryonnaire apparaît comme un cercle anéchogène, du fait de son contenu liquidien (voir figure 22), entouré de structures hypoéchogènes hétérogènes (intestins et leurs contenus), visibles dans le même plan de coupe que la vessie ou plus crânialement. Un renforcement postérieur la souligne sous la forme d'un arc de cercle hyperéchogène.

Il faut être attentif à ne pas confondre une coupe transversale d'intestin possédant un contenu liquidien avec une vésicule embryonnaire. Pour cela, nous avons réalisé une rotation de 90° de la sonde : si la structure observée était une anse intestinale, nous l'observerions alors en coupe longitudinale et nous pourrions donc la distinguer d'une vésicule embryonnaire. Nous pouvons aussi faire la différence en recherchant la présence du péristaltisme intestinal.

β Résultats

L'aspect caractéristique d'une vésicule embryonnaire est illustré par la figure suivante :

Figure 22 : Vésicule embryonnaire : Topaze 16^{ième} jour



Toute observation d'une ou plusieurs de ces vésicules est le signe incontestable d'une gestation. Ces vésicules ont été observées chez toutes les chattes entre 15 et 17 jours de gestation comme le démontre le tableau suivant :

Tableau 11 : Date de diagnostic précoce de gestation chez la chatte

(Basé sur 4 chattes, Ulwen étant exclue)

Jour de gestation	15	16	17
Nombre de chattes gestantes	1	2	1
Pourcentages cumulés	25%	75%	100%
Moyenne	16		
Médiane	16.3		

γ Interprétations

D'après les échographies réalisées dans cette étude, nous avons eu un diagnostic de gestation sûr chez **100% des chattes à 17 jours de gestation.**

Dans la pratique, la certitude d'avoir un diagnostic fiable de gestation à 17 jours est à nuancer : souvent, le propriétaire ne connaît pas le jour exact de la saillie, il faut donc majorer de quelques jours cette date pour être sûr d'établir un diagnostic négatif dans le cas d'une gestation non désirée ou positif dans le cas contraire.

2 La taille de la portée

a Méthode de dénombrement des conceptus

Dès le diagnostic de gestation établi, il est possible de chercher à estimer la taille de la portée en comptant les conceptus. Selon le stade de la gestation, le choix de la sonde permet un meilleur dénombrement.

Au début de la gestation, nous avons utilisé la sonde de 7,5 MHz afin d'éviter toute confusion entre les vésicules embryonnaires et d'autres organes abdominaux (intestins,...). A ce stade, nous ne pouvions différencier les vésicules embryonnaires les unes des autres et il était possible de les compter plusieurs fois ou de ne pas toutes les voir. Par la suite, les fœtus n'étant pas orientés dans le même sens, nous obtenions des plans de coupes différents de chacun, il était alors plus facile de ne pas les confondre. Lorsqu'ils étaient encore de petite

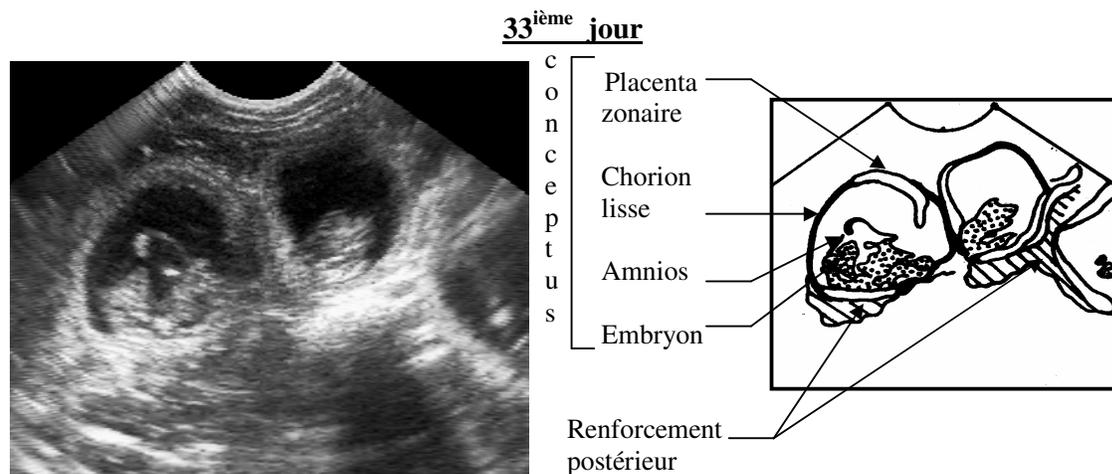
taille, la sonde de 7,5 MHz permettait de bien les différencier car leur taille est agrandie à l'écran mais, dans le dernier tiers de la gestation, la taille des fœtus et la diminution du volume du liquide fœtal étaient à l'origine d'erreur de dénombrement par excès. Il était alors judicieux d'utiliser la sonde de 5 MHz pour couvrir une plus grande surface de l'utérus et donc voir plus de conceptus entiers en même temps (voir figure 23).

Enfin, un examen raisonné de l'abdomen caudal à l'abdomen crânial, à l'aide de la sonde de 5 MHz puis, de celle de 7,5MHz, nous a évité de compter plusieurs fois le même fœtus grâce à la position relative des conceptus entre eux et à la continuité des embryons ou des annexes.

b Résultats

La figure 23 montre 3 conceptus facilement individualisables, la circonférence de leur placenta étant presque observée dans son intégralité.

Figure 23 : Vue d'ensemble des conceptus avec la sonde de 5MHz : Vandolyn



Sur les 5 chattes, l'échographie a permis d'obtenir la taille exacte de la portée de 4 d'entre elles soit 80% comme le montre le tableau 12. Cet examen complémentaire paraît donc être un moyen fiable d'estimer la taille de la portée malgré la petite taille de l'échantillon.

Tableau 12 : Estimation de la taille de la portée par échographie au cours de la gestation

Chatte	Ulwen	Topaze	Ushuaia	Vandolyn	Vanille
Taille estimée*	4	5	4	3	5
Fiabilité ** (%)	70	57	83	91	61
Taille réelle	5	5	4	3	5

* La taille estimée est le nombre de fœtus le plus fréquemment compté durant la gestation d'une chatte donnée

** La fiabilité correspond à la taille estimée multipliée par le nombre de fois où on l'a comptée et divisée par le nombre d'échographies réalisées sur chaque chatte une fois le diagnostic de gestation établi

c Interprétations

Nous avons remarqué que la valeur de la fiabilité donnée pour des portées de plus de 5 chatons est proche des 60%, contre 80 à 90% pour les portées de 4 chatons et moins, et que nous avons même commis une erreur de dénombrement pour une portée de cette taille : la taille exacte de cette portée n'a été comptée que 5 fois au cours de la gestation de la chatte Ulwen ce qui correspond à une fiabilité de 25% seulement.

De plus, pour les portées de 4 chatons et moins, la taille estimée correspond très tôt à la taille réelle puisque dès 19 jours Nous comptons le bon nombre d'embryons, sans hésitation, pour la portée de 3 chatons et dès 21-22 jours pour les portées de 4 chatons. Pour les portées de 5 chatons, il faut attendre 30 jours minimum de gestation: le bon nombre de conceptus a été détecté à 30 et 34 jours de gestation, respectivement, pour les portées de Vanille et de Topaze.

Ainsi, on peut en conclure que l'échographie est une bonne technique pour estimer la taille des petites portées sachant que plus la taille de la portée est grande, plus les risques d'erreurs sont importants et plus le dénombrement est tardif.

Cependant, nous nous plaçons ici dans un cas particulier puisque les chattes ont été échographiées de nombreuses fois. Dans le cas d'une échographie ponctuelle, déterminer la taille de la portée paraît donc plus difficile, le risque d'erreur augmentant avec le nombre de fœtus.

La fiabilité de l'estimation de la taille de la portée lors d'une seule échographie correspondrait donc au nombre de fois où l'on a compté le nombre exact de conceptus, toutes chattes confondues, divisé par le nombre total d'échographies réalisées dans cette étude une fois le diagnostic de gestation établi soit 66%.

Le dénombrement est donc peu fiable par échographie avec presque 1 chance sur 3 de se tromper.

3 Récapitulatifs et discussion des résultats obtenus

Le diagnostic de gestation par échographie chez la chatte est un acte simple et d'une grande fiabilité quelque soit le manipulateur et l'animal : la vésicule embryonnaire possède un aspect caractéristique que l'on ne peut pas confondre avec une autre structure et son anéchogénicité la rend visible même chez les femelles grasses. Il suffit de prendre pour repère la vessie et le colon et de rechercher des vésicules à partir de ces structures en se dirigeant crânialement.

Le diagnostic de gestation dépend par contre de l'échographe employé et notamment des sondes : une sonde d'une plus grande fréquence (10MHz) permettrait un diagnostic plus précoce. Ainsi, dans cette étude, **le diagnostic de gestation est établi à 17 jours de gestation chez 100% des chattes** mais, avec certains appareils plus anciens, il faudra peut-être attendre jusqu'à 20 jours : seuls 25% des diagnostics de gestation sont établis à 16-17 jours d'après CHETBOUL et al. [10]. A l'inverse, le diagnostic de gestation peut-être établi dès 10 jours avec un bon appareil [41].

L'échographie n'est pas la meilleure technique d'estimation de la taille de la portée puisqu'elle a été correcte dans seulement 66% des cas. De plus, plus le nombre de chatons augmente, plus elle est difficile à estimer.

Dans la littérature [18], la période optimale pour estimer la taille de la portée s'étend selon les auteurs de 22 à 35 jours. Cela qui correspond à notre étude où dès 21-22 jours nous avons dénombré les foetus des portées de 4 chatons et moins sans erreur. Cependant, il a fallu attendre 34 jours pour une estimation plus fiable des portées plus nombreuses. Nous retiendrons donc, dans le cadre d'une activité pratique, que **l'estimation de la taille de la portée doit être envisagé de 25 à 35 jours.**

B Le développement embryonnaire et foetal: estimation du stade de gestation et de la viabilité des fœtus

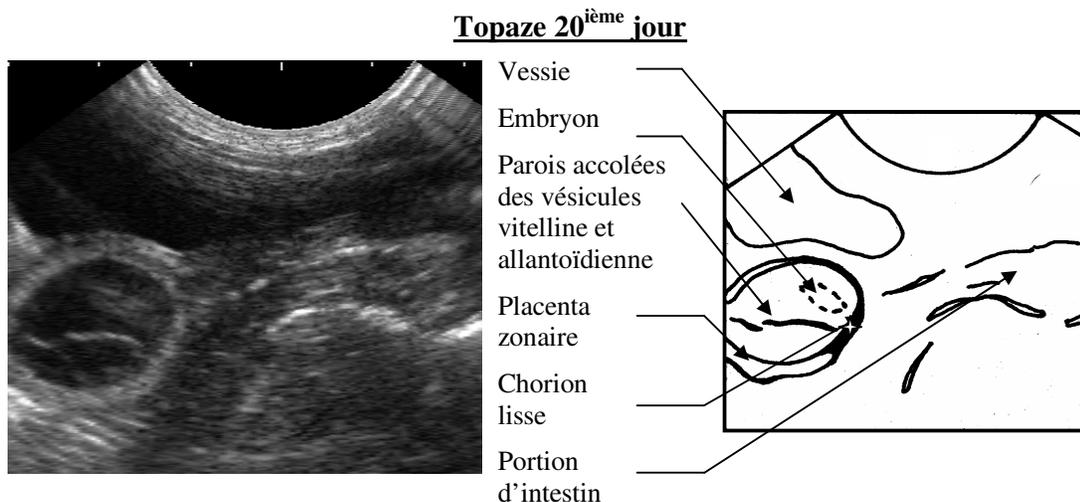
1 Le développement des annexes embryonnaires

Les annexes embryonnaires (placenta, amnios, allantoïde et vésicule vitelline) sont visibles sous forme de lignes échogènes.

a Le placenta

Nous l'avons visualisé dès le jour du diagnostic de gestation : il est alors composé d'un feuillet hyperéchogène. Vers 20 jours, nous avons noté une discontinuité du placenta composé du chorion lisse (feuillet hyperéchogène) et du chorion vilieux (deux feuillets hyperéchogènes entourant une lame hypoéchogène) qui délimitent la vésicule embryonnaire (voir figure 24). Le placenta prend alors la forme caractéristique d'un citron comme on peut le constater sur la figure 25.

Figure 24 : Placenta discontinu, allantoïde et vésicule vitelline :

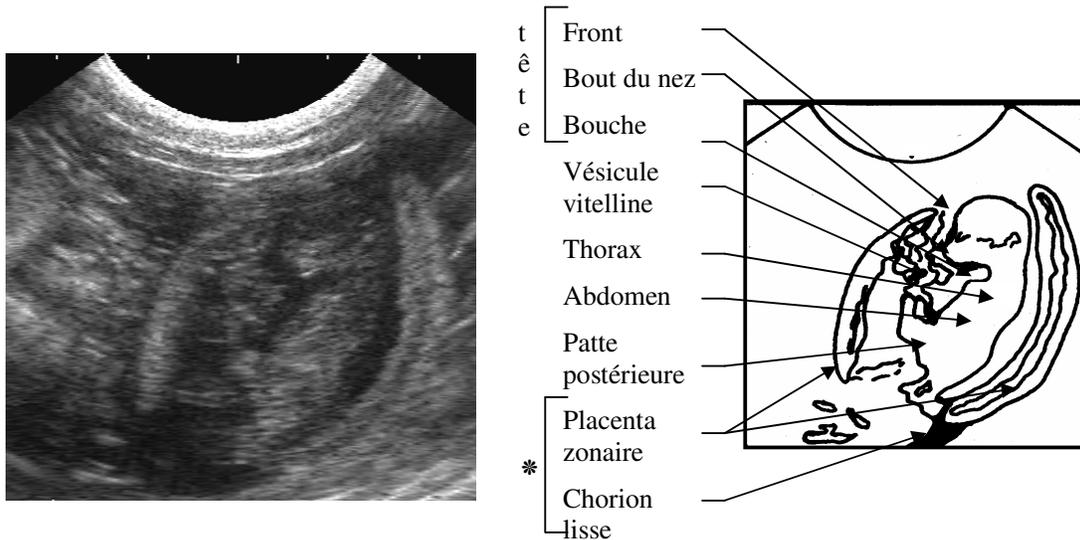


Par la suite, **autour de 25 jours, nous avons parfaitement distingué le placenta zonaire**, qui entoure l'embryon sur toute sa longueur, du chorion lisse (voir figure 25). Le placenta garde cet aspect pendant tout le reste de la gestation. Cependant, **à partir de 35**

jours de gestation, il était difficilement observable dans sa globalité du fait de sa grande taille.

Figure 25 : Chorion lisse, placenta zonaire et embryon en coupe longitudinale :

Ulwen 31^{ème} jour



* Forme en citron

b L'amnios, l'allantoïde et la vésicule vitelline

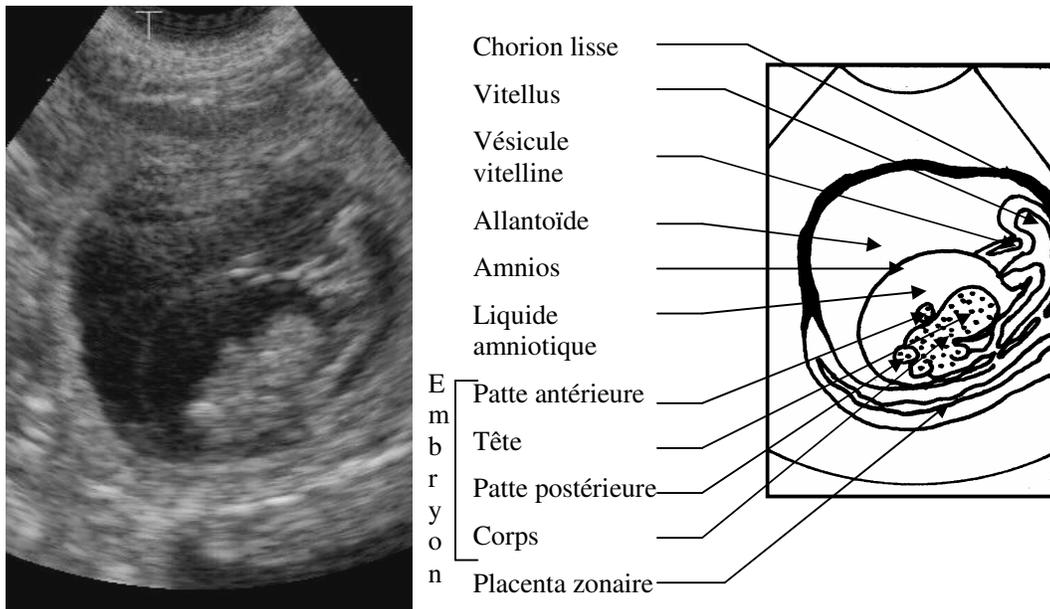
α Aspect échographique

La vésicule vitelline est apparue comme un sac aplati entre l'amnios et le chorion dont la taille varie au cours de la gestation. L'amnios, sphérique, entourait l'embryon sous la forme d'une fine ligne d'échogénicité moyenne comme l'a décrit PAILLET [31]. La séparation entre l'allantoïde et la vésicule vitelline était visible sous la forme d'un feuillet échogène partageant la vésicule en deux moitiés (voir figure 24). Ces annexes sont visibles sur la figure 26.

β Date d'apparition et interprétation des résultats

Nous détaillerons d'abord la date d'apparition de la vésicule vitelline et de l'allantoïde puis celle de l'amnios que nous pouvons observer sur la figure 26.

Figure 26 : Amnios et vésicule vitelline : Topaze 27^{ième} jour



- La vésicule vitelline et l'allantoïde :

La vésicule vitelline a été observée dès le diagnostic de gestation au 15^{ième} jour.

Dans cette étude, la date la plus précoce de la détection de la séparation entre la vésicule vitelline et l'allantoïde est le 18^{ième} jour. **Au 22^{ième} jour, ces annexes étaient visibles chez la majorité des chattes** (voir tableau 13).

Tableau 13 : Date d'apparition des annexes embryonnaires

Jour de gestation	18	19	21	22	25
Annexes visibles	1	1	1	1	1
Pourcentages cumulés	20%	40%	60%	80%	100%
Moyenne (jours)	21				
Médiane (jours)	22,1				

Ces résultats correspondent avec ceux publiés dans des études précédentes [18].

- L'amnios :

Nous n'avons pu observer l'amnios qu'à partir de 23 jours.

Cependant, l'amnios apparaît avec l'embryon : PAILLET [31] rapporte que l'on peut voir l'amnios dès 19 jours de gestation. Ce retard à la visualisation peut s'expliquer par la finesse de la structure qui la rend difficilement observable si la qualité d'image n'est pas optimale.

γ Evolution de l'amnios, l'allantoïde et la vésicule vitelline au cours de la gestation

L'amnios, sphérique pendant la période embryonnaire, croît moins rapidement que le fœtus auquel il se retrouve vite accolé (voir figure 29).

L'allantoïde se développe rapidement : à 20 jours elle occupe la moitié de la vésicule embryonnaire puis, elle ne cesse de croître jusqu'à la moitié de la gestation. Ensuite, elle régresse, repoussée par le fœtus en croissance.

Lors du diagnostic de gestation, la vésicule vitelline occupe toute la vésicule embryonnaire (voir figure 22, page 87) puis, elle régresse au cours de la gestation. Vers 20 jours, elle en occupe la moitié (voir figure 25, page 93), après 24 jours, moins du tiers (voir figure 27) et, au-delà de 33 jours elle subsiste sous la forme d'un sac aplati, ventral au fœtus, qui s'étend d'une extrémité à l'autre de l'ampoule fœtale (voir figures 28 & 29, page 96).

Figure 27 : Coupe transversale du fœtus et de la vésicule vitelline :

Ushuaia 24^{ième} jour

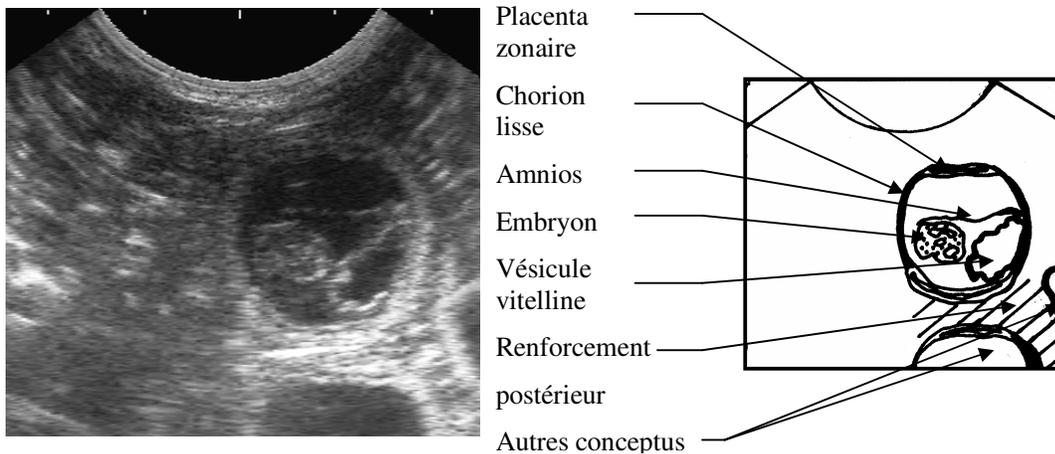


Figure 28 : Coupe transversale de l'embryon passant par le cordon ombilical :

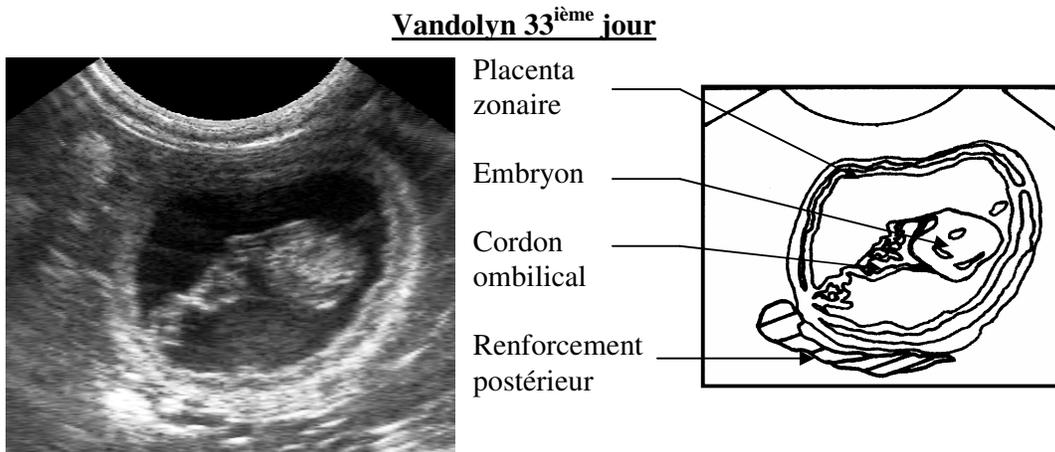
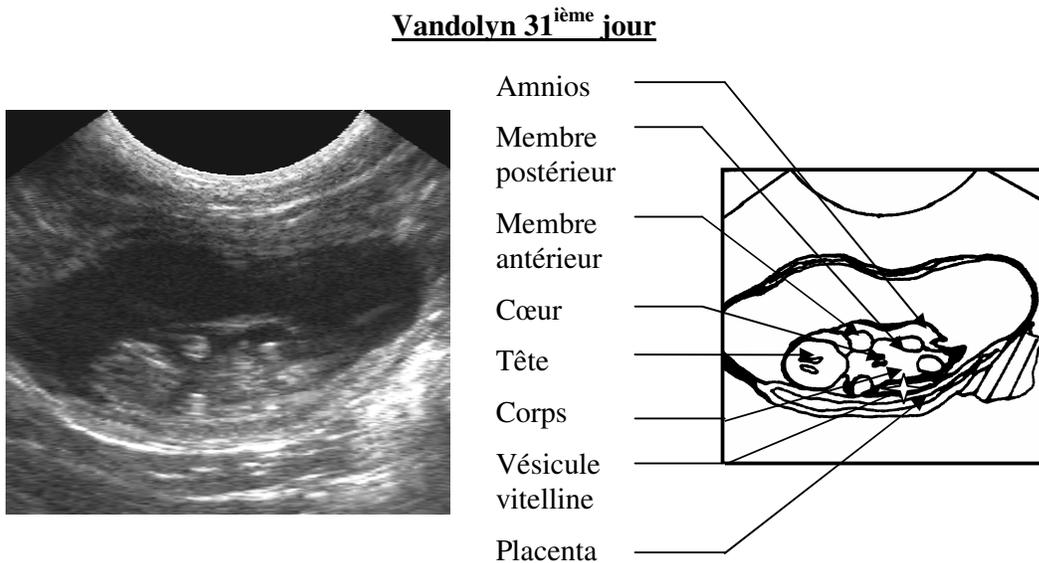


Figure 29 : Coupe longitudinale du fœtus couché sur la vésicule vitelline :

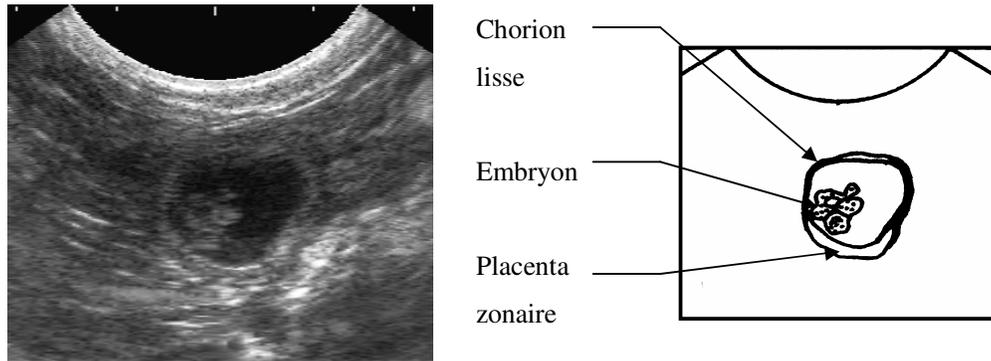


2 La visualisation de l'embryon

a Aspect échographique

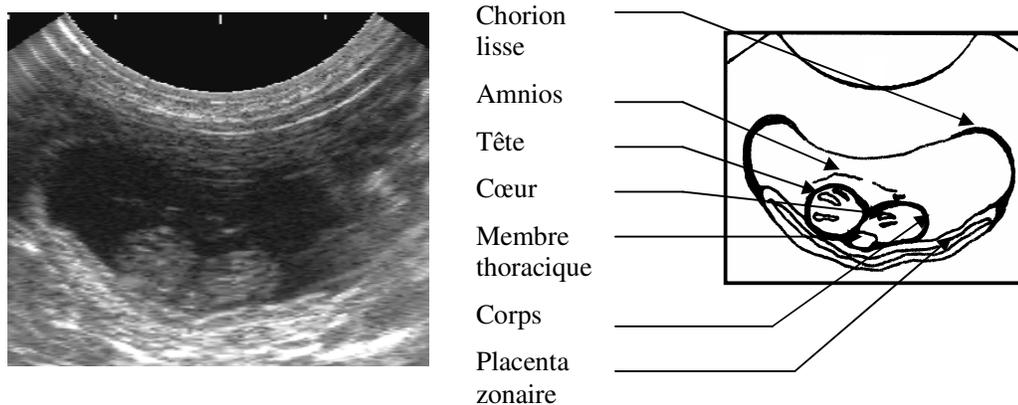
En début de gestation, l'embryon était juste visible sous la forme d'un point hyperéchogène accolé au placenta. Puis, il apparaissait comme une zone à bords irréguliers d'échogénicité moyenne dans la vésicule embryonnaire. Dans un premier temps, l'embryon était accolé au placenta et nous ne pouvions pas le distinguer de ses annexes (voir figure 30) puis, avec l'apparition de celles-ci vers le 22^{ième} jour, il s'est retrouvé en position plus centrale. Il était incurvé et sa tête différenciée.

Figure 30 : Embryon : Vandolyn 19^{ième} jour



Au-delà, l'embryon évolue morphologiquement avec la distinction de la tête et du corps. Il est alors qualifié « d'embryon en 8 » car il est visible sous la forme de deux disques accolés d'échogénicité moyenne comme on le voit sur la figure 31. A ce stade, le cœur était déjà visible. Il s'agit du critère le plus fiable pour identifier le corps. A l'échographie, nous avons souvent observé les bourgeons des membres antérieurs et postérieurs en même temps. Ils permettent eux aussi de repérer le corps dans ces cas là.

Figure 31 : « Embryon en 8 » : Vandolyn 24^{ième} jour



A l'échographie, « l'embryon en 8 » est la dernière image embryonnaire caractéristique. Au-delà, nous observons le fœtus et dès lors, il est intéressant de suivre l'organogenèse et la croissance fœtale afin de donner un « âge » au fœtus et de planifier la mise bas.

b Date d'apparition

Les embryons ont été observés très tôt au cours de la gestation, **dès le diagnostic de gestation dans 50% des cas** (voir tableau 14).

Tableau 14 : Date de visualisation des embryons

(Basé sur 4 chattes, Ulwen étant exclue)

Jour de gestation	15	16	18	19
Embryons visibles	1	1	1	1
Pourcentages cumulés	25%	50%	75%	100%
Moyenne (jours)	17			
Médiane (jours)	17.7			

Concernant la visualisation de « l'embryon en 8 », nous avons obtenu les chiffres du tableau suivant :

Tableau 15 : Date de visualisation de « l'embryon en 8 »

Jour de gestation	24	25	26
Embryons en 8	2	1	2
Pourcentages cumulés	40%	60%	100%
Moyenne (jours)	25		
Médiane (jours)	25,3		

c Interprétations

Lors des échographies, aucun embryon n'a été observé sous la forme d'un point hyperéchogène (image de l'embryon à 14 jours d'après ZAMBELLI et al. [41]) accolé à la paroi de la vésicule puisque aucune vésicule n'était visible avant 15 jours. Selon ZAMBELLI et al. [41], l'embryon est visualisé dès 16 jours de gestation contre 20 d'après CHETBOUL et al. [10].

Dans notre expérimentation, nous avons visualisé l'embryon à plus de 17 jours soit, dès le diagnostic de gestation.

Il apparaît aussi difficile de différencier l'embryon de ses annexes et voir sa forme incurvée avant 21 jours de gestation contre 18 pour ZAMBELLI et al. [41]. Cela peut

s'expliquer par la qualité de l'image qui est liée aux pouvoirs de résolution, de pénétration et à la focalisation : malgré des réglages des gains pour l'optimiser, elle est restée imprécise. De plus, les femelles n'étant pas tondues, des artéfacts dus à un mauvais contact entre la sonde et la peau ont diminué la résolution des images. Par contre, l'embryon se retrouve en position centrale dès 21 jours ce qui correspond bien au développement des annexes (voir paragraphe II B 1) et aux recherches scientifiques [41].

Comme cela est décrit dans les ouvrages [10, 18, 35, 41], « **l'embryon en 8** » a été **observé dans toutes les portées à 25-26 jours de gestation.**

Une fois la face et les membres formés, nous passons au développement foetal dont les points essentiels de l'organogenèse sont détaillés ci-après.

3 L'organogenèse

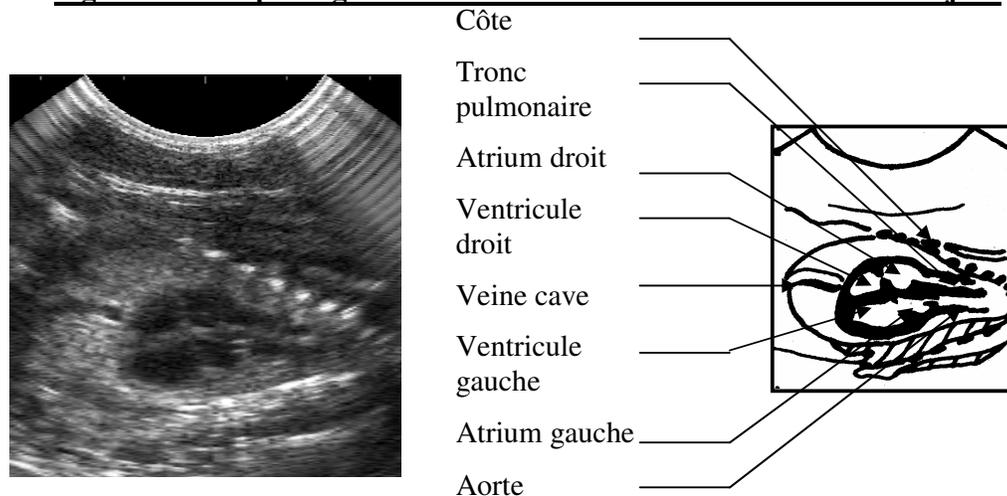
Nous n'aborderons pas ici la formation et la minéralisation des os qui sera traitée dans une autre sous partie mais, seulement la formation des organes constitués de tissus mous.

a Le cœur

a Aspect échographique

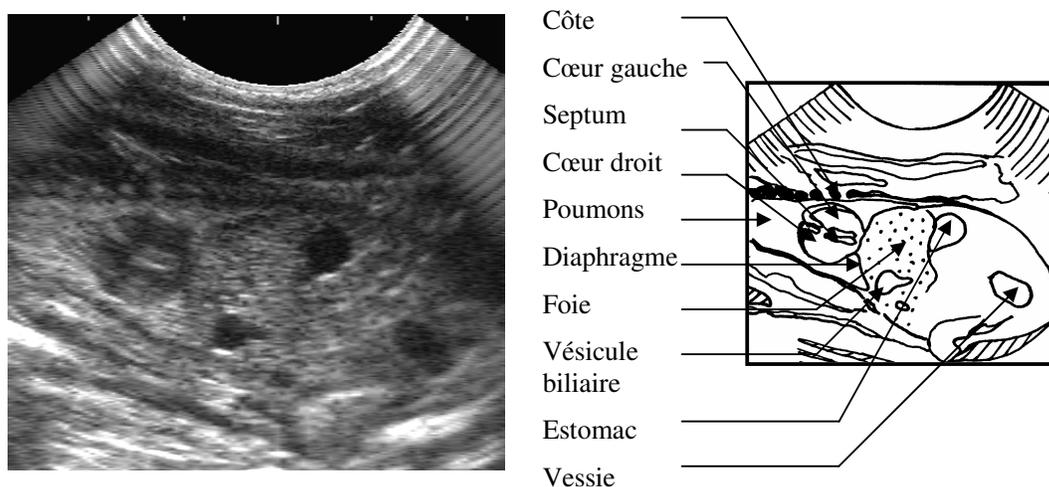
Le cœur est visible dès la période embryonnaire. Au début, il apparaissait comme deux feuillets parallèles hyperéchogènes qui se rapprochent et s'éloignent lors des contractions (voir figures 29 & 31, page 96 & 97) puis, vers 35 jours, nous avons vu le septum cardiaque et au-delà de 50 jours, nous observons les quatre cavités cardiaques sous la forme de zones anéchogènes entourées de feuillets hyperéchogènes qui se contractent comme sur les figures suivantes.

Figure 32 : Coupe longitudinale horizontale du cœur : Vanille 63ième jour



L'atrium droit et le ventricule droit sont séparés par la valve tricuspide, l'atrium gauche et le ventricule gauche par la valve mitrale et les valvules sigmoïdes sont aussi visibles sur cette image.

Figure 33 : Coupe longitudinale horizontale du corps : Ushuaia 53ième jour



β Date d'apparition

Il est observé dès 17 jours de gestation chez une seule chatte. Le tableau 16 détaille les différentes dates d'apparition du cœur.

Tableau 16 : Date d'apparition du coeur

Jour de gestation	17	18	19	20
Cœur	1	1	2	1
Pourcentages cumulés	20%	40%	80%	100%
Moyenne (jours)	18,6			
Médiane (jours)	19.1			

γ Interprétations

Il est possible de voir le cœur et ses battements dès 16-17 jours d'après ZAMBELLI et al. [41] contre 18 à 20 jours dans d'autres ouvrages [18, 35].

Dans cette étude, il est observé à 19 jours chez la majeure partie des fœtus ce qui peut s'expliquer, comme précédemment, par la qualité de l'échographe, et le fait que l'image soit meilleure chez des animaux maigres : la seule chatte chez qui nous avons observé le cœur des fœtus à 17 jours était mince. Cependant, il ne faut pas non plus négliger l'expérience de l'opérateur.

La valeur de la fréquence cardiaque sera abordée secondairement dans le paragraphe consacré aux signes de vie des fœtus.

b Les membres

α Aspect échographique

Au stade de bourgeons, les membres étaient visibles sous la forme de zones ovoïdes d'échogénicité moyenne entre la tête et le corps pour les membres thoraciques et à l'extrémité caudale du corps pour les membres pelviens (voir figure 29, page 96). Par la suite, ils se développent et il était alors possible de distinguer le stylo-pode, le zeugopode et l'autopode avec les doigts. Les os, tout d'abord cartilagineux, s'ossifient tardivement (voir figure 33). Les griffes sont aussi visibles, elles apparaissent sous forme de petits points hyperéchogènes à l'extrémité de chaque doigt sur la figure 34.

Figure 34 : Profil de fœtus : Ushuaia 41ième jour

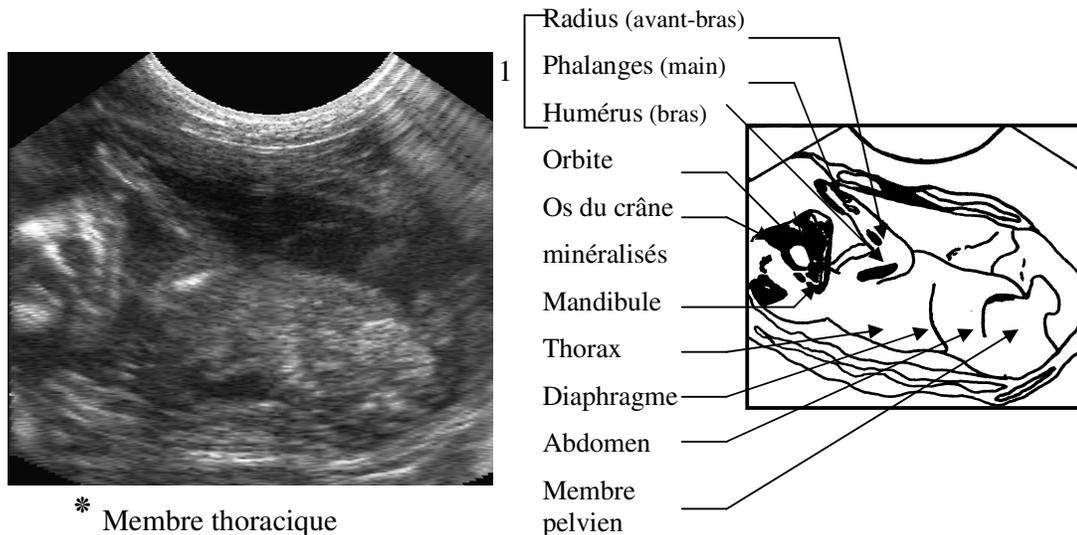
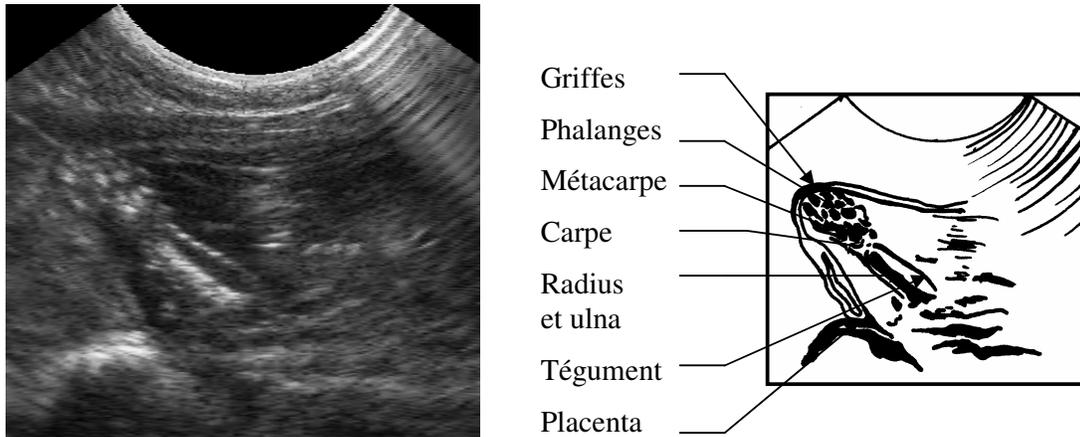


Figure 35 : Extrémité du membre antérieur : Ushuaia 50ième jour



β Date d'apparition

Lors du développement embryonnaire, les antérieurs sont formés un jour avant les postérieurs mais, lors de notre étude, nous avons observé les bourgeons des 4 membres en même temps dans 60% des cas. Sur le tableau 17, nous pouvons constater que les premiers bourgeons ont été observés à 24 jours de gestation.

Tableau 17 : Apparition des membres thoraciques et pelviens

Jour de gestation	24	26	27	29
4 Membres	1	2	1	1
Pourcentages cumulés	20%	60%	80%	100%
Moyenne (jours)	26,4			
Médiane (jours)	27,3			

Vers 29 jours de gestation, les stylopodes et les zeugopodes des membres thoraciques et pelviens sont constitués et à 31 jours, les membres sont entièrement formés.

Au-delà de 35 jours de gestation, les griffes sont observables. Elles se forment dès le 28^{ième} jour de gestation chez le chat et ne durcissent qu'à 50 jours.

γ Interprétations

Ces résultats sont en accord avec ceux précédemment publiés. Le fait que l'émergence des bourgeons des membres antérieurs et postérieurs soit visibles simultanément s'explique

par la fréquence des échographies : celles-ci ayant lieu toutes les 48 à 72 heures alors que les bourgeons des membres antérieurs sont formés une douzaine d'heures avant les postérieurs [2] ce qui explique que si à J X on ne voit aucun membre, à JX+2 et, à fortiori à J X+3, nous pouvons voir les quatre.

c L'estomac

α Aspect échographique

L'estomac est très facile à reconnaître : il s'agit d'une zone circulaire anéchogène situé dans l'abdomen moyen gauche (voir figure 32, page 100). Sa paroi n'est pas observable au début de la gestation et sa taille varie en fonction de l'ingestion de liquide amniotique par le fœtus. Contrairement à la vessie, il n'est jamais entièrement vide : sa lumière est toujours présente sur les images échographiques. Dans le dernier tiers de la gestation, la paroi était visible sous la forme d'un feuillet plissé hyperéchogène circulaire entourant la zone anéchogène. Ces plis sont compatibles avec les replis de la muqueuse gastrique.

β Date d'apparition

Il a été observé pour la première fois à 24 jours de gestation. C'est le premier organe du tube digestif observable à l'échographie comme le montre le tableau suivant.

Tableau 18 : Apparition de l'estomac

Jour de gestation	24	27	28	32
4 Membres	1	1	2	1
Pourcentages cumulés	20%	40%	80%	100%
Moyenne (jours)	27,8			
Médiane (jours)	29,1			

γ Interprétations

L'estomac est donc visible dès 29 jours chez une majorité de fœtus ce qui correspond à la date d'apparition relatée dans diverses études.

Du fait de cette répétabilité et de la facilité à reconnaître cette structure à l'échographie, la visualisation de l'estomac permet de dater une gestation à plus de 30 jours chez la chatte.

Il faut cependant noter, encore une fois, le rôle du manipulateur puisque, la détection de l'estomac la plus tardive (à 32 jours de gestation) s'est faite chez la première chatte échographiée, c'est-à-dire avec un opérateur peu expérimenté.

d Le diaphragme : distinction des poumons et du foie

α Aspect échographique

Le diaphragme n'est pas observable dans les premiers jours où les poumons et le foie sont formés : nous avons déduit sa présence grâce à la différence d'échogénicité entre le parenchyme pulmonaire, hyperéchogène, et le parenchyme hépatique, hypoéchogène (voir figure 32, page 100). Le thorax et d'abdomen sont alors bien individualisés. L'hyperéchogénicité du parenchyme pulmonaire est liée à la densité de l'organe durant la gestation car les alvéoles pulmonaires sont collabées. Ce n'est que tardivement que nous avons pu visualiser le diaphragme sous la forme d'un arc de cercle anéchogène séparant les poumons du foie. Pour sa part, la face viscérale du foie n'était pas bien délimitée : les intestins n'étant pas encore bien dessinés et paraissaient aussi hypoéchogènes. De plus, la vésicule biliaire est visible dans le parenchyme hépatique sous forme d'une zone anéchogène. Celle-ci peut atteindre une taille importante chez le fœtus.

β Date d'apparition

Il faut attendre 33 jours de gestation pour voir une séparation entre les poumons et le foie d'après les résultats notés dans le tableau 19. La vésicule biliaire est observée plus tardivement après le 37^{ième} jour de gestation.

Tableau 19 : Distinction des poumons et du foie

Jour de gestation	31	32	33	34
Diaphragme	1	2	1	1
Pourcentages cumulés	20%	60%	80%	100%
Moyenne (jours)	32,4			
Médiane (jours)	33			

γ Interprétations

D'après CHETBOUL et al. [10], la distinction entre les poumons et le foie ne peut pas se faire avant le 39^{ième} jour de gestation. Nous avons constaté lors des échographies que **cette**

distinction était visible plus précocement, à 33 jours de gestation bien que la ligne anéchogène du diaphragme n'apparaisse pas avant le 50^{ième} jour environ. Cependant, ZAMBELLI et al. [41] détectent cette séparation à 30 jours de gestation. Cela est dû, en partie, à la qualité du matériel, cette étude étant récente.

e La vessie

α Aspect échographique

La vessie apparaît comme une zone circulaire anéchogène entourée d'un fin feuillet hypoéchogène située dans l'abdomen caudal (voir figure 32, page 100). Sa visualisation dépendait bien entendu de son état de réplétion : une vessie vide n'est pas observable car l'échogénéité de sa paroi est trop proche de celles des intestins et donc difficilement distinguable.

β Date d'apparition

La vessie a été observée pour la première fois à 26 jours de gestation mais, cette date varie beaucoup en fonction des chattes : jusqu'à 8 jours d'écart entre les chattes comme nous pouvons le constater dans le tableau suivant.

Tableau 20 : Visualisation de la vessie

Jour de gestation	26	27	32	33	34
Vessie	1	1	1	1	1
Pourcentages cumulés	20%	40%	60%	80%	100%
Moyenne (jours)	30,4				
Médiane (jours)	31,8				

γ Interprétations

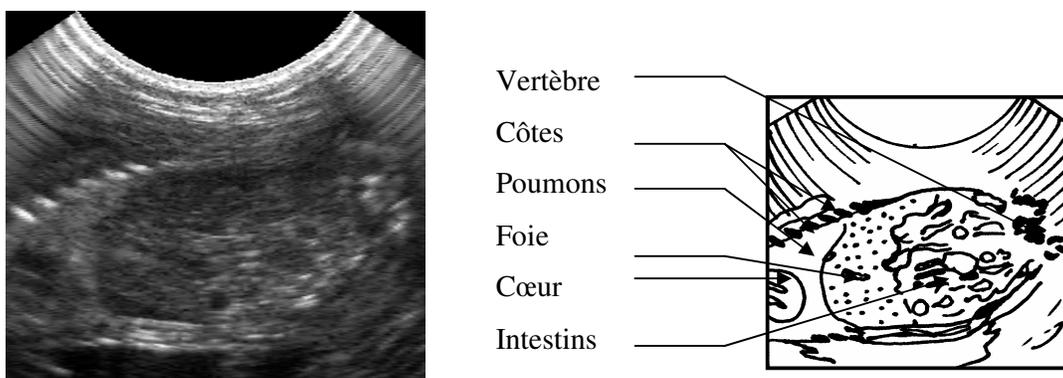
Ces résultats sont en accords avec les recherches menées sur le sujet [10, 32, 41]. Cependant, la vessie seule n'est pas un organe qui permet de dater précisément la gestation à cause de sa vidange : elle se vide régulièrement dans l'allantoïde par le canal de l'ouraque et dans l'amnios par le méat urinaire au point de la rendre indétectable par une absence totale de lumière.

f Les intestins

α Aspect échographique

Les intestins restent longtemps indissociables du parenchyme hépatique. En effet, leur échogénicité en est très proche et leur organogénèse complète est tardive. Comme l'estomac, les anses ont une lumière anéchogène entourée d'une paroi hyperéchogène (voir figure 35). Nous ne les avons vu que par portion et il est impossible de différencier l'intestin grêle du gros intestin, ces structures étant très petites.

Figure 36 : Coupe parasagittale de l'abdomen : Topaze 60^{ième} jour



β Date d'apparition

Ils apparaissent entre le 54^{ième} et le 56^{ième} jour de gestation chez toutes les chattes échographiées.

γ Interprétations

Ces valeurs concordent avec celles de ZAMBELLI et al. [41]. Leur visualisation nécessite une recherche attentive car il y a souvent une perte de contraste des structures de l'abdomen moyen et caudal avec une échogénicité très proche du foie et des intestins. **Ils seraient donc un bon élément pour dater la gestation mais, ils n'apparaissent que tardivement et sont difficiles à voir.**

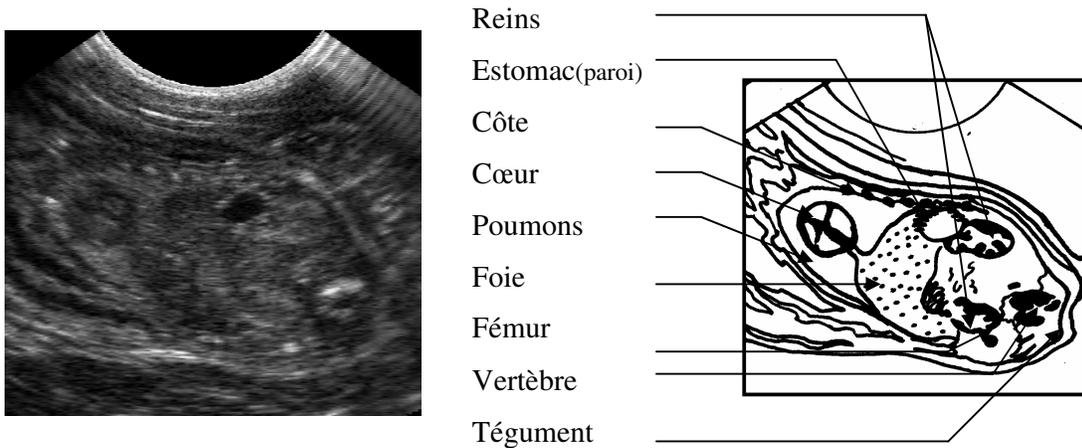
g Les reins

α Aspect échographique

Les reins sont caractérisés par leur forme en haricot. Leur médullaire a une échogénicité très proche de celle de l'abdomen : seule leur corticale, apparaissant comme une ligne hyperéchogène réniforme, permettrait de les délimiter. Ils sont situés de part et d'autre de la colonne vertébrale au niveau des lombaires comme on peut le voir sur la figure suivante.

Figure 37 : Coupe longitudinale horizontale passant par les deux reins :

Vandolyn 62^{ième} jour



β Date d'apparition

Nous ne les avons vu que chez 3 chattes entre **62 et 63 jours de gestation**.

γ Interprétations

Leur échogénicité proche des intestins les rend très difficilement observables. Cependant, **les autres études les ont mis en évidence dès le 50^{ième} jour.** Nous pouvons attribuer ce retard à tous les facteurs à l'origine d'une perte de contraste (échographe, embonpoint en fin de gestation, mauvais contact de la sonde,..) mais aussi à l'opérateur.

h Les vaisseaux sanguins

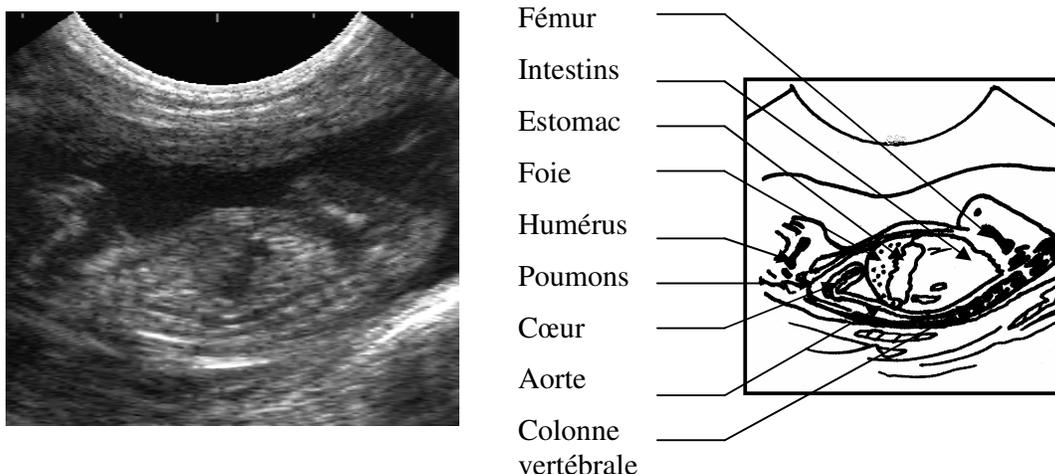
a Aspect échographique

Seuls les gros vaisseaux sont visibles. Ils sont anéchogènes et longilignes. Leur paroi, observée par endroit en fin de gestation, est constituée de deux feuillets hyperéchogènes encadrant la zone anéchogène.

Nous n'avons distingué que 5 gros vaisseaux:

- **l'aorte** qui longe la colonne vertébrale de son émergence, au niveau du ventricule gauche, jusqu'au bassin où elle se divise en artères iliaques. Nous avons observé plus facilement l'intégralité de son trajet sur les coupes longitudinales verticales, comme c'est le cas sur la figure 37. Ainsi, les artères iliaques, appartenant à des plans obliques ne sont pas observables ;

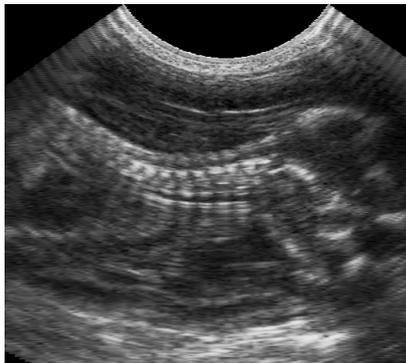
Figure 38 : Coupe longitudinale verticale passant par l'aorte : Vanille 44^{ième} jour



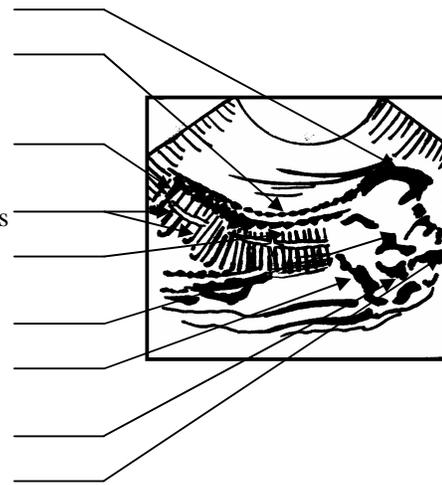
- **les carotides** visibles ventralement à la colonne vertébrale en région cervicale sur les coupes longitudinales verticales et de part et d'autre de celle-ci sur les coupes longitudinales horizontales (voir figure 38). On peut aussi observer leur confluence avec la crosse aortique ;

Figure 39 : Coupe longitudinale verticale passant par les artères carotides :

Topaze 51^{ème} jour



Os pariétal
 Vertèbres cervicales
 Vertèbres thoraciques
 Cônes d'ombres
 Artère carotide
 Os temporal
 Mandibule
 Arcade zygomatique
 Orbite



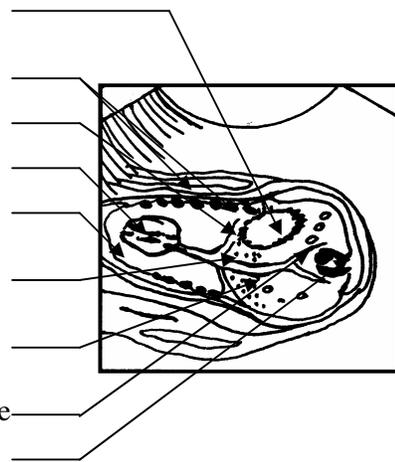
- **la veine cave caudale** dont le départ semble être l'apex du cœur sur les coupes échographiques et qui chemine jusqu'aux veines iliaques (voir figure 39) ;
- **la veine porte** qui rejoint la veine cave caudale à travers le parenchyme hépatique ;
- **les veines iliaques**, issues de la veine cave caudale et bifurquant vers les membres postérieurs.

Figure 40 : Coupe longitudinale horizontale passant par les veines cave, porte et

iliaques : Vandolyn 49^{ème} jour



Estomac
 Côtes
 Veine porte
 Cœur
 Poumons
 Veine cave caudale
 Foie
 Veine iliaque
 Vertèbre



β Date d'apparition

La date d'apparition est pour le moins imprécise pour chaque vaisseau car ils ont été observés chacun, chez les chattes, avec une dizaine de jours d'écart:

- l'aorte est visible pour la première fois entre le 35^{ième} et le 46^{ième} jour ;
- la veine cave entre le 41^{ième} et le 50^{ième} jour ;
- les carotides entre le 37^{ième} et le 57^{ième} jour.

γ Interprétations

Il semble donc que les vaisseaux soient observables autour du **45^{ième} jour de gestation ± 6 jours**. La faible précision concernant la date d'apparition des vaisseaux n'en fait de bons critères pour l'estimation de l'âge des fœtus : **nous pouvons seulement affirmer être dans le dernier tiers de la gestation.**

4 La minéralisation du squelette

a Aspect échographique

Les os sont visibles à l'échographie dès qu'ils sont en cours de minéralisation. Ils sont hyperéchogènes, c'est-à-dire blancs, et sont à l'origine d'artéfacts quand ils sont ossifiés : les ombres acoustiques. Plus particulièrement, ce sont les diaphyses des os qui sont visibles car les épiphyses restent cartilagineuses jusqu'à la fin de la gestation et au-delà permettant la croissance.

α Le squelette axial :

Il est composé du crâne, de la colonne vertébrale, des côtes et du sternum qui sont facilement identifiables chez le fœtus.

- Le crâne, observé en coupe longitudinale (voir figure 47, page 120) est caractérisé par :
 - **les orbites** qui apparaissent comme des ronds anéchogènes cerclés d'un liseré hyperéchogène, plus ou moins large selon le stade et la coupe, correspondant aux os frontaux, lacrymaux et zygomatiques ;

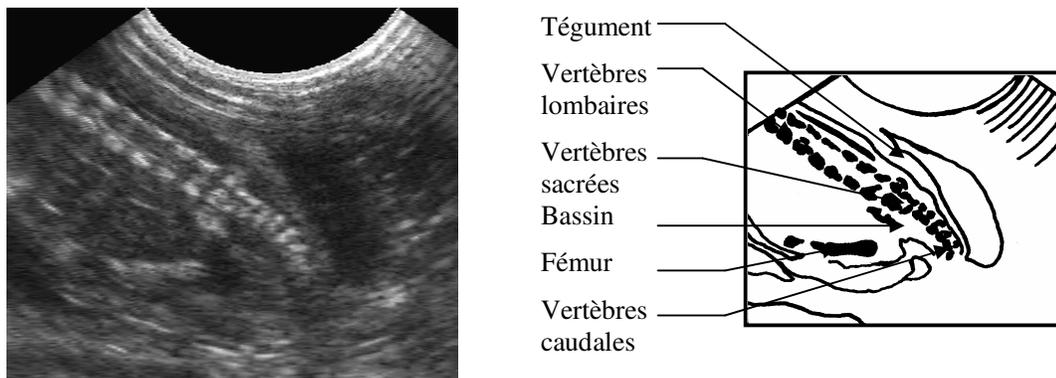
- **la boîte crânienne** dont la paroi ressemble à un arc de cercle hyperéchogène reliant les bords latéraux des orbites. Nous avons mesuré le BIP au niveau des bosses les plus proéminentes des os pariétaux ;
- **les fontanelles** visibles sous la forme d'un trait hyperéchogène perpendiculaire à l'axe reliant les centres des deux orbites ;
- **les cavités nasales** délimitées par les os nasaux et incisifs hyperéchogènes et la bouche, délimitée par les maxillaires et la mandibule, visible lors des mouvements du fœtus (ingestion de liquide amniotique,...).

○ La colonne vertébrale :

Au début de la gestation, les vertèbres ne sont pas bien individualisées mais, le canal médullaire qu'elles délimitent est nettement visible. Petit à petit, elles sont individualisables, comme nous pouvons l'observer sur la figure 40, et leurs processus épineux et transverses sont nettement visibles, surtout sur les coupes transversales. Du fait de leur densité et de leur épaisseur, nous avons vu une ombre acoustique sous les corps vertébraux.

Figure 41 : Portion caudale de la colonne vertébrale, bassin et fémur : Topaze

49^{ième} jour

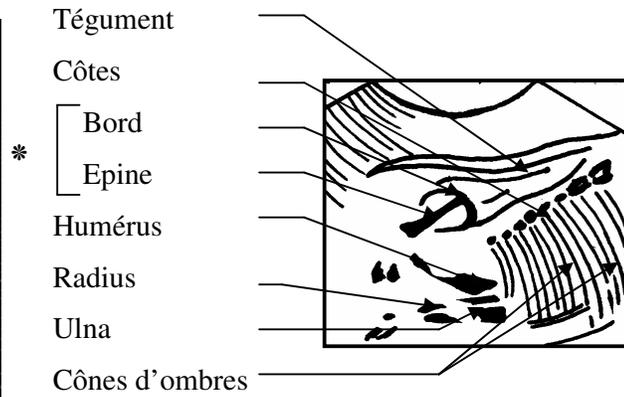
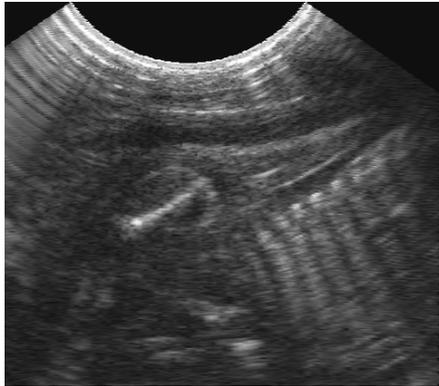


○ Les côtes :

Les côtes sont facilement identifiables. Il en existe 13 paires, toutes visibles. Sur les coupes longitudinales horizontales du fœtus, nous avons observé les côtes sous forme de points hyperéchogènes alignés et symétriques de part et d'autre des poumons (voir figure 39, page 109). Sur les coupes parasagittales, une seule côte par paire était visualisable sous la forme d'un point hyperéchogène, proches des vertèbres, suivi d'une ombre acoustique (voir figure 42).

Figure 42 : Coupe parasagittale des côtes passant par la scapula : Topaze 51^{ième}

jour



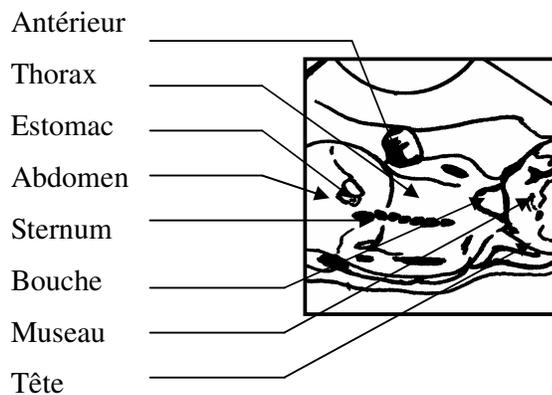
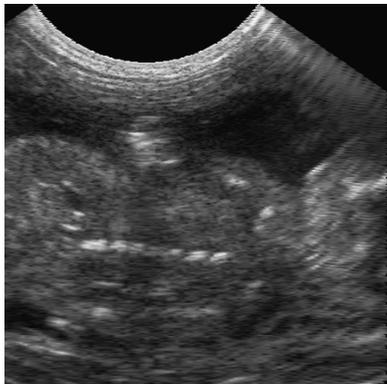
* Scapula

○ Le sternum :

Le sternum, composé de 8 sternèbres distinctes, est visible plus tardivement sur les coupes. Nous pouvons l'observer sur la photographie suivante.

Figure 43 : Coupe longitudinale horizontale au niveau du sternum : Topaze

47^{ième} jour

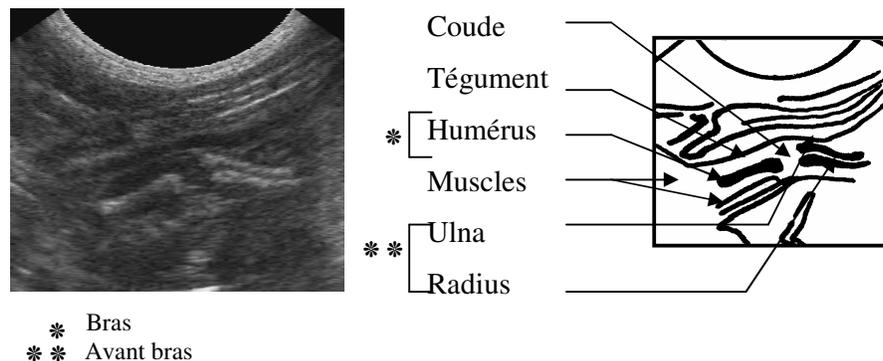


β Le squelette appendiculaire :

Le squelette appendiculaire est constitué des membres thoraciques et pelviens, des ceintures aux phalanges.

- Chaque membre thoracique est composé :
 - **de l'épaule avec la scapula**, os plat triangulaire dont les reliefs osseux ne sont pas observables en début d'ossification : les scapula étaient visibles sous la forme de traits courts échogènes situés de part et d'autre des premières vertèbres thoraciques sur les coupes longitudinales horizontales puis, nous avons distingué les bords et l'épine scapulaire qui sont hyperéchogènes quand l'ossification est avancée (voir figure 42) ;
 - **du bras avec l'humérus** ;
 - **de l'avant-bras avec le radius et l'ulna** ;
 - **de la main avec le carpe, le métacarpe et les phalanges** (voir figure 35, page 102).

Figure 44 : Os du bras et de l'avant-bras : Topaze 60^{ième} jour



- Chaque membre pelvien est composé :
 - **du bassin** (voir figure 41, page 111), seulement représenté par deux zones ovoïdes hyperéchogènes en début d'ossification puis, nous avons distingué l'aile de l'ilium, la table ischiatique et la pointe de l'ischium avec la progression de l'ossification ;
 - **de la cuisse avec le fémur** dont la tête et le col ont une morphologie caractéristique ;
 - **du grasset avec la rotule** qui a été observée chez quelques fœtus ;
 - **de la jambe avec le tibia et la fibula** ;
 - **du pied avec le tarse, le métatarse et les phalanges.**

b Date d'apparition

Nous allons nous intéresser au squelette axial puis, au squelette appendiculaire afin de déterminer l'ordre dans lequel a lieu la minéralisation des os du fœtus.

α Le squelette axial:

Les dates d'apparitions des différentes structures sont détaillées dans le tableau 21. Le canal médullaire, et donc la colonne vertébrale, est observé dès 24 jours. A 27 jours, le canal médullaire est visible chez la majorité des fœtus mais, les vertèbres ne sont pas encore individualisées. Les côtes sont observées plus tardivement à partir du 33^{ème} jour. Bien que la tête et le corps soient différenciés vers 25 jours et que les cavités orbitaires soient visibles dès 27 jours, l'ossification du crâne ne débute pas avant 33 jours. Le sternum n'a pas été observé avant 40 jours de gestation.

Tableau 21 : Visualisation du squelette axial

	Jours de gestation et pourcentages cumulés					Moyenne (jours)	Médiane (jours)
Colonne vertébrale	33	34		36		34	34,7
	2	2		1			
	40%	80%		100%			
Crâne	33	34	36	37		34,6	35,5
	2	1	1	1			
	40%	60%	80%	100%			
Côtes	33	34		35		34	34,4
	1	3		1			
	20%	80%		100%			
Sternum	40	41	46	49	50	45,2	44,5
	1	1	1	1	1		
	20%	40%	60%	80%	100%		

β Le squelette appendiculaire :

Les résultats sont détaillés dans le tableau suivant, pour les os de chaque partie du membre thoracique, de la ceinture à l'autopode.

Tableau 22 : Les os du membre thoracique

	Jours de gestation et pourcentages cumulés					Moyenne (jours)	Médiane (jours)
	33	34	35	36	37		
Scapula	1	2	1	1	1	35,5	36,9
	20%	60%	80%	100%			
	33	34	36	37	41		
Humérus	1	1	1	1	1	36,2	37,4
	20%	40%	60%	80%	100%		
	33	34	36	37	43		
Radius/Ulna	1	1	1	1	1	36,6	38,1
	20%	40%	60%	80%	100%		
	33	34	36	37	46		
Carpe/Métacarpe/Phalanges	1	1	1	1	1	37,2	39,1
	20%	40%	60%	80%	100%		

Sur le tableau 23, on détaillera l'ossification des os du membre pelvien.

Tableau 23 : Les os du membre pelvien

	Jours de gestation et pourcentages cumulés					Moyenne (jours)	Médiane (jours)
	36	37	38	39	40		
Bassin	1	2	1	1	1	38,8	40,7
	20%	60%	80%	100%			
	36	37	38	40	52		
Fémur	1	1	1	1	1	40,6	42,9
	20%	40%	60%	80%	100%		
	36	38	39	44	57		
Tibia/Fibula	1	1	1	1	1	42,8	46
	20%	40%	60%	80%	100%		

c Interprétations

D'après les résultats du tableau 21, nous avons constaté que la visualisation du squelette axial débute par la colonne vertébrale (à travers le canal médullaire) à 27 jours environ chez la majorité des sujets. **Les vertèbres sont en cours de minéralisation autour du 35^{ème} jour. La minéralisation des côtes et celle du crâne se produisent après 34 jours** Beaucoup plus tardivement, **la minéralisation des sternèbres est observable à 45 jours** chez la majorité des fœtus.

Concernant le squelette appendiculaire (voir tableau 22 & 23), nous avons noté une ossification centrifuge, des ceintures des membres aux extrémités, puisque plus on

s'éloigne de la racine des membres, plus la moyenne et la médiane augmentent. **La minéralisation débute dès 37 jours pour les membres thoraciques et dès 40 jours pour les membres pelviens. Ainsi, l'ossification des antérieurs précède celle des postérieurs.**

Cependant, nous avons remarqué, dans les données brutes, que les dates d'apparitions des os des membres thoraciques (scapula exclue) sont presque toutes identiques : les détections les plus tardives correspondent aux observations faites chez la première chatte échographiée. Nous pouvons en conclure que l'ossification des membres thoraciques est plus rapide que notre rythme de réalisation des échographies : **l'ossification de l'humérus, du radius et de l'ulna se déroulerait en moins de 48 heures.**

Les membres pelviens étant plus difficiles à échographier, il se peut que leur minéralisation soit passée inaperçue dans les premiers jours. Nous pouvons donc nous demander si l'ossification des 4 membres n'est pas simultanée. Cependant, ces résultats concordent avec les études menées sur l'ossification des os du fœtus par la technique radiographique (voir tableau 4, page 63) : **les postérieurs s'ossifieraient donc plus tardivement, au moins en partie avec la minéralisation tardive du tibia.**

4 Les signes vitaux

Il s'agit, comme nous l'avons vu précédemment, des battements cardiaques et des mouvements foetaux. Aucun signe de mortalité n'a été observé pendant l'expérimentation.

a Les battements cardiaques

α Aspect échographique :

Les battements cardiaques sont visibles très tôt puisque le cœur peut être observé dès 17 jours de gestation chez certaines chattes. Les battements ont été comptés sur 15 secondes puis, leur chiffre est multiplié par 4 afin d'obtenir une fréquence en battements par minute (bpm). Cette opération était réalisée deux fois sur l'embryon puis, le fœtus pendant chaque échographie.

β La valeur de la fréquence :

En moyenne, la fréquence cardiaque est estimée à **237,3 ± 12 bpm.**

γ Interprétations :

Les valeurs trouvées concordent avec celles de HOUDET-SEGOND [18] qui mesure la fréquence à $228 \pm 35,7$ bpm. Au cours de la gestation, la fréquence cardiaque ne varie pas dans l'espèce féline contrairement aux chiens. Chez les fœtus échographiés, elle s'est maintenue dans ces valeurs jusqu'à la mise bas ce qui témoigne de l'absence de souffrance fœtale.

b Les mouvements fœtaux:

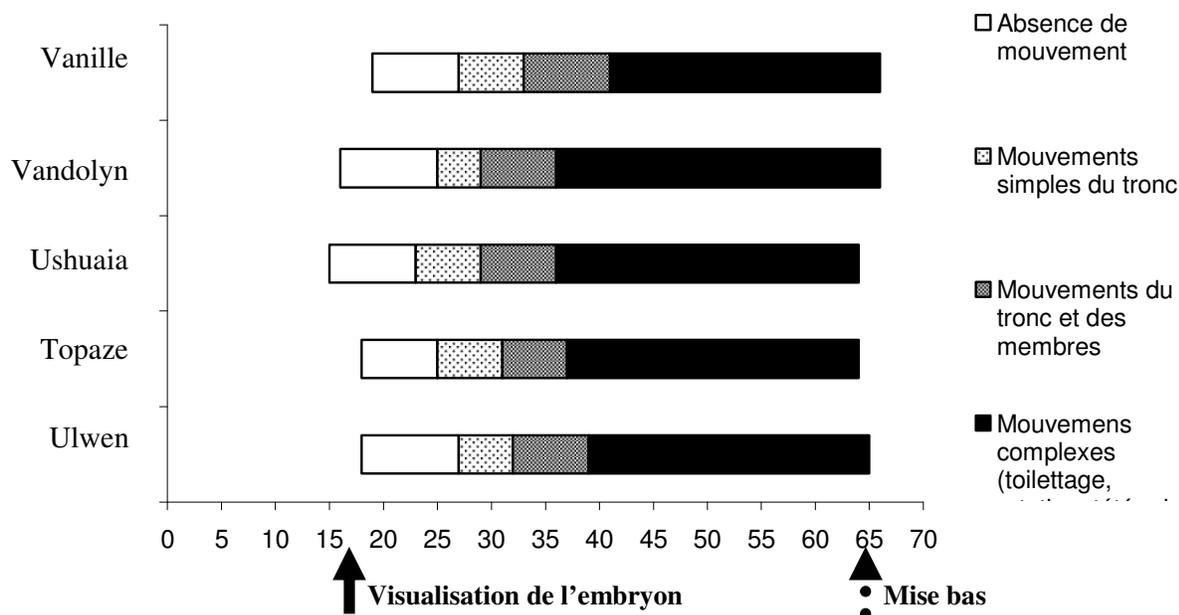
α Aspect échographique :

Les mouvements ont été évalués grâce à une observation du fœtus dans son intégralité pendant 30 à 60 secondes. Nous avons utilisé la sonde de 7,5MHz au début puis, la sonde de 5MHz quand le fœtus est trop grand pour être vu en entier avec l'autre.

β Dates de visualisation:

Les mouvements sont inexistant au début puis, leur fréquence et leur complexité augmentent. Nous les avons classé par complexité d'exécution et apparition sur la figure suivante:

Figure 45 : Dates d'apparition des différents mouvements des fœtus



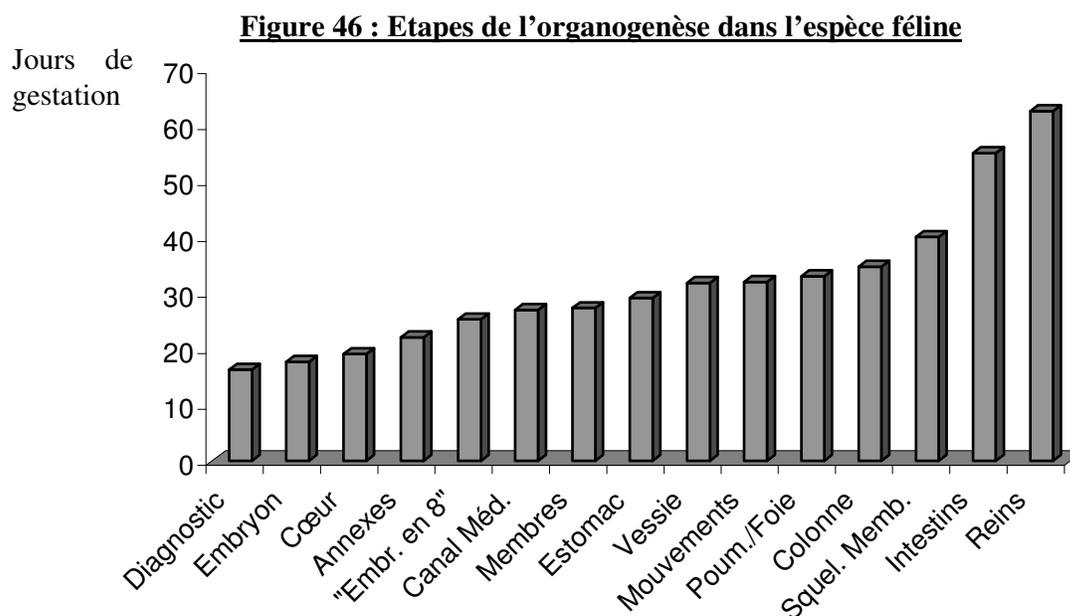
γ Interprétations:

Les mouvements apparaissent autour de 25 jours c'est-à-dire au passage de l'état d'embryon à celui de fœtus. Dans un premier temps, ceux-ci effectuent peu de mouvements puis, vers 32 jours, ils réalisent des flexions et des extensions de leurs membres qui sont alors entièrement formés. Autour de 37 jours, nous avons observé des mouvements plus compliqués avec une coordination des gestes : les fœtus se toilettent la tête avec les antérieurs, ouvrent la bouche et sucent leur doigts,... Cependant, avec la croissance des fœtus et donc la perte de place de chacun dans leur ampoule fœtale, les mouvements ont une amplitude plus faible et paraissent diminuer vers 50 jours de gestation.

5 Récapitulatifs et discussion des résultats obtenus

Dans l'expérimentation menée sur ces 5 chattes, nous avons vu certaines structures plus précocement que dans les publications précédentes et d'autres plus tardivement mais, une majorité de nos conclusions est sans conteste en accord avec les recherches réalisées antérieurement sur l'apport de l'échographie lors du diagnostic et du suivi de la gestation chez la chatte.

Nous pouvons récapituler ces résultats dans le graphique suivant :



Diagnostic = Diagnostic de gestation ; Annexes = Annexes fœtales ; Emb.= Embryon ; Canal méd.= Canal médullaire ; Colonne = Colonne vertébrale ; Poum./Foie = Distinction des poumons et du foie ; Squel. Memb.= Squelette des membres.

Nous avons cité ici les éléments les plus caractéristiques du développement embryonnaire puis fœtal. Ce graphique nous permet alors de « dater » le stade de gestation avec plus ou moins de précision selon les organes observés.

En effet, plusieurs faits ont conditionné ces observations :

- **l'échographe** avec sa qualité d'image (pouvoir de pénétration, de résolution et focalisation) ;
- **le manipulateur** avec son expérience ;
- **le mode opératoire** avec une échographie toutes les 48 à 72 heures ;
- **les chattes** (nombre d'animaux, surpoids, patience) ;
- **la nature de la structure observée** (densité, taille, localisation...).

Comme nous l'avons vu précédemment, un des intérêts de l'échographie est la prévision de la mise bas grâce à la visualisation des organes comme l'estomac ou les intestins. Cependant, la visualisation des organes ne peut nous donner qu'une approximation de cette date. Nous avons alors recours à la mesure des diamètres bipariétal (BIP) et abdominal transverse (DAT).

C La planification de la mise bas

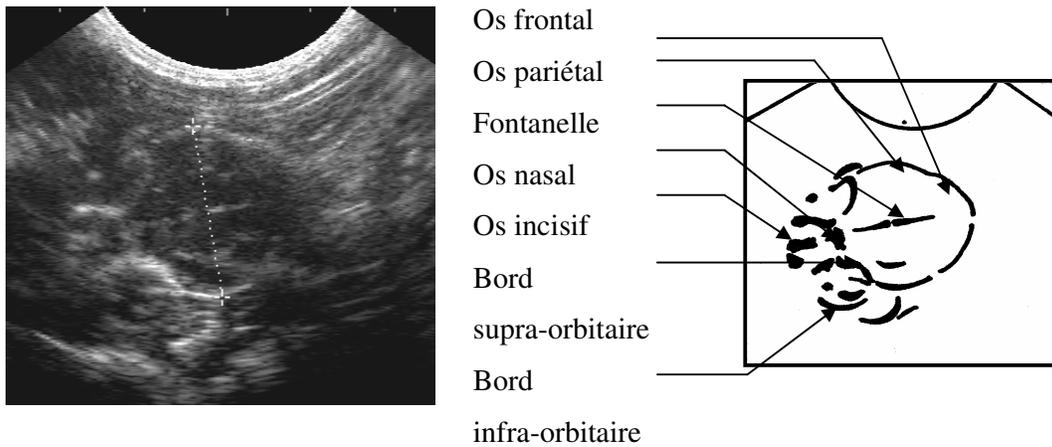
1 Prévision du jour de la mise bas en fonction du diamètre bipariétal (BIP)

a Mesure standard du BIP

Pour l'obtenir, il faut réaliser une coupe longitudinale horizontale de la tête fœtale qui est alors ovale sur l'écran avec un sillon médian. Nous avons ensuite mesuré la longueur du segment compris entre les 2 points les plus proéminents des bosses pariétales au niveau où les surfaces osseuses des os pariétaux sont parallèles (voir figure 47).

A partir de 25 jours de gestation, lors de chaque échographie, des mesures du BIP ont été prises à raison de 2 mesures par fœtus sur au moins 2 fœtus par portée jusqu'à la mise bas.

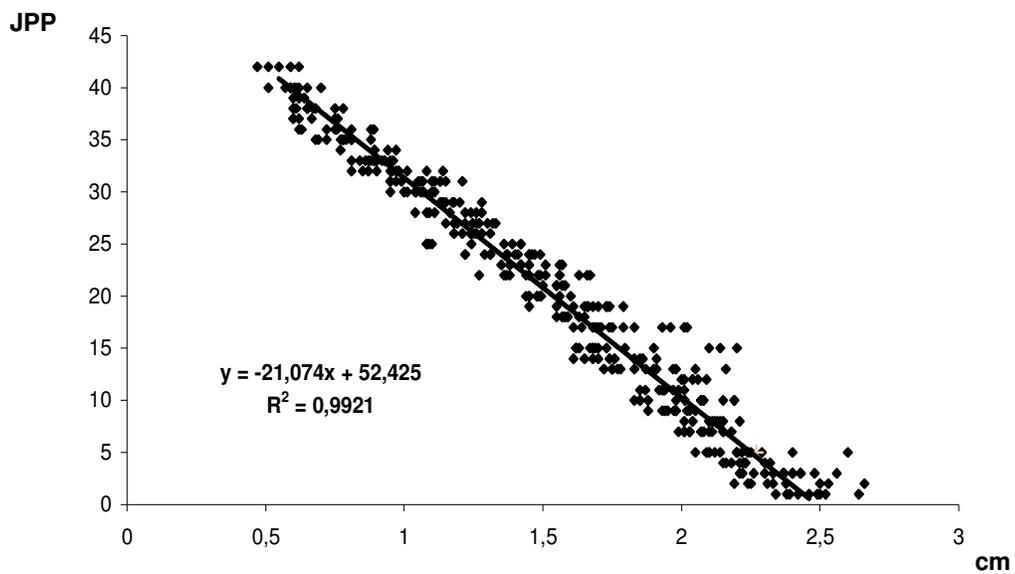
Figure 47 : Coupe longitudinale horizontale du crâne pour une mesure du diamètre bipariétal : Ushuaia 59^{ème} jour



b Résultats

Les mesures réalisées ont été reportées sur le graphique suivant en prenant comme point de départ le jour de la mise bas puis, une droite de régression en a été déduite. Cette présentation permet de déduire le nombre de jours restants avant la parturition ou « jours pré-partum » (JPP) d’après les mesures effectuées sur les fœtus lors de chaque échographie.

Figure 48 : Nombre de jours pré-partum en fonction du diamètre bipariétal



c Interprétations

La droite de régression établie : $JPP = -21x(BIP) + 52,4$ permet, pour une mesure du diamètre bipariétal effectuée, de savoir combien il reste de jours avant la mise bas. Cette équation est très proche de celles établies par d'autres auteurs et l'indice de régression est très proche de 1. Les différences peuvent s'expliquer par les variations raciales de l'espèce féline mais aussi, par le manipulateur. Les coupes doivent être bien réalisées et les mesures répétées pour éviter tout biais mais, cela n'est pas toujours possible : certaines chattes n'ont pas la patience nécessaire pour que l'on obtienne assez de mesures. De plus, les mesures commencent dès la différenciation tête/corps et à ce stade, on mesure plus la largeur de la tête qu'un réel diamètre bipariétal puisque le crâne n'est pas visible avant 35 jours de gestation.

2 Préviation du jour de la mise bas en fonction du diamètre abdominal transverse (DAT)

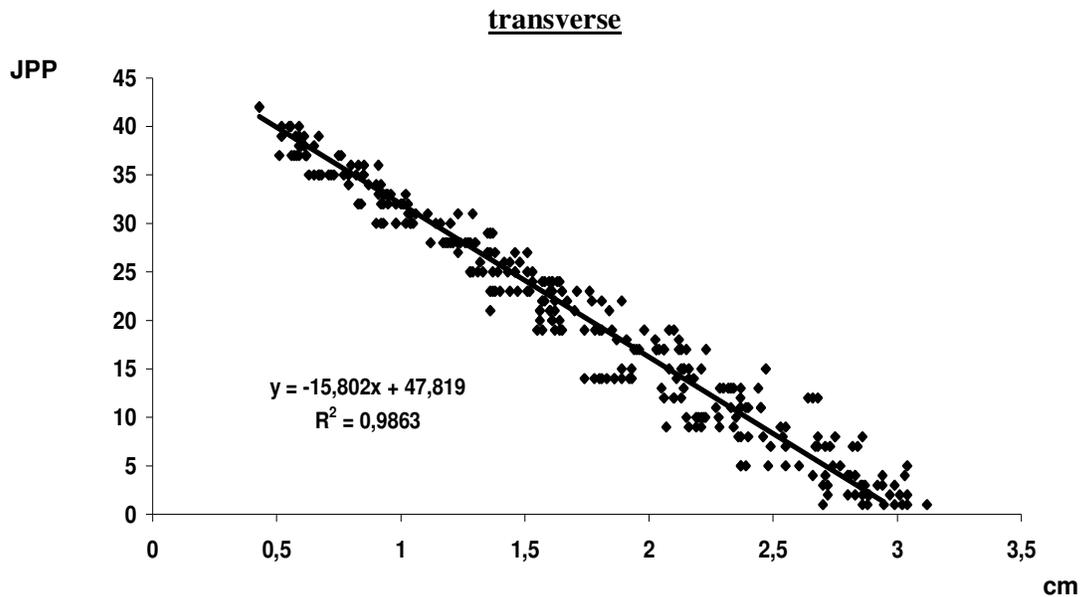
a Mesure standard du DAT

Il s'obtient à l'aide d'une coupe transversale de l'abdomen dès 25 jours. Le plan de coupe doit contenir le rachis, l'aorte, l'estomac et la veine ombilicale mais, en pratique on se contente souvent de deux de ces éléments [18].

b Résultats

Ils ont été traités de la même manière que les mesures du BIP afin d'obtenir la droite de régression de la figure suivante.

Figure 49 : Nombre de jours pré-partum en fonction du diamètre abdominal



c Interprétations

La droite de régression obtenue est : **JPP=-15,8xDAT+47,8**. Ces résultats sur le diamètre abdominal transverse permettent d'aboutir aux mêmes conclusions que celles concernant les mesures du diamètre bipariétal. Cependant, l'obtention de la coupe nécessaire est plus difficile : bien que l'estomac soit visible à 29 jours et le canal médullaire à 27, les vaisseaux sont plus durs à voir.

3 Récapitulatifs et discussion des résultats obtenus

En combinant les droites de régression des mesures du BIP et du DAT, sous la forme d'un tableau à double entrée (voir tableau 24), on peut prévoir plus facilement et avec plus de précision la parturition.

Tableau 24 : Combinaison des droites de régression du BIP et du DAT

DAT\BIP	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
1	32	31	30	29	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
1,1	31	30	29	28	27	26	25	24	22	21	20	19	18	17	16	15
1,2	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	18	17	16	15	14
1,3	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	13
1,4	29	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13
1,5	28	27	26	25	24	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12
1,6	27	26	25	24	23	22	21	20	18	17	16	15	14	13	12	11
1,7	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	13	12	11	10
1,8	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10
1,9	25	24	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
2	24	23	22	21	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
2,1	23	22	21	20	19	18	17	16	15	13	12	11	10	9	8	7
2,2	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	8	7	6
2,3	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
2,4	21	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
2,5	20	19	18	17	16	15	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
2,6	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	8	7	6	5	4	3
2,7	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	3	2
2,8	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
2,9	17	16	15	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
3	16	15	14	13	12	11	10	8	7	6	5	4	3	2	1	0
3,1	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	3	2	1	0	-1
3,2	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-2

Le BIP et le DAT (en gras) sont exprimés en centimètres. Les chiffres expriment le nombre de jours avant la mise bas. Par exemple, si on mesure, lors d'une échographie, un diamètre bipariétal égal à 2,4 cm et un diamètre abdominal transverse de 2,9 cm, on peut espérer une mise bas dans 2 jours.

Il faut bien garder à l'esprit que ce tableau résulte de mesures établies sur un petit échantillon de la population féline comprenant des races aux standards très différents et que plus il y aura d'études menées sur le sujet, plus l'on obtiendra des résultats exploitables.

Le BIP et le DAT semblent donc être de bons indicateurs de la planification de la mise bas malgré les imprécisions dues à la difficulté d'obtention des mesures avant 35 jours de gestation. En effet, certaines structures anatomiques nécessaires à leur réalisation comme, le crâne, la colonne vertébrale ou les vaisseaux, ne sont pas encore bien visibles.

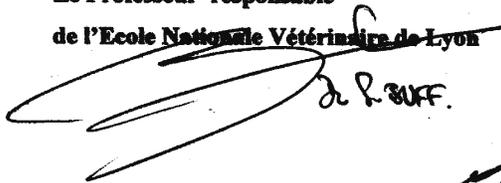
Ainsi, c'est en fin de gestation que ces mesures sont les plus précieuses pour prévoir la parturition.

Conclusion :

A travers cette étude, nous avons pu établir l'importance de l'échographie dans le diagnostic de gestation chez la chatte par sa précocité et sa facilité mais aussi, démontrer son intérêt dans le suivi de la gestation. L'échographie est un outil précis pour la datation du stade de la gestation lorsque la date de la saillie n'est pas connue, ainsi qu'un examen complémentaire de choix pour la surveillance du bon déroulement de l'organogenèse et la prévision de la mise bas. L'échographie est, par ailleurs, la seule technique qui permet de suivre les signes vitaux des fœtus afin de détecter toute souffrance fœtale. Elle présente donc de nombreux avantages par rapport à la radiographie dont, celui non négligeable, d'être sans aucun risque pour la mère comme pour le fœtus. Cependant, il faut retenir que les performances de l'échographe conditionnent la qualité des résultats et que la bonne utilisation de l'appareil dépend de l'expérience de l'opérateur. De plus, l'échographie a un coût, tant pour le clinicien que pour le client, qui préfèrent avoir recours à d'autres éléments pour établir un diagnostic de gestation et anticiper la mise bas comme l'observation des critères morphologiques et comportementaux ou encore la radiographie. Une de ses utilisations les plus courantes dans la pratique de la médecine vétérinaire reste, malgré tout, l'élaboration d'un diagnostic de gestation précoce en vue d'une décision d'avortement.

Nous pouvons espérer qu'avec la médicalisation croissante des animaux de compagnie et l'engouement des particuliers pour les chats de race, l'échographie prenne une place de choix dans le suivi des chattes reproductrices.

**Le Professeur responsable
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon**



de P. BUFF.

**Vu : Le Directeur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon**



Le Président de la thèse



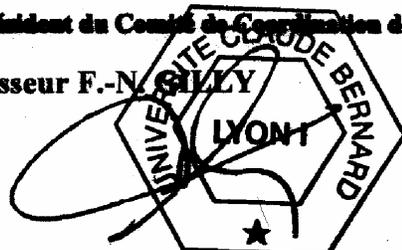
Professeur M. BERLAND

Vu et permis d'imprimer

Lyon, le **27 OCT. 2006**

Le Président du Comité de Coordination des Etudes Médicales,

Professeur F.-N. GILLY



Bibliographie

1. **ADDIEGO L.A., TSUTSUI T., et al.,** (1987)
Determination of the source of immunoreactive relaxin in the cat. Biol. Reprod., **37(5)**: p. 1165-1174.
2. **BARONE R.,** (1990)
Appareil uro-génital du fœtus et ses annexes. Péritoine et topographie abdominale. Tome 4. Splanchnologie II. 2nd ed. Anatomie comparée des mammifères domestiques. Paris: Vigot 951.
3. **BARR F.,** (1990)
Diagnostic ultrasound in the dog and the cat. London: Library of veterinary practice. Blackwell Scientific Publication. 193.
4. **BARR F.,** (1988)
Diagnostic ultrasound in small animals. In Practice, **10(1)**: p. 17-25.
5. **BARR F.J.,** (1988)
Pregnancy diagnosis and assessment of foetal viability in the dog: a review. J. Small Anim. Pract., **29**: p. 647-656.
6. **BECK A., BALDWIN C.J., et al.,** (1990)
Ultrasound prediction of parturition in queens. Radiology, **31(1)**: p. 32-35.
7. **BOSSE P., CHAFFAUX S., et al.,** (1990)
Éléments de maîtrise de la physiologie sexuelle chez le chat domestique en vue d'améliorer sa reproduction. Rec. Med. Vet. Spécial chat, **166(6/7)**: p. 573-591.
8. **BOYD J.S.,** (1973)
The radiographic identification of the various stages of pregnancy in the domestic cat. J. Small Anim. Pract., **12**: p. 501-506.
9. **BURKE T.J.,** (1986)
A clinical approach to diagnosis and treatment. Small Animal Reproduction and Infertility. Philadelphia: Lea and Febiger. 408.
10. **CHETBOUL V., POUCHELON J.L., et al.,** (2001)
Examens échographiques abdominal, oculaire et nerveux du chien et du chat. Paris: Masson. 286.
11. **CUPPS P.T.,** (1991)
Reproduction in domestic animals. 4th ed. San Diego: Academic Press. 670.
12. **DAVIDSON A.P., NYLAND T.G., et al.,** (1986)
Pregnancy diagnosis with ultrasound in the domestic cat. Vet. Rad., **27(4)**: p. 109-114.

13. **DE HAAS VAN DORSSER F.J., SWANSON W.F., et al.**, (2006)
Development, validation, and application of a urinary relaxin radioimmunoassay for the diagnosis and monitoring of pregnancy in Felids. Biol. Reprod., **74(6)**: p. 1090-1095.
14. **DELDEM G.**, (1972)
Diagnostic de gestation chez la chienne et la chatte. Thèse de Doctorat Vétérinaire. Créteil: Faculté de médecine. 71.
15. **DUMON C.**, (1992)
Physiologie sexuelle de la chienne. Les indispensables de l'animal de compagnie. PMCAC: Paris. p. 13-15.
16. **FELDMAN E.C. and NELSON R.W.**, (1987)
Canine and Feline Endocrinology and Reproduction. 2nd ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company. 564.
17. **FONTBONNE A. and GARNIER F.**, (1998)
Données récentes en physiologie et endocrinologie sexuelles dans l'espèce féline. Point Vét., **29(195)**: p. 11-16.
18. **HOUDET-SEGOND A.**, (1998)
Diagnostic de gestation chez la chatte. Point vét., **29(195)**: p. 17-22.
19. **JOHNSTON S.D., OLSON P.N.S., et al.**, (2001)
Canine and feline Theriogenology. 1st ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company. 592.
20. **KEALY J.K. and Mc ALLISTER H.**, (2005)
Diagnostic radiology Ultrasonography of the dog and cat. 4th ed. ST Louis: Elsevier Saunders 512.
21. **KLONISCH T., HOMBACK-KLONISCH S., et al.**, (1999)
Nucleid acid sequence of feline preprolaxin and its localization within the feline placenta. Biol. Reprod., **60(2)**: p. 305-316.
22. **KRETZ C.**, (1992)
Accouplement dans l'espèce féline. Les indispensables de l'animal de compagnie. PMCAC: Paris. p. 73-76.
23. **KRETZ C.**, (1992)
La gestation chez la chatte. Les indispensables de l'animal de compagnie. PMCAC: Paris. p. 83-86.
24. **LAWLER D.F., JOHNSTON S.D., et al.**, (1993)
Ovulation without cervical stimulation in domestic cats.
Fertility and infertility in dogs cats and other carnivores, ed. P.W. Concannon, et al. Vol. suppl. 47. J. Reprod. Fert.: Cambridge. p. 57-61.
25. **LEGRAND J.J. and CARLIER B.**, (1981)
Bases physiques de l'échotomographie. Rec. Med. Vet. , **157(7/8)**: p. 553-559.

26. **LIEGE P.**, (1992)
Physiologie sexuelle du chat et de la chatte. Les indispensables de l'animal de compagnie. PMCAC: Paris. p. 27-36.
27. **MAILHAC J.M., CHAFFAUX S., et al.**, (1980)
Diagnostic de la gestation chez la chatte: utilisation de l'échographie. Rec. Med. Vet., **156(12)**: p. 899-907.
28. **MATTOON J.S. and NYLAND T.G.**, (1995)
Veterinary Diagnostic Ultrasound. Philadelphia: WB. Saunder Company. 408.
29. **MIALOT J.-P.**, (1984)
Pathologie de la reproduction chez les carnivores domestiques. Paris: Le Point Vétérinaire.
30. **MORGAN J.P., SILVERMAN S., et al.**, (1981)
Techniques en radiologie vétérinaire. Maison-Alfort: Le Point Vétérinaire. 218.
31. **PAILLET V.**, (1992)
Echographie féline. Lyon: Université Claude Bernard. 201.
32. **POULSEN NAUTRUP C., TOBIAS R., et al.**, (2000)
Diagnostic Ultrasonography of the Dog and Cat, ed. C. R.E. London: Manson Publishing/The Veterinary Press. 400.
33. **RACHAIL M.**, (1980)
Diagnostic de gestation chez les carnivores domestiques. Point Vét., **10(46)**: p. 77-81.
34. **ROYAL L., FERNEY J., et al.**, (1979)
Mise au point sur les possibilités actuelles de diagnostic de gestation chez les carnivores domestiques. Rev. Med. Vet., **130(6)**: p. 859-890.
35. **SEGOND A.**, (1995)
Le suivi de la gestation chez la chatte par la technique d'échographie. Nantes: Faculté de médecine. 137.
36. **SILIARD B. and LEBRETON A.**, (1992)
Endocrinologie de la reproduction 2ième partie: dans l'espèce féline. Les indispensables de l'animal de compagnie. PMCAC: Paris. p. 43-45.
37. **TIEDMANN K. and HENSCHER E.**, (1973)
Early radiographic diagnosis of pregnancy in the cat. J. Small Anim. Pract., **14**: p. 567-572.
38. **TSUTSUI T. and STABENFELDT G.H.**, (1993)
Biology of ovarian cycles, pregnancy and pseudopregnancy in the domestic cat. Fertility and infertility in dogs, cats and other carnivores, ed. P.W. Concannon, et al. Vol. suppl. 47. J. Reprod. Fert.: Cambridge. p. 29-35.
39. **VERSTEGEN J.P., ONCLIN K., et al.**, (1993)
Regulation of progesterone during pregnancy in the cat: studies on the role of corpora lutea, placenta and prolactin secretion. Fertility and infertility in dogs, cats and other carnivores, ed. P.W. Concannon, et al. Vol. Suppl. 47. J. Reprod. Fert.: Cambridge. p. 165-173.

40. **YEAGER E. and CONCANNON W.**, (1996)

Uterus, in *Small Animal Ultrasound*, R.W. GREEN, et al., Editors. Lippincott-Raven: Philadelphia. New-York. p. 265-292.

41. **ZAMBELLI D., CANEPPELE B., et al.**, (2002)

Ultrasound aspects of fetal and extrafetal structures in pregnant cats. J. Feline Med. Surg., **4**: p. 95-106.

42. **ZAMBELLI D., CASTAGNETTI C., et al.**, (2002)

Correlation between the age of the conceptus and various ultrasonographic measurements during the first 30 days of pregnancy in domestic cats (Felis catus). Theriogenology, **57**: p. 1981-1987.

NOM PRENOM : BLAISE Amandine

TITRE : Diagnostic et suivi de la gestation par échographie chez la chatte

Thèse Vétérinaire : Lyon, (19 Octobre 2006)

RESUME : Le diagnostic de gestation chez la chatte occupe une place croissante avec l'augmentation de la médicalisation de l'animal de compagnie. En élevage, le statut sexuel des chattes et le développement de leur progéniture sont de réels enjeux financiers. Pour le particulier, le diagnostic de gestation est surtout utile pour prévoir un avortement, la gestation étant souvent non désirée.

Une étude expérimentale a été menée sur 5 chattes reproductrices : 10 jours après la saillie, les chattes étaient échographiées toutes les 48 à 72 heures, jusqu'à la mise bas. Cette étude a permis de conclure que l'échographie est une méthode diagnostique qui supplante les autres par sa précocité et son innocuité. De plus, c'est un outil précis pour la datation de la gestation et la prévision de la parturition. Elle est aussi la seule technique de suivi des signes vitaux des fœtus. Cependant, les avantages de cet examen complémentaire sont à nuancer par son coût, la qualité de l'appareil et l'expérience du manipulateur.

MOTS CLES :

**-Reproduction
-Chat
-Gestation
-Echographie**

JURY :

Président : Monsieur le Professeur Michel BERLAND

1er Assesseur : Monsieur le Professeur Samuel BUFF

2ème Assesseur : Monsieur le Professeur François GARNIER

DATE DE SOUTENANCE :

19 Octobre 2006

ADRESSE DE L'AUTEUR :

Lieu-dit Charvaz 74150 Sâles