

EFFET DE DEUX MODELES NUTRITIONNELS SUR LE STATUT OSTEO-ARTICULAIRE AU COURS DE LA PREMIERE ANNEE POSTNATALE DU CHEVAL

Par :

M. Donabédian¹, C. Robert², G. Fleurance^{3}, G. Perona⁴, C. Trillaud-Geyl³,
O. Lepage⁵, D. Bergero⁴, S. Léger⁶, W. Martin-Rosset¹*

¹INRA, Centre de Clermont-Ferrand /Theix, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France

²UMR INRA-ENVA, 94704 Maisons Alfort, France

³Les Haras Nationaux, Direction des Connaissances, Station Expérimentale, 19370 Chamberet, France

⁴Faculté de Médecine Vétérinaire, Université de Turin, 10195 Grugliasco, Italie

⁵Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon 69280 Marcy L'Etoile, France

⁶Université Blaise Pascal, Département de Mathématiques, 63000 Clermont-Ferrand, France

*Adresse actuelle : INRA, Centre de Clermont-Ferrand/Theix, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France

Résumé

L'ostéochondrose et autres affections ostéo-articulaires juvéniles (AOAJ) constituent un problème majeur pour la filière équine. Des apports alimentaires et des croissances élevés pourraient constituer des facteurs favorisant ces affections. Le but de cette expérience a été d'étudier les effets de niveaux élevés d'apports alimentaires équilibrés et des croissances élevées qu'ils induisent, sur l'apparition de différents types d'AOAJ. Cette étude a été réalisée au cours de la première année postnatale. Des poulains ont reçu soit des apports alimentaires correspondant à une croissance modérée (ML=19) selon les recommandations INRA 1990, soit 130p100 (0-2mois) puis 150p100 (3-12mois) de ces recommandations pour réaliser une croissance élevée (HL=20). Tous les poulains ont été radiographiés à 5,5 puis 11 mois. Huit poulains de chaque groupe ont été euthanasiés pour examens nécropsiques des articulations. Le poids vif, la hauteur au garrot (HG) et la largeur du canon (LC) ont été supérieurs à 12 mois dans le groupe HL (+88.4kg, +4.6cm, +2.1mm respectivement). Le gain moyen quotidien de poids vif réalisé au cours des 12 mois postnataux a été de 937 et 685 g/j pour les groupes HL et ML respectivement. L'apparition et la sévérité des pathologies des membres n'ont pas été statistiquement différentes entre les deux groupes. Toutefois certaines corrélations reliant la présence de lésions radiographiques ou nécropsiques, à certains critères de croissance (HG et gain de LC notamment), étaient significatives. Niveau de croissance et/ou format seraient des facteurs de risque relativement plus importants que le niveau d'apports alimentaires élevés et équilibrés, notamment en respectant un rapport protéines/énergie normal.

Mots-clés : cheval, nutrition, croissance, développement, pathologies ostéo-articulaires juvéniles

Summary

Osteochondrosis and other developmental orthopaedic diseases (DOD) constitute major problems in the horse industry. As in other species, high feed allowances and fast growth might be contributory factors. The aim of this experiment was to test the effect of high but balanced nutrients allowances and associated fast growth, on the prevalence of several types of DOD. This study was carried out from birth to one year of age. Foals of a high feeding group (HL, n=20) were fed 130p100 (0-2months) and 150p100 (3-12months) of the moderate level group (ML, n=19, 100p100 of INRA recommendations). All the foals were radiographed at 5.5 then 11 months. Eight foals from each group were necropsied at 12 months of age for gross inspection of the joints. Body weight, height at withers and cannon width were higher in HL group (+88.4kg, +4.6kg, and 2.1mm respectively). The gain in body weight over the whole period was 937 and 685g/day for the HL and ML groups respectively. The occurrence and severity of limb DOD were not significantly different in HL and ML groups. However, some growth or size parameters were positively and significantly correlated to the occurrence of some DOD lesions, but the body weight was more weakly correlated to the prevalence of DOD than cannon width or height at withers. The power of correlation varied for different types or localization of lesion. Fast development would be a more important factor of risk than a high balanced feeding level using a moderate energy (e.g. carbohydrates) concentration in the diet to meet a normal proteins /energy ratio.

Key-words : horse, nutrition, growth, development, developmental orthopaedic diseases

Introduction

L'ostéochondrose (OC) est la composante majeure des affections ostéo-articulaires juvéniles (AOAJ) dont les différentes composantes sont encore mal définies (Hurtig and Pool 1996). L'OC affecte différentes espèces de Mammifères et d'Oiseaux, et elle pourrait avoir pour origine une perturbation du processus d'ossification endochondrale du cartilage de croissance (Jeffcott and Henson 1998). La fréquence élevée de ces pathologies ostéo-articulaires est responsable de pertes importantes dans la filière équine (Philipsson 1996). L'étiologie des AOAJ est multifactorielle, impliquant des phénomènes génétique, nutritionnels et mécaniques (McIlwraith 2001). Par ailleurs, l'OC a été associée à des vitesses de croissance élevées chez le poulet (Poulos *et al.* 1978), le taureau (Dutra *et al.* 1999) et le chien (Wu *et al.* 1974). Chez le cheval, la relation entre la vitesse de croissance ou le format et l'apparition d'anomalies squelettiques a été suggérée par Moore et McIlwraith (Moore and McIlwraith 1977), mais très peu d'expériences ont été réalisées pour le confirmer et encore moins l'expliquer. Les études épidémiologiques sont intéressantes car elles utilisent un grand nombre d'animaux (Jelan *et al.* 1996; Valette *et al.* 2004; Vervuert *et al.* 2003) mais l'explication des phénomènes y est rendue difficile par la grande difficulté de maîtriser les nombreux facteurs influençant l'apparition de l'OC (alimentation, exercice.....). Des études expérimentales mettant en oeuvre des modèles de croissance liés à des modèles d'apports nutritionnels sont donc nécessaires. Et une attention particulière doit être apportée à la période naissance – sevrage car beaucoup de lésions apparaissent pendant cette période postnatale dite sensible (Dik *et al.* 1999b).

L'objectif de cette étude a été de comparer la fréquence et la gravité des AOAJ chez des poulains réalisant des vitesses de croissance élevées ou modérées permises par des apports nutritionnels élevés ou modérés, mais toujours équilibrés, en ayant recours à des régimes à concentration énergétique modérée (e.g. proportion de céréales ou d'amidon).

1. Matériel et méthodes

1.1. Schéma expérimental

Trente neuf poulains (SF, AA) ont reçu de la naissance jusqu'à l'âge de 12 mois deux niveaux d'apports alimentaires globaux équilibrés et de concentration énergétique modérée calculés et mis en oeuvre à l'aide des modèles d'apports nutritionnels établis par l'INRA (Martin-Rosset *et al.* 1994) afin d'obtenir une croissance maximale permise par le potentiel génétique tout en évitant le phénomène d'engraissement (NH, n=20), ou une croissance modérée (NM, n=19, 100p100 des recommandations INRA, voir Fleurance et 2006, ce congrès).

1.2. Animaux, alimentation et conduite

Les poulains utilisés dans cette étude sont issus de 43 juments de races SF ou AA réparties en deux groupes équilibrés selon des critères de poids vif (534 vs 555 kg), d'âge (8,9 vs 10,1 ans), d'épaisseur du canon (4,3 vs 4,4 cm). Les juments des 2 lots ont été saillies par les 6 mêmes étalons des HN. Les poulains issus de ces deux groupes sont nés à une date (28 et 27 Avril) , un poids vif (NM : 55,8 kg vs NH : 53,3 kg), avec un sexe ratio (mâle/femelle : 6/13 dans le lot NM et 8/12 dans le lot NH) comparables.

Le détail du rationnement des animaux réalisé selon les recommandations alimentaires (INRA 1990) et de l'hébergement des animaux sont décrits dans la communication de Fleurance et al. 2006, (ce congrès).

1.3. Mesures

Les mesures zootechniques réalisées sont indiquées dans la communication Fleurance et al. 2006 (ce congrès). Tous les poulains ont été radiographiés à 5,5 mois (170 ± 22 jours) puis 11 mois (333 ± 5 jours) pour diagnostiquer les lésions articulaires. Les 4 doigts, les jarrets et les grassets ont été examinés par une vue de profil. Ces articulations ont été choisies d'une part parce qu'il est possible de les radiographier sur un grand nombre d'animaux, et d'autre part car elles sont réputées être fréquemment affectées par des pathologies ostéo-articulaires (Watkins 1992). Les radiographies ont été évaluées par trois vétérinaires experts en imagerie (Jean-Marie Denoix, Céline Robert et Sandrine Jacquet). Les radiographies ont été analysées en considérant le statut ostéo-articulaire : atteint vs sain, et le nombre de lésions, pour les catégories de lésions suivantes (1) toutes les lésions des membres, (2) OC ou OC like (Hurtig and Pool 1996), (3) OC (Dik *et al.* 1999a) (tenon intermédiaire du tibia distal et lèvres latérales des trochlées fémorales et taliques), (4) toutes les lésions des boulets, (5) et les lésions du tarse proximal (tenon intermédiaire et malléoles tibiales, et talus).

A l'âge de 12 mois, les 8 poulains les plus touchés de chaque groupe ont été euthanasiés afin d'examiner les articulations cervicales et des membres (sauf hanche et interphalangienne distale). Les lésions ont été comptées et leur gravité notée selon des classifications établies (van Weeren and Barneveld 1999). Les données obtenues ont été analysées en considérant (1) toutes les lésions (membres et cervicales), (2) les lésions des membres, (3) les lésions cervicales, (4) les lésions OC, (5) et les lésions du tarse proximal.

1.4. Analyse statistique

Les courbes de poids vif (PV), de hauteur au garrot (HG) et de largeur du canon (LC) ont été comparées entre les 2 groupes à l'aide d'un modèle mixte pour mesures répétées, avec l'âge en co-variable. Les gains moyens quotidiens (GMQ) de PV, de HG et de LC réalisés au cours de différentes périodes étudiées ont été comparés entre les deux groupes à l'aide d'un t-test. Les incidences (pourcentage de sujets atteints) de pathologies ostéo-articulaires radiographiques ont été comparées entre les deux groupes à l'aide d'une régression logistique. Le nombre de lésions comptabilisées par le même examen a été comparé par un t-test. Le nombre et le score total des lésions nécropsiques ont été comparés à l'aide d'un test de Kruskal Wallis.

Les variables de croissance des animaux atteints ou sains ont été comparées par régression logistique pour déterminer les effets de la croissance sur le statut ostéo-articulaire. Les corrélations entre la croissance et le nombre ou le score des lésions ont été analysées par un test de Pearson (données radiographiques, n=39) ou de Spearman (nécropsie, n=16). Le niveau de signification statistique retenu a été $P < 0,05$.

2. Résultats

2.1. Apports alimentaires et croissance

Les poulains du groupe NH ont reçu en moyenne des niveaux d'apports alimentaires correspondants à 130p100 de 0 à 2 mois puis de 150p100 jusqu'à 12 mois des apports du groupe NM (Tableaux 1 et 2).

Tableau 1: consommation journalière de nutriments par les poulains avant le sevrage
Daily nutrients intake of the foals before weaning

		MADC (g)	UFC	Ca (g)	P (g)
·2 mois/ <i>months</i>	NM/ML	298	3.40	(42)	(23)
	NH/HL	379	4.40	(53)	(30)
·6 mois/ <i>months</i>	NM/ML	446	3.8	(31)	(17)
	NH/HL	701	5.7	(43)	(24)

MADC: *Matières Azotées Digestibles Cheval/Horse Digestible Crude Protein*; UFC: *Unité Fourragère Cheval/Horse Feed Unit*. Parenthèses : *consommation en minéraux prévues à partir des équations du NRC In Brackets: minerals intakes predicted using equations of NRC (NRC 1989)*.
NM : *niveau modéré/ML : moderate level* ; NH : *niveau haut/HL : high level*

Tableau 2: Consommation journalière de nutriments par les poulains après le sevrage
Daily nutrients intake of the weanlings

	Intake (kgMS/kgDM)	MADC (g)	UFC	Ca (g)	P (g)	Cu (mg)	Zn (mg)	Vit A (UI/IU)	Vit D (UI/IU)
NM/ML	4.95	510	4.7	31	18	69	248	19800	2475
NH/HL	7.18	768	7.2	43	27	86	401	22832	3044

MADC: *Matières Azotées Digestibles Cheval /Horse Digestible Crude Protein*; UFC: *Unité Fourragère Cheval/Horse Feed Unit*. NM : *niveau modéré/ML : moderate level* ; NH : *niveau haut/HL : high level*

Le poids vif, HG et LC du groupe NH sont supérieurs dès les âges de 1 mois, 3 mois et 3.2 mois respectivement. Et la différence s'accroît avec l'âge (Tableaux 3 et 4). Le gain de PV réalisé au sevrage représente dans les deux groupes 65 p100 du gain de PV total réalisé entre 0 et 12 mois. Et 73 et 70 p100 du gain de HG ont été réalisés à 6 mois pour les deux groupes respectivement.

Tableau 3 : Poids Vif (PV), Hauteur au Garrot (HG) et Gains Moyens Quotidiens (GMQ) (\pm ESM) correspondants dans les Niveaux nutritionnels Haut (NH) et Modéré (NM)
Body Weight (BW) and Height at Withers (HW) and corresponding Average Daily Gains (ADG) (\pm SEM) in the High (HL) and Moderate (ML) feeding Level groups

Age (mois/months)	PV (kg) et GMQPV (g/jour) <i>BW (kg) and ADGBW (g/day)</i>		HG (cm) et GMQHG (mm/jour) <i>HW (cm) and ADGHW (mm/day)</i>	
	NM/ML	NH/HL	NM/ML	NH/HL
naissance/birth	55.8 (\pm 2.6)	53.3 (\pm 1.4) ^{NS}	102.0 (\pm 1.1)	102.2 (\pm 0.6) ^{NS}
6	214.9 (\pm 5.7)	274.0 (\pm 4.3) ^{***}	131.5 (\pm 1.0)	136.5 (\pm 0.6) ^{***}
12	302.3 (\pm 7.7)	390.7 (\pm 6.3) ^{***}	144.3 (\pm 1.0)	148.9 (\pm 0.9) ^{***}
0 à/to 6	873 (\pm 29)	1254 (\pm 25) ^{***}	1.58 (\pm 0.07)	1.90 (\pm 0.07) ^{**}
0 à/to 12	685 (\pm 22)	937 (\pm 16) ^{***}	1.17 (\pm 0.03)	1.30 (\pm 0.03) ^{**}
7 à/to 12 ^{\$}	528 (\pm 26)	668 (\pm 36) ^{**}	0.73 (\pm 0.02)	0.69 (\pm 0.05) ^{NS}

^{\$} entre 6 et 7 mois : adaptation au distributeur automatique d'aliments, au régime alimentaire, vaccination et vermifugation
 / *Between 6 and 7 months: adaptation to automatic feeder and diet, vaccination and anthelmintic treatment.*
 NS: $P > 0.05$; **: $P < 0.01$; ***: $P < 0.001$ (t-test).

Tableau 4 : Largeur du canon (LC) et gain moyen quotidien correspondant (GMQ) (\pm ESM) dans les niveaux nutritionnels haut (NH) et modérés (NM)
Mid cannon width (CW) and corresponding average daily gains (ADG) (\pm SEM) in the high (HL) and moderate (ML) feeding level groups

Age (semaines/weeks)	LC (mm) et ADGLC (μ m/jour) <i>CW (mm) et ADGCW (μm/day)</i>	
	ML	HL
Naissance/birth	30.6 (\pm 0.4)	30.2 (\pm 0.3) ^{NS}
30	36.7 (\pm 0.4)	38.9 (\pm 0.3) ^{***}
52	38.0 (\pm 0.5)	40.1 (\pm 0.4) ^{***}
0 à/to 30	28.6 (\pm 1.8)	40.9 (\pm 1.3) ^{***}
0 à/to 52	20.6 (\pm 1.0)	29.1 (\pm 0.9) ^{***}
30 à/to 52	9.7 (\pm 1.1)	13.3 (\pm 1.3) ^{NS}

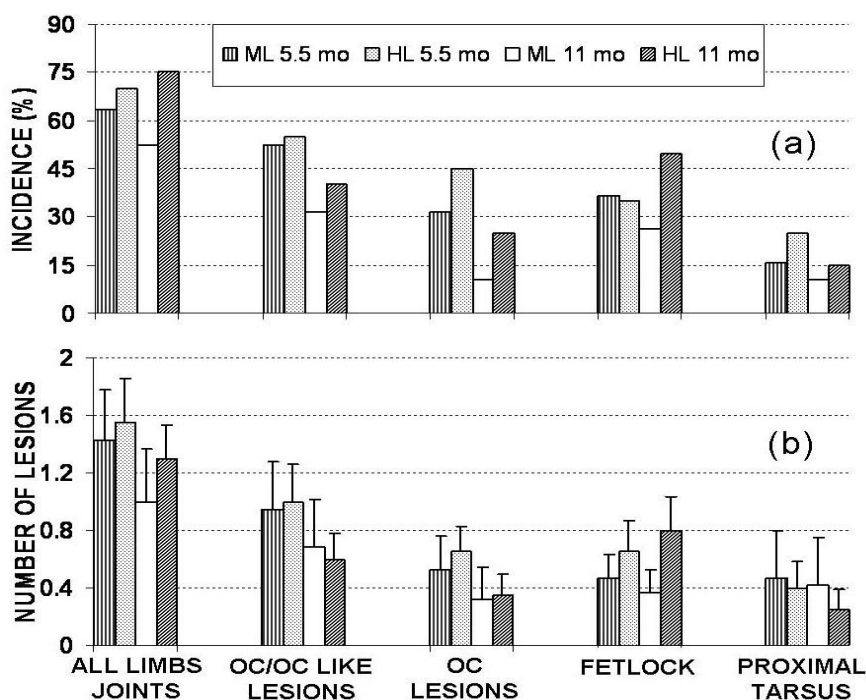
NS: $P > 0.05$; ***: $P < 0.001$ (t-test).

2.2. Statut ostéo-articulaire

Au plan général

Le nombre de lésions a été plus élevé à l'âge de 5,5 mois qu'à celui de 11 mois ($0.022 < P < 0.005$), excepté pour les lésions du boulet et du tarse proximal (figure 1). La probabilité pour qu'un poulain soit atteint à 11 mois a été 9 fois supérieure environ (selon le site) pour un poulain déjà atteint à 5,5 mois.

Figure 1 : Incidence (a) et nombre de lésions (b) radiographiques à 5,5 et 11 mois pour les deux lots de poulains et pour les 5 catégories de lésions (moyennes et ESM)
Incidence (a) and lesions count (b) at 5.5 and 11 months for the 5 categories of lesions considered (means and SEM)



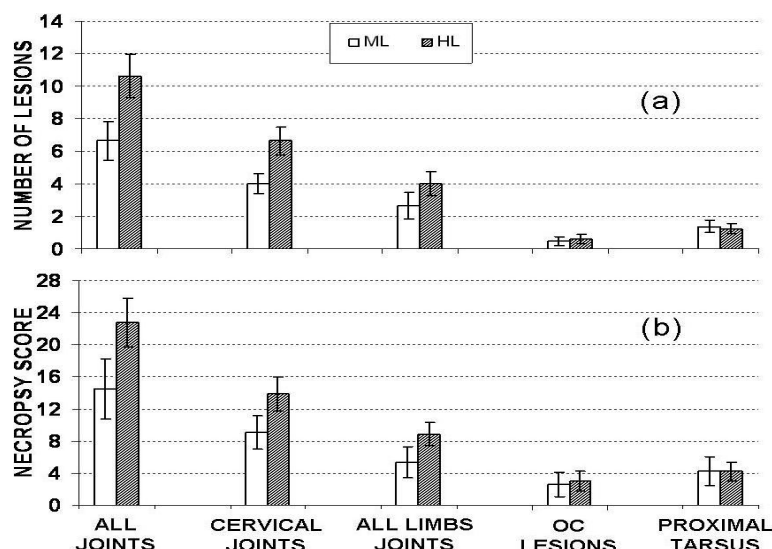
Les examens nécropsiques révèlent que les articulations cervicales étaient fortement atteintes, le score nécropsique des cervicales étant supérieur, mais toutefois corrélé ($P=0.003$, $R=0.69$) à celui des membres. Les articulations du tibia se révèlent, à l'examen nécropsique, fortement atteintes (60% des lésions), contrairement à celles des grassetts (13%) et des épaules (13%).

Effets du niveau des apports alimentaires

Aucune différence statistiquement significative n'a été observée entre les deux groupes NH et NM après examens radiographiques ou nécropsiques des différentes catégories de lésions des membres. Seuls le nombre de lésions cervicales subissent un effet positif du niveau d'apport nutritionnel ($P=0.033$). Le nombre et le score lésionnel total (cervicales et membres) observés par examen nécropsique tend à être plus élevé chez les animaux du NH ($P=0.057$ et 0.092 respectivement) (Figure 2).

Figure 2 : Nombre (a) et score (b) des lésions nécropsiques à 12 mois pour les deux lots de poulains et pour les 5 catégories de lésions (moyennes et ESM)

Count (a) and score (b) of lesions at necropsy 12 months for the 5 categories of lesions considered (means and SEM)



Effets du format ou de la croissance

Ces effets ont été étudiés sur l'ensemble des animaux regroupés en calculant les corrélations entre le format, la croissance et soit : l'incidence, le nombre ou le score lésionnel. L'examen radiographique montre qu'il y a principalement de nombreuses et fortes corrélations entre l'incidence (Tableau 5) ou le nombre (Tableau 6) des lésions du boulet et la croissance. Les lésions du boulet sont fortement corrélées au GMQ de LC aux différentes périodes testées. Les fréquences des lésions OC/OC like, des tarse proximaux sont corrélées à LC et à son GMQ (Tableau 5). Le nombre de lésions de tous les membres observé à 11mois est corrélé à PV et HG (Tableau 6).

Tableau 5 : Corrélations significatives entre les variables du format ou de la croissance et l'incidence radiographique des différentes AOAJ considérées à 5,5 et 11 mois
Significant correlations between growth variables and the incidence of DOD lesions assessed by X-ray examination at 5.5 and 11 months

AOAJ radiographiques / DOD from X-ray		Croissance ou format/ Size or Growth		Significativité/ Significance	
Site	Age	Variable	Age/period	P-value	Odd ratio
Toutes lésions des membres /All limbs joints	5.5	LC/CW	14 semaines / weeks	0.022	355
	11	GMQLC/ADGCW	0-14 semaines / weeks	0.048	>999
	11	GMQLC/ADGCW	4-14 semaines / weeks	0.033	>999
OC/OC like lesions	5.5	LC/CW	4 semaines / weeks	0.039	116
	5.5	GMQLC/ADGCW	0-14 semaines / weeks	0.011	>999
	5.5	GMQLC/ADGCW	4-14 semaines / weeks	0.017	>999
	5.5	GMQPV/ADGBW	0-2 semaines / months	0.029	1.005
Boulets / Fetlock joints	11	GMQLC/ADGCW	0-14semaines / weeks	<0.001	>999
	11	GMQLC/ADGCW	0-4 semaines / weeks	0.004	>999
	11	GMQLC/ADGCW	4-14 semaines / weeks	0.004	>999
	11	GMQLC/ADGCW	0-52 semaines / weeks	0.016	>999
Tarse proximal / Proximal tarsus joints	5.5	PV/BW	2 mois / months	0.034	1.07
	5.5	LC/CW	4 mois / weeks	0.015	535
	5.5	LC/CW	14 mois / weeks	0.025	453
	5.5	GMQLC/ADGCW	0-14 semaines / weeks	0.036	>999

Tableau 6 : Corrélations significatives entre les variables du format ou de la croissance et le nombre de lésions radiographiques des différentes AOAJ considérées à 5,5 et 11 mois
Significant correlations between growth variables and the number of DOD lesions assessed by X-ray examination at 5.5 and 11 months

AOAJ radiographiques / DOD from X-ray		Croissance ou format/ Size or Growth		Significativité/ Significance	
Site	Age	Variable	Age/period	P-value	R
	11	HG/HW	9 mois/ <i>months</i>	0.016	0.38
Toutes lésions des membres / <i>All limbs joints</i>	11	HG/HW	6 mois/ <i>months</i>	0.028	0.35
	11	HG/HW	12 mois/ <i>months</i>	0.029	0.35
	11	PV/BW	12 mois/ <i>months</i>	0.040	0.33
	11	PV/BW	9 mois/ <i>months</i>	0.045	0.32
	5.5	GMQLC/ADGCW	4-14 semaines/ <i>weeks</i>	0.002	0.47
	5.5	GMQLC/ADGCW	0-14 semaines/ <i>weeks</i>	0.006	0.52
	5.5	GMQPV/ADGBW	0-2 mois/ <i>months</i>	0.012	0.37
	11	GMQLC/ADGCW	0-14 semaines/ <i>weeks</i>	<0.001	0.56
Boulets / <i>Fetlock joints</i>	11	GMQLC/ADGCW	0-30 semaines/ <i>weeks</i>	0.002	0.48
	11	GMQLC/ADGCW	4-14 semaines/ <i>weeks</i>	0.003	0.46
	11	GMQLC/ADGCW	0-52 semaines/ <i>weeks</i>	0.004	0.46
	11	PV/BW	12 mois/ <i>months</i>	0.018	0.38
	11	GMQPV/ADGBW	0-12 mois/ <i>months</i>	0.018	0.38
	11	LC/CW	52 semaines/ <i>weeks</i>	0.034	0.34
	11	LC/CW	30 semaines/ <i>weeks</i>	0.042	0.33

A l'examen nécropsique, le nombre de lésions cervicales observé est faiblement corrélé à la croissance et au format. En revanche le nombre et le score de gravité de toutes les catégories de lésions des membres sont fortement corrélés au format et à la croissance (tableaux 7 et 8). Les valeurs instantanées de HG à un âge donné (inclus la naissance) sont les paramètres les mieux corrélés.

Tableau 7 : Corrélations significatives entre les variables du format ou de la croissance, et le nombre de lésions nécropsiques des différentes AOAJ considérées à 12 mois
Significant correlations between growth variables and the number of DOD lesions assessed by necropsy at 12 months

AOAJ nécropsiques / DOD at necropsy		Croissance ou format/ Size or Growth		Significativité/ Significance	
Site	Variable	Age/period (mois, months)	P-value	R	
Toutes lésions des membres / <i>All limbs joints</i>	HG/HW	Naissance/ <i>Birth</i>	0.004	0.68	
	HG/HW	2	0.014	0.60	
	GMQPV/ADGBW	7-12	0.020	0.57	
	PV/BW	Naissance/ <i>Birth</i>	0.039	0.52	
Lésions d'OC/ OC <i>lesions</i>	HG/HW	2	0.004	0.67	
	HG/HW	Naissance/ <i>Birth</i>	0.018	0.58	
	HG/HW	6	0.038	0.52	
Tarse proximal/ <i>Proximal</i> tarsus joints	HG/HW	Naissance/ <i>Birth</i>	0.003	0.69	
	HG/HW	2	0.006	0.66	
	PV/BW	Naissance/ <i>Birth</i>	0.006	0.66	

Tableau 8: Corrélations significatives entre les variables du format ou de la croissance, et le score des lésions nécropsiques des différentes AOAJ considérées à 12 mois

Significant correlations between the necropsy severity score of DOD lesions assessed at 12 months

AOAJ nécropsiques / DOD at necropsy	Croissance ou format/ Size or Growth		Significativité/ Significance	
	Site	Variable	Age/period	P-value
Toutes les articulations des membres / All limb joints	HG/HW	Naissance/Birth	0.009	0.63
	HG/HW	2 mois/months	0.009	0.62
	HG/HW	6 mois/months	0.037	0.52
	HG/HW	9 mois/months	0.039	0.52
	HG/HW	Naissance/Birth	0.039	0.52
Lésions d'OC / OC lesions	HG/HW	2 mois/months	0.004	0.68
	HG/HW	Naissance/Birth	0.037	0.52
	LC/CW	52 semaines/weeks	0.041	0.51
	PV/BW	2 mois/months	0.043	0.51
Tarse proximal / Proximal tarsus joints	LC/CW	14 semaines/weeks	0.048	0.50
	HG/HW	2 mois/months	<0.001	0.79
	HG/HW	Naissance/Birth	0.003	0.69
	PV/BW	2 mois/months	0.016	0.59
	HG/HW	6 mois/months	0.018	0.58
	LC/CW	14 semaines/weeks	0.035	0.53

3. Discussion – Conclusion

La fréquence de l'ensemble des lésions déterminées à l'âge de 5,5 mois par radiographie dans notre étude (66,7p100) est très proche de celle observée par Robert et al. (Robert *et al.* 2005) dans le cadre d'une étude épidémiologique réalisée en Normandie selon le même protocole radiographique sur 393 poulains (67,4p100).

Notre observation d'une régression partielle des lésions après 5,5 mois est conforme à celle de Dik et al. (Dik *et al.* 1999a). Les examens nécropsiques ont permis de confirmer aussi la fréquence et la gravité des lésions des articulations cervicales (van Weeren and Barneveld 1999). Il est probable que la genèse des lésions cervicales est différente de celle des membres car elles sont associées au niveau des apports alimentaires tandis que celles des membres sont corrélées à la croissance et au format. La signification clinique de ces lésions n'est pas établie.

Aucun effet statistiquement significatif du niveau des apports alimentaires sur l'apparition des lésions n'est établi, même s'il y a une forte tendance à l'accroissement avec l'augmentation des apports. Savage et al. (Savage *et al.* 1993) avaient montré qu'un apport énergétique élevé réalisé avec une ration à forte proportion de céréales et représentant 129 p100 (lot expérimental) de l'apport normal (lot témoin), provoquait un accroissement très fort de la fréquence des lésions. Cela signifierait que l'apport énergétique maximum réalisé avec une ration à base de céréales pour atteindre une concentration énergétique maximum et donc un rapport protéine / énergie très faible constituerait un facteur de risque de l'apparition de lésions OC plus important que celui d'apports énergétiques élevés effectués avec une ration de concentration énergétique modérée qui conduit à un rapport protéine/énergie plus élevé et donc mieux équilibré (e.g. cohérent avec les règles fondamentales du rationnement établies par INRA 1990).

Le risque d'apparition des lésions ostéo-articulaires des membres est lié au format important permis par des apports alimentaires élevés. Le risque dépend fortement du site articulaire. La faible liaison avec le gain journalier de PV observé dans notre étude confirme les travaux antérieurs de Gee *et al.* 2005; Jelan *et al.* 1996; van Weeren *et al.* 1999. En revanche nous avons établi des liaisons entre les lésions, LC et surtout HG contrairement à une précédente étude (van Weeren *et al.* 1999). La signification biologique de ces liaisons reste à établir.

Les corrélations établies entre le format, le PV et les lésions ne sont pas entièrement comparables entre les deux méthodes d'examen par radiographie et nécropsie car les observations portent respectivement sur 39 et 16 animaux. Lorsque les observations réalisées, avec ces deux méthodes, sont comparées sur les seuls 16 animaux euthanasiés, le nombre de lésions et leurs corrélations sont alors comparables. Les différences indiquées précédemment sont probablement dues au fait que les 16 animaux euthanasiés n'étaient pas suffisamment représentatifs de la population totale.

En conclusion, des apports nutritionnels élevés mais équilibrés, notamment en énergie par rapport aux apports en protéines en raison d'une concentration énergétique modérée (e.g. ; concentration en glucides), pendant la première année postnatale n'accroît pas significativement (e.g. au sens statistique du terme) l'apparition et la gravité des lésions. En conséquence, une vitesse de croissance élevée pour atteindre un poids vif de près de 390kg à 12 mois (groupe NH), ce qui représente 70 p100 du poids vif adulte au lieu de 56 p100 dans le cadre d'une croissance modérée (groupe NM) serait réalisable pendant cette période d'élevage, par de jeunes chevaux destinés à la compétition sans atteindre, dans nos conditions, un seuil de risque statistique trop important (e.g. probabilité d'exprimer une pathologie au niveau de la population étudiée). Ces proportions du poids vif atteint dans les deux groupes NH et NM sont celles qui ont été fixées dans les recommandations alimentaires (INRA 1990). Toutefois l'objectif de 390 kg ne peut pas être encore considéré comme une certitude acquise.

Les gains moyens quotidiens de PV et HG ont un effet modéré sur l'apparition des pathologies ostéo-articulaires. En revanche, la probabilité pour qu'un poulain soit atteint à 11 mois a été 9 fois supérieure environ (selon le site) pour un poulain déjà atteint à 5.5 mois, car les valeurs instantanées de PV et surtout de HG déjà atteintes avant le sevrage ont un effet important ; sans que nous puissions affirmer que ce sont les seuls facteurs qui interviennent.

Les objectifs de poids vif (voire de format) à atteindre à 12 mois avec les apports nutritionnels correspondants pour préparer un cheval athlète sont probablement entre 60 et 70 p100 (PV 12 mois exprimé par rapport au poids vif adulte) quand la ration offerte est équilibrée au plan nutritionnel en raison notamment d'une concentration énergétique modérée pour respecter probablement un rapport protéines/énergie à minima de 100-120g MADC/ UFC. (INRA 1990).

Remerciements

Nous tenons à remercier : la région Limousin et les HN pour le co-financement de la thèse de Monsieur DONABEDIAN réalisée dans le cadre de ce programme de recherche ; professeur JM DENOIX et Dr vétérinaire Sandrine JACQUET de l'ENV Alfort (UMR INRA-ENVA BPLC) et du Cirale de Dozulé pour avoir réalisé les radiographies et apporté leur expertise, en particulier, dans le domaine du diagnostic des AOA ; et le personnel de la station expérimentale des HN à Chamberet pour la conduite et les soins apportés aux animaux.

Bibliographie

Dik, K.J., Enzerink, E. and van Weeren, P.R. (1999a) Radiographic development of osteochondral abnormalities, in the hock and stifle of Dutch Warmblood foals, from age 1 to 11 months. *Equine Vet. J. Suppl.* 31, 9-15.

Dik, K.J., Enzerink, E. and van Weeren, P.R. (1999b) Radiographic development of osteochondral abnormalities, in the hock and stifle of Dutch Warmblood foals, from age 1 to 11 months. *Equine Vet. J. Suppl.* 31, 9-15.

Dutra, F., Carlsten, J. and Ekman, S. (1999) Hind limb skeletal lesions in 12-month-old bulls of beef breeds. *Zentralbl. Veterinarmed. A.* 46, 489-508.

Gee, E.K., Firth, E.C., Morel, P.C., Fennessy, P.F., Grace, N.D. and Mogg, T.D. (2005) Articular / epiphyseal osteochondrosis in Thoroughbred foals at 5 months of age: influences of growth of the foal and prenatal copper supplementation of the dam. *N Z Vet J* 53, 449-457.

Hurtig, M.B. and Pool, R.R. (1996) Pathogenesis of equine osteochondrosis. In: *Joint disease in the horse*, Eds: C.W. Mc Ilwraith and G.W. Trotter, Saunders, Philadelphia. pp 335-358.

INRA (1990) *Alimentation des chevaux.*, INRA, Paris, France. p 232.

Leffcott, L.B. and Henson, F.M. (1998) Studies on growth cartilage in the horse and their application to aetiopathogenesis of dyschondroplasia (osteochondrosis). *Vet. J.* 156, 177-192.

- Lelan, Z.A., Jeffcott, L.B., Lundeheim, N. and Osborne, M. (1996) Growth rates in Thoroughbred foals. *Pferdeheilkunde* 12, 291-295.
- Martin-Rosset, W., Vermorel, M., Doreau, M., Tisserand, J.L. and Andrieu, J. (1994) The French horse feed evaluation systems and recommended allowances for energy and protein. *Livestock Production Science* 40, 37-56.
- McIlwraith, C.W. (2001) Developmental orthopaedic disease (DOD) in horses - a multifactorial process. In: *17th Symposium of Equine Nutrition and Physiology Society*, Lexington, Kentucky. pp 2-23.
- Moore, J.N. and McIlwraith, C.W. (1977) Osteochondrosis of the equine stifle. *Vet. Rec.* 100, 133-136.
- NRC (1989) *Nutrients requirements of horses, 5th Revised edition. Subcommittee on Horse Nutrition Board.*, Agricultural National Academy Press, Washington. p 100.
- Philipsson, J. (1996) Pathogenesis of osteochondrosis - genetic implications. In: *Joint disease in the horse*, Ed: C.W. McIlwraith, Saunders company, Philadelphia. pp 359-361.
- Poulos, P.W., Jr., Reiland, S., Elwinger, K. and Olsson, S.E. (1978) Skeletal lesions in the broiler, with special reference to dyschondroplasia (osteochondrosis). Pathology, frequency and clinical significance in two strains of birds on high and low energy feed. *Acta Radiol. Suppl.* 358, 229-275.
- Robert, C., Jacquet, S., Valette, J.P. and Denoix, J.M. (2005) Breed variations in the distribution of osteoarticular lesions in horses at weaning. In: *56th Annual Meeting of the European Association for Animal Production*, Ed: Y. van der Honing, Wageningen Academic Publishers, Uppsala, Sweden. p 334.
- Savage, C.J., McCarthy, R.N. and Jeffcott, L.B. (1993) Effects of dietary energy and protein on induction of dyschondroplasia in foals. *Equine Vet. J. Suppl.* 16, 74-79.
- Valette, J.P., Paragon, B.M., Blanchard, G., Robert, C. and Denoix, J.M. (2004) Feeding practices and prevention from development related diseases. In: *Second European Workshop on Equine Nutrition. The growing horse: nutrition and prevention of growth disorders*, Eds V. Julliard and W. Martin-Rosset, EAAP No 111, Dijon, France. pp 297-308.
- Van Weeren, P.R. and Barneveld, A. (1999) The effect of exercise on the distribution and manifestation of osteochondrotic lesions in the Warmblood foal. *Equine Vet. J. Suppl.* 31, 16-25.
- Van Weeren, P.R., Sloet van Oldruitenborgh, M.M. and Barneveld, A. (1999) The influence of birth weight, rate of weight gain and final achieved height and sex on the development of osteochondrotic lesions in a population of genetically predisposed Warmblood foals. *Equine Vet. J. Suppl.* 31, 26-30.
- Vervuert, I., Coenen, M., Borchers, A., Granel, M., Winkelsett, S., Christmann, L., Distl, O., Bruns, E. and Hertsch, B. (2003) Growth rates and the incidence of osteochondrotic lesions in hanoverian warmblood foals. In: *Eighteenth Equine Nutrition and Physiology Symposium*, East Lansing, MI. pp 113-114. Watkins, J.P. (1992) Osteochondrosis. In: *Equine Surgery*, Ed: J.A. Auer, Saunders, Philadelphia. pp 971-984.
- Wu, F.M., Hedhammar, A. and Krook, L. (1974) Overnutrition and skeletal disease. An experimental study in growing Great Dane dogs. IX. The long bones. *Cornell Vet.* 64, Suppl 5:83-114.