

Apports nutritionnels et croissance osseuse du cheval de sport

PROBLÈME POSÉ

La période de croissance chez le cheval dure de 3 à 5 ans, soit 40 à 75% de la vie productive selon le type génétique et d'utilisation.

Cela représente pour les éleveurs et utilisateurs un gros investissement zootechnique, de préparation et financier qui conditionne les performances ultérieures, la longévité du cheval et sa rentabilité. Les chevaux sont utilisés dans différentes disciplines (courses, sport) de plus en plus intensivement. Ils sont mis à l'entraînement à partir de 18 mois pour les chevaux d'hippodrome et 3-4 ans pour les chevaux de sport, âges auxquels la croissance, notamment l'ossification ne sont pas achevés.

Les bilans radiographiques réalisés en France ces dernières années, selon la méthode du score radiographique (SR) établie par Denoix et al. (1997) montrent que 32% à 57% des chevaux de sport et 36% des trotteurs ont un SR moyen à mauvais (Denoix et Valette 2001, Valette et al. 2000).

Tous les auteurs s'accordent :

- d'une part, pour estimer une héritabilité des affections ostéo-articulaires juvéniles (AOAJ) modérée ($0.10 < h^2 < 0.35$) (Ricard et al. 2001) et
- d'autre part, pour reconnaître l'effet majeur des facteurs environnementaux tels que le mode d'élevage, la nutrition et la méthode d'entraînement sur la croissance osseuse et sa régulation (cf. revue de Martin-Rosset 2001) et l'apparition d'AOAJ (cf. revue de Mc Ilwraight 2001).

L'ostéochondrose (OC) est la composante majeure des AOAJ dont les différentes composantes sont encore mal définies.

L'OC affecte le cheval comme les autres mammifères et elle pourrait avoir pour origine une perturbation du processus d'ossification endochondrale du cartilage de croissance. L'étiologie des AOAJ est multifactorielle, impliquant des phénomènes génétiques, nutritionnels et mécaniques. L'OC est associée à des vitesses de croissance élevée chez le cheval,

comme chez d'autres mammifères. Et la période naissance - sevrage est réputée sensible à l'apparition de lésions.

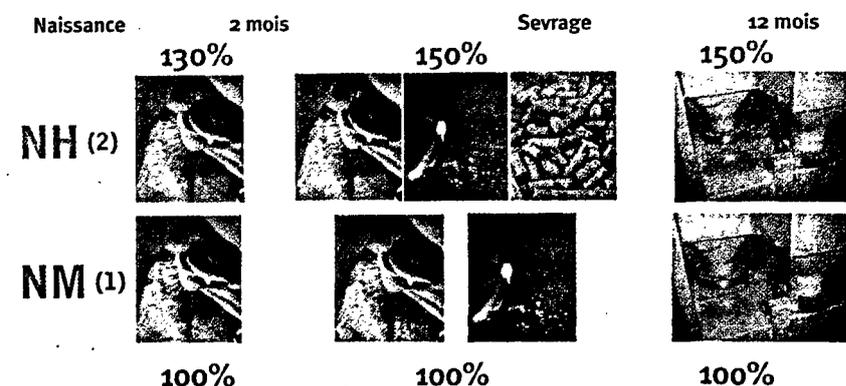
C'est pourquoi un programme interdisciplinaire de recherche a donc été mis en place par l'INRA et les HN en mars 2002 et s'est achevé en mars 2006. Ce programme a associé des spécialistes de l'INRA (équipes Nutrition- physiologie-génétique), des Haras nationaux (station expérimentale), ENV Alfort (équipe Biomécanique pathologie du cheval), ENV Lyon (département hippique), et des facultés de médecine vétérinaire de Utrecht (Pays-Bas) et Turin (Italie).

Les objectifs scientifiques de ce programme ont été d'étudier les effets des niveaux d'apports nutritionnels au cours de la première année postnatale sur la croissance osseuse, sa régulation nutritionnelle et endocrinienne et l'apparition d'AOAJ. En termes pratiques, il s'agissait de déterminer, au cours de la période critique, la croissance optimale et les apports nutritionnels correspondants pour préparer un cheval athlète et de mettre au point des outils biologiques de prévision des déviations du statut ostéoarticulaire, en vue de fournir des moyens de prévention de l'apparition des AOAJ.

EFFETS DE DEUX MODÈLES DE CROISSANCE ET D'APPORTS NUTRITIONNELS CORRESPONDANT SUR L'APPARITION D'AFFECTIONS OSTÉOARTICULAIRES JUVÉNILES CHEZ LE JEUNE CHEVAL ATHLÈTE

Deux lots de 20 poulains (mâles et femelles) de races SF et AA issus du troupeau de la station expérimentale de Chamberet ont été alimentés de la naissance à 12 mois pour réaliser une croissance maximum (NH) ou modérée (NM) correspondant respectivement au potentiel génétique ou à 75% de ce potentiel évalué au cours d'études antérieures sur des produits de même race (Bigot et al., 1987 ; Trillaud-Geyl et al., 1992). Les apports alimentaires globaux ont représenté 100% des recommandations alimentaires préconisées par INRA 1990 pour le groupe NM et 130 à 150% entre 0 - 6 mois et 6 - 12 mois respectivement pour le groupe NH (figure 1). Les apports alimentaires respectaient, dans chaque groupe, les équilibres nutritionnels majeurs (protéines/énergie ; calcium/phosphore ; vitamine A /vitamine D et cuivre/zinc) propres à chaque niveau de croissance et poids vif visés. Tous les poulains ont été conduits dans des conditions d'élevage homogènes (0 - 6 mois : box + paddock d'exercice ; 6 - 12 mois : stabulation libre).

FIGURE 1 : PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL DE RÉALISATION DES MODÈLES DE CROISSANCE ET NUTRITIONNELS



NH : Niveau Haut

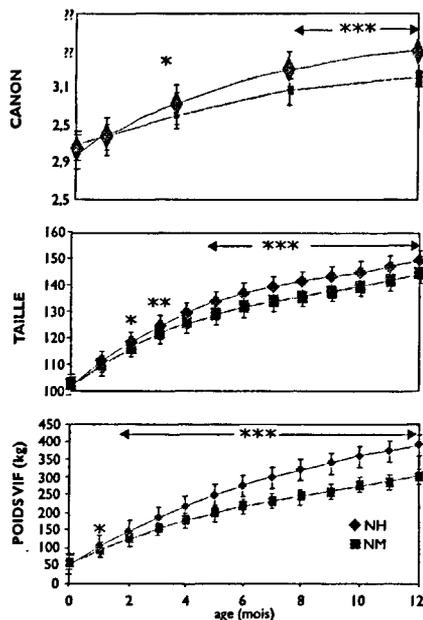
NM : Niveau modéré

(1) Recommandations alimentaires INRA 1990 pour une croissance modérée

(2) Niveau expérimental d'apports alimentaires pour une croissance maximum

► Le poids vif des deux lots n'était pas significativement différent à la naissance (53.6 kg pour NH et 55.8 kg pour NM). Les animaux du lot NH ont réalisé des gains de poids vif supérieur de + 19 kg, + 59 kg, + 88 kg à 2, 6, 12 mois respectivement (figure 2a). Le gain de poids réalisé au sevrage représente 65% du gain de poids vif total réalisé à 12 mois pour les deux lots NH et NM.

FIGURE 2 : EFFETS DU NIVEAU DES APPORTS NUTRITIONNELS SUR LA CROISSANCE PONDÉRALE (POIDS VIF EN KG), LE FORMAT (TAILLE EN CM) ET L'OSSIFICATION (LARGEUR DU CANON EN CM)



Les animaux du groupe NH sont plus grands (hauteur au garrot) de + 5.0 cm, + 4.7 cm et 6.0 cm à 2, 6 et 12 mois respectivement (figure 2b).

Les différences sont comparables pour tous les autres paramètres de l'évolution du format. 73 à 70% de ces différences sont atteintes au sevrage pour les lots NH et NM respectivement.

L'épaisseur du canon est significativement plus importante pour les animaux du lot NH à partir de 3 mois (figure 2c). Et l'accroissement journalier de l'épaisseur du canon entre 0-2, 3-6 et 6-12 mois est significativement plus élevé pour les animaux du lot NH (Fleurance et al 2006).

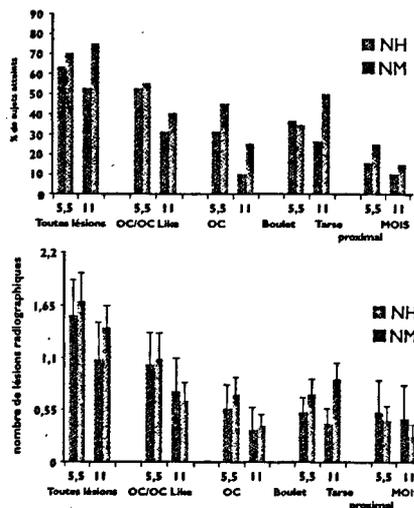
EFFETS DE DEUX MODÈLES DE CROISSANCE ET D'APPORTS NUTRITIONNELS OBSERVÉS SUR LE STATUT OSTÉOARTICULAIRE

Le statut ostéoarticulaire a été observé par radiographie à différents âges et par examens nécropsiques à 12 mois sur une partie des animaux euthanasiés (Donabédian et al., 2006a et b).

Effets du niveau des apports alimentaires

Aucune différence statistiquement significative n'a été observée à 11 mois entre les deux lots NH et NM après examens radiographiques (figure 3) bien que le nombre et le score lésionnel observés par examens nécropsiques tendent à être plus élevés chez les animaux du lot NH à 12 mois.

FIGURE 3 : INCIDENCE (FRÉQUENCE) ET NOMBRE DE LÉSIONS RADIOGRAPHIQUES À 5,5 MOIS ET 11 MOIS POUR LES DEUX LOTS DE POULAINS NH ET NM (DONABÉDIAN ET AL 2006)



En conclusion, le risque d'apparition de lésions est fortement limité chez les jeunes chevaux réalisant des croissances pondérales très élevées si les apports nutritionnels élevés, respectent les équilibres nutritionnels et que la concentration énergétique (ou proportion d'amidon est inférieure à 35 % dans la ration).

Effets du format et de la croissance

Le nombre ou la fréquence des lésions observées par radiographie au sevrage ou/et à 12 mois sont bien reliés à la hauteur au garrot, au poids vif, à la largeur du canon ou à sa vitesse de croissance à des âges précoces de la naissance à 4.5 mois (tableau 1). Ces résultats sont confirmés par des observations nécropsiques.

En conclusion, le risque d'apparition des lésions des membres pourrait être prévu à partir de critères zootechniques simples : hauteur au garrot surtout, ou de critères d'ossification (largeur du canon ou/et vitesse de croissance de l'épaisseur du canon mesuré à des âges très précoces avant le sevrage).

Effets du sexe

La puberté survient à 18 mois chez les mâles du lot NH et seulement à 25 mois chez les mâles du lot NM. L'installation de la puberté est, d'un point de vue hormonal, très progressive. La puberté des mâles du lot NH s'est effectuée en deux étapes :

- une étape d'initiation, lors de la première saison sexuelle au cours de

TABLEAU 1
CORRÉLATIONS DU NOMBRE DES AOAJ OBSERVÉS PAR RADIOGRAPHIE AVEC LES CRITÈRES DU FORMAT ET DE LA CROISSANCE.

	Age d'observation	Critères	Age de prévision
Toutes lésions des membres	11 mois	HG	6-9 mois
	11 mois	PV	9 mois
	5,5 mois	GMQ/LC	0-05-1-35 mois
Boulets	11 mois	LC	4,5 mois
		GMQ/LC	0-1-35-4,5 mois

AOAJ : affections ostéo-articulaires juvéniles

HG : hauteur au garrot

LC : largeur du canon

GMQ : gain moyen quotidien

PV : poids vif

laquelle les concentrations plasmatiques de testostérone et d'œstrogènes se sont accrues pour atteindre un plateau ;

- puis une seconde étape, où le fonctionnement hormonal se rapproche de celui de l'adulte car les concentrations des hormones se sont, à nouveau, accrues au cours de la seconde saison sexuelle pour atteindre des valeurs caractéristiques de l'adulte (Guillaume et al., 2006).

L'incidence et le nombre de lésions sont significativement plus élevés chez les mâles du lot NH pour toutes les lésions, sauf celles du boulet. Et la prédisposition des mâles aux OC, OC/OC like est particulièrement élevée au sevrage.

L'effet mâle serait donc lié aux phénomènes hormonaux préparant à la mise en place de la puberté dans le cas d'une élévation très importante des apports alimentaires. Le sexe pourrait être considéré, non pas comme un facteur de risque suffisant, mais comme un facteur aggravant de la formation des lésions AOAJ dans le cas de croissances très élevées liées à des apports alimentaires très importants.

Effets sur le statut minéral et l'architecture osseuse

La concentration plasmatique de magnésium n'a pas été corrélée aux AOAJ.

En revanche, la phosphatémie plasmatique aux âges de 8 et 41 semaines est corrélée positivement avec les AOAJ sans distinction de sites et de types de lésions. La calcémie plasmatique précoce est corrélée négativement avec AOAJ sans que la relation soit spécifique d'une catégorie de lésions.

La concentration plasmatique en cuivre à l'âge de 8 semaines est négativement corrélée au nombre total de lésions et au score de gravité des membres, ainsi qu'au nombre total de lésions (membres et cervicales).

De même, la concentration plasmatique en zinc à 52 semaines a été corrélée négativement avec le nombre total de lésions, le nombre de lésions OC/OC like, voire le score de gravité des lésions OC.

La densité minérale mesurée par double absorptiométrie des rayons X (DXA) s'est élevée pendant la première année postnatale sous l'effet de l'accroissement du poids vif lié aux apports alimentaires. Le statut ostéoarticulaire à l'âge de 12 mois est corrélé positivement avec les

densités minérales mesurées à 52 semaines. La densité du métacarpe est corrélée avec le nombre de lésions radiographiques du boulet à 11 mois et avec le score de gravité total observé par examen nécroscopique. La densité du calcaneum est corrélée avec le nombre de lésions radiographiques totales et au nombre de lésions du boulet.

Le nombre de travées osseuses et leur séparation (distance entre travées) sont plus faibles et plus importantes respectivement chez les poulains du lot NH. Le nombre de lésions radiographiques d'épiphyse métacarpienne au sevrage et à 11 mois augmente pour toutes les catégories de lésions du métacarpe, sauf celle du boulet lorsque le nombre de travées augmente. Inversement, l'accroissement de la séparation des travées du métacarpe est négativement corrélée avec le nombre de lésions d'OC à 11 mois et le nombre d'OC/OC like à 5.5 ou 11 mois.

En conclusion, les AOAJ ont présenté des corrélations avec le métabolisme minéral et les propriétés des tissus osseux. La plupart de ces corrélations semblent être associées (notamment par l'effet du poids vif) aux AOAJ, plutôt qu'en être la cause. Les modifications du nombre et de la séparation de travées osseuses de l'épiphyse du métacarpe pourraient constituer une

piste intéressante dans la compréhension du mécanisme des AOAJ.

RECHERCHE DE BIOMARQUEURS DE PRÉVISIONS DES AOAJ

Les AOAJ, et en premier lieu l'OC, sont associées à des modifications de la composition et de la structure des matrices extracellulaires de l'os et du cartilage. Certaines de ces modifications témoignent probablement d'une altération de l'anabolisme et/ou du catabolisme du cartilage. Il semble fort probable que des modifications osseuses seraient à l'origine ou soient associées aux AOAJ, comme cela a été montré dans notre étude sur l'épiphyse et la diaphyse, et, par d'autres auteurs, sur l'os sous chondral.

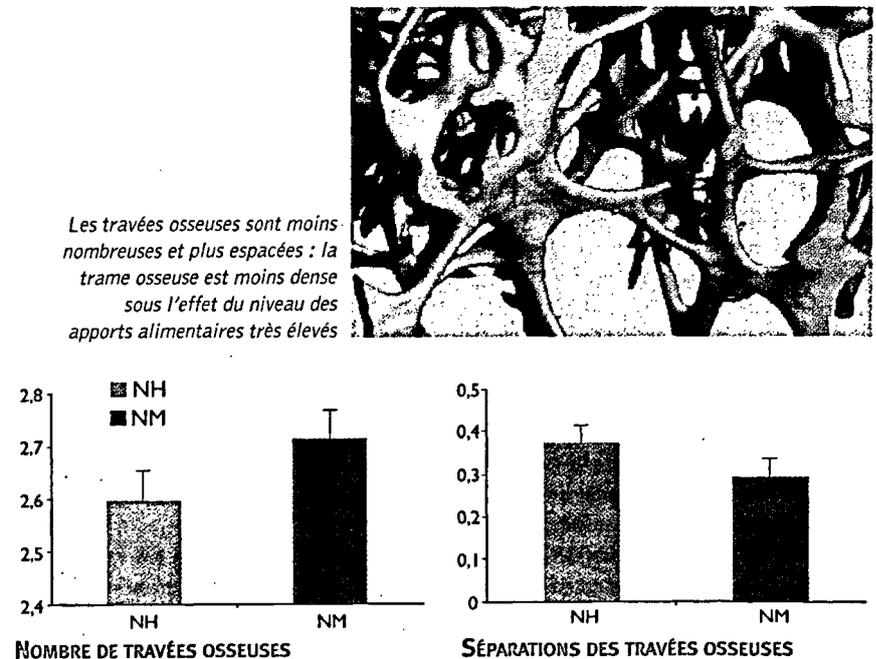
Il est donc légitime de rechercher d'éventuelles répercussions sur les biomarqueurs du métabolisme de l'os et du cartilage. L'intérêt potentiel est double. Le fait qu'un ou des biomarqueurs soi(en)t sensible(s) à la présence de AOAJ pourrait contribuer à expliquer les anomalies histologiques observées.

Mais l'intérêt est aussi diagnostique.

Le besoin d'outils diagnostiques est grand. Idéalement, les biomarqueurs pourraient présenter un certain nombre d'avantages :

- leur utilisation est non invasive, surtout à partir d'une prise de sang. Ils pourraient être précoces, s'ils sont associés aux phé-

FIGURE 4 : EFFETS DES APPORTS NUTRITIONNELS SUR L'ARCHITECTURE OSSEUSE DE L'OS TRABÉCULAIRE DU CALCANEUM



► nomènes initiateurs (et non les conséquences) des lésions ;

- leur interprétation selon des normes (à définir) est objective, contrairement à la lecture des examens radiographiques qui comportent une part de subjectivité ;
- ils seraient probablement peu onéreux.

Les biomarqueurs tels que l'ostéocalcine, protéine produite par les ostéoblastes, sont dosés dans le sang pour évaluer la synthèse osseuse.

La croissance du poulain est très élevée jusqu'au sevrage, puis diminue au-delà (Martin-Rosset 2001). Cette évolution est très bien traduite par la variation de la concentration en ostéocalcine plasmatique observée. La concentration en ostéocalcine à l'âge de deux semaines a été positivement corrélée avec l'apparition des AOAJ à 5.5 et 11 mois. La concentration d'ostéocalcine à l'âge de 2 semaines est donc un bon prédicteur des AOAJ (Donabedian et al 2006a).

CONCLUSIONS SCIENTIFIQUES ET APPLICATIONS

Ces travaux de recherche interdisciplinaire permettent de répondre à différentes questions d'ordre scientifique et technique.

Au plan scientifique

Des apports nutritionnels globaux très élevés mais équilibrés, et si la concentration énergétique (e.g en amidon de céréales) est modérée, ne seraient pas un facteur de risque majeur.

La croissance maximum serait un facteur de risque limité dans un contexte d'apports nutritionnels globaux très élevés, mais équilibrés et ayant une concentration énergétique modérée.

L'apparition de lésions ostéoarticulaires semblent obéir à une loi de cumul des facteurs de risque parmi lesquels la hauteur au garrot et le poids vif très élevés, notamment chez les mâles dans un contexte d'apports nutritionnels très élevés réalisés avec des régimes ayant une concentration énergétique trop élevée.

Le mécanisme de régulation hormonal qui préside au phénomène a été étudié également. Le contexte endocrine des AOAJ serait composé d'un déséquilibre GH (hormone de croissance) / IGF-1, d'une part, et d'autres modifications d'origine nutritionnelles éventuellement

liées à d'autres hormones (leptine et hormones thyroïdiennes), d'autre part. Le rôle majeur reviendrait toutefois à l'hormone de croissance.

Ces travaux ont fait l'objet de publications scientifiques dans des revues internationales.

Au plan technique : applications

Il paraît possible de préparer un cheval athlète en utilisant un modèle de croissance intensif dès le plus jeune âge si :

- les apports nutritionnels correspondent bien aux besoins physiologiques,
- les apports nutritionnels respectent absolument les équilibres nutritionnels fondamentaux connus (Protéines/ Energie ; Ca/P ; Vitamines A/D ; Cu/Zn) et
- la concentration énergétique de la ration est modérée (€ 35% amidon dans la matière sèche de la ration).

En terme de stratégie d'élevage, il est probable que des objectifs de poids vif (exprimés en pourcentage du poids vif adulte) de 45% au sevrage et de 70% à l'âge de 12 mois chez le cheval de sport permettent de limiter le risque statistique d'apparition des AOAJ (i.e. probabilité d'exprimer une pathologie dans une population). Ce sont les modèles de croissance optima que l'INRA a proposés dans ses recommandations alimentaires (INRA 1990, ouvrage : Alimentation des chevaux). Ces résultats permettent de les justifier de façon complètement originale en terme de risque physiopathologique ostéoarticulaire. (Ils seront utilisés dans le cadre de la réédition de l'ouvrage INRA 1990 prévue en 2007-2008.)

L'utilisateur dispose de deux groupes d'outils de prévision précoce du risque pathologique :

- zootechnique : la hauteur au garrot (HG) atteint à la naissance, 1 - 2 - 3 - 6 - 9 - 12 mois ou/et le poids vif (PV) atteint à 12 mois ;
- biologique : la concentration plasmatique en ostéocalcine dans le sang du poulain prélevé au niveau de la jugulaire à l'âge de 2 semaines. Ce dosage peut être réalisé en routine car le kit commercial existe.

Ces outils peuvent être mis en oeuvre séparément, ou mieux en combinaison, pour améliorer la précision de la prévision du risque.

Ces travaux ont été présentés à l'occasion des journées de la recherche équine (JRE) en 2001 et en 2006 et de conférences réalisées auprès des professionnels au niveau des régions entre 2004 et 2006. ■

William MARTIN-ROSSET

INRA - Centre de Recherches de Clermont-Ferrand/Theix
63122 Saint Genès Champanelle
wrosset@clermont.inra.fr

Remerciements : ce programme a été cofinancé par l'INRA, les Haras nationaux et la région Limousin.

Bibliographie (publications de transfert en langue française uniquement) :

Bigot G., Trillaud-Geyl C., Jussiaux M. and Martin-Rosset W., 1987. *Elevage du cheval de selle du sevrage au débouillage : alimentation hivernale, croissance et développement.* INRA Productions Animales, 69, 45-53.

Donabedian M., 2006a. *Les affections de type ostéochondrotique : effets d'une croissance pondérale rapide liée à des apports nutritionnels élevés, mécanisme endocrine, et outils de détection chez le cheval.* Thèse Université de Limoges. 31 Mars pp 144.

Donabedian M., Robert C., Perona G., Jacquet S., Trillaud-Geyl C., Denoix J.M., Lepage O., Bergero D., Martin-Rosset W., 2006b. *Effets de deux modèles nutritionnels sur le statut ostéoarticulaire du cheval de sport au cours de la première année postnatale.* 32e Journée Recherche Equine, Haras Nationaux, Paris, 1er Mars, 95-104.

Fleurance G., Donabedian M., Trillaud-Geyl C., Perona G., Léger S., Bergero D., Martin-Rosset W., 2006. *Effets de deux modèles nutritionnels sur la croissance et le développement au cours de la première année postnatale du cheval de sport.* 32e Journée Recherche Equine, Haras Nationaux, Paris, 1er Mars, 85-93.

Guillaume D., Fleurance G., Donabedian M., Robert C., Arnaud G., Léger S., Martin-Rosset W., 2006. *Effets de deux modèles nutritionnels sur l'âge de l'apparition de la puberté chez le cheval de sport, et conséquences sur le statut ostéoarticulaire.* 32e Journée Recherche Equine, Haras Nationaux, Paris, 1er Mars, 105-116.

INRA, 1990. *Alimentation des chevaux.* W. Martin-Rosset Editeur. INRA Editions. Route de St-Cyr, 78026 Versailles, 32 pages.

Martin-Rosset W., 2001. *Croissance osseuse chez le cheval.* 27e Journée Recherche Equine, Haras Nationaux, Paris, 7 Mars, 73-99.

Trillaud-Geyl C., Bigot G., Jurquet V., Bayle M., Arnaud G., Dubroeuq H., Jussiaux M., and Martin-Rosset W., 1992. *Influence du niveau de croissance pondérale sur le développement squelettique du cheval de selle.* 18e Journée Recherche Equine, Haras Nationaux, Paris, 4 Mars, 162-168