



MS 5

SUMMARY

Three carcasses were dissected and the thoraco-lumbar mobility was compared in two circumstances : when the head and neck were held up and when they were lowered.

This study reveals some sites of greater mobility in the vertebral column of the horse and underlines the influence of the position of the neck upon the thoraco-lumbar flexion.

These results and their interpretation allow to state precisely the role of the muscles which mobilise the vertebral column and they present important applications in horse training.

Key words : BIOMECHANICS - VERTEBRAL COLUMN - HORSE -

BIOMÉCANIQUE DE LA COLONNE VERTÉBRALE :

ACQUISITIONS RÉCENTES

Par J.M. DENOIX
Laboratoire des Xénobiotiques INRA
Service Radiologie
E.N.V. de Lyon
B.P. 51
69752 CHAMPRIERES LES BAINS

INTRODUCTION

De nombreuses réflexions équestres ont porté sur la mécanique du "dos" du cheval en particulier sous l'angle de l'équitation de haute école, de dressage ou de saut d'obstacles. Très peu de travaux expérimentaux ont tenté de fournir des bases anatomo-physiologiques pour répondre à cette préoccupation essentielle du cavalier. Aussi, le langage employé dans les ouvrages classiques d'équitation est-il souvent confus voire inadapté et les notions qui y sont développées sont-elles sommaires et parfois erronées.

C'est pour tenter de pallier partiellement cette carence dans la connaissance de la mécanique du cheval de sport que nous nous sommes penchés sur une analyse expérimentale de la biomécanique de la colonne vertébrale en adoptant un protocole susceptible de répondre aux interrogations fondamentales de l'utilisateur de chevaux.

L'objectif de ce travail est en particulier de mettre en évidence le rôle de la position de l'encolure sur la mobilité vertébrale et l'amplitude des mouvements de flexion-extension des régions thoraco-lombaires.

RAPPEL D'ANATOMIE :

Voir PLANCHE I

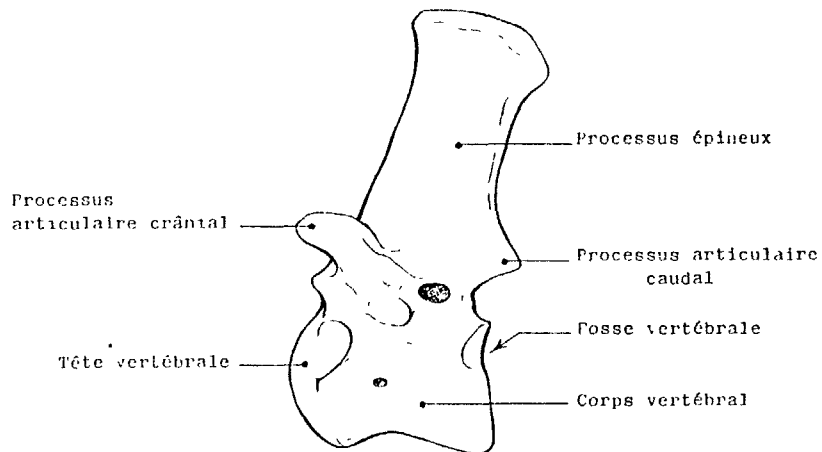
RESUME

Sur trois cadavres de chevaux disséqués, la mobilité thoraco-lombaire a été évaluée et comparée dans deux positions lorsque l'encolure est tenue élevée et lorsqu'elle est descendue.

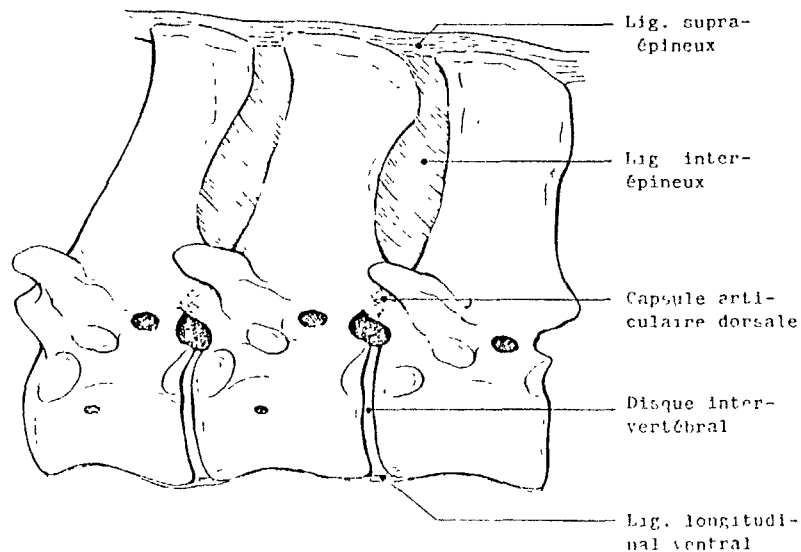
Cette étude a permis de mettre en évidence des zones de plus grande mobilité dans la colonne vertébrale chez le cheval et de mettre en lumière le rôle de la position de l'encolure sur les possibilités de flexion thoraco-lombaire. Ces résultats et l'interprétation qu'ils appellent permettent de préciser l'action des muscles mobilisateurs de la colonne vertébrale et présentent d'importantes applications dans le domaine du travail physique du cheval de compétition.

MOT CLÉS : BIOMÉCANIQUE - COLONNE VERTÉBRALE - CHEVAL -

SShr



13e vertèbre thoracique isolée



Moyens d'union intervertébraux

I - MATERIEL (Planche II)

Notre étude a porté sur 3 cadavres de chevaux adultes (un Pur-Sang Anglais, un Barbe, un Selle Français). Ces chevaux ont été abattus et préparés par dissection. Tous les muscles du tronc (excepté les intercostaux) ont été enlevés de façon à conserver dans leurs connexions naturelles la tête, la totalité de la colonne vertébrale, les parois du thorax et le bassin ainsi que tous les ligaments de ces diverses parties du tronc. Ces derniers, en particulier le ligament nuchal qui a été intégralement respecté, ont été protégés soigneusement contre la dessiccation.

II - METHODE

Pour mesurer les déplacements vertébraux 2 variétés de repères ont été utilisés.

Des aiguilles métalliques de 50 cm ont été implantées dans les processus épineux de T5, T9, T14, T18, L5 et S1. Leur déviation angulaire a pu être mesurée par procédé photographique.

Dans toutes les vertèbres de T1 à S1 ont été implantées des pointes au niveau des processus épineux, des articulations dorsales et des corps vertébraux. Ces repères radio-opaques ont permis de mesurer les déplacements subis par chaque espace intervertébral sur des clichés radiographiques pris en série sur toute la longueur de la colonne vertébrale, pour chacune des positions imposées.

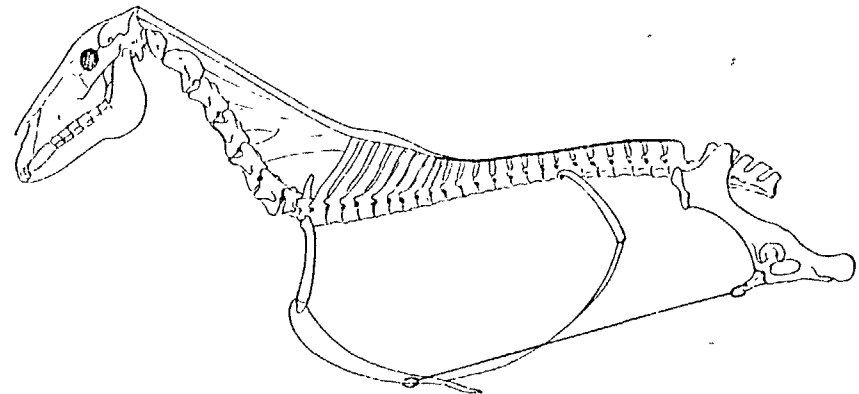
III - PROTOCOLE (Planche III)

Le but de l'expérimentation est d'évaluer l'amplitude des mouvements de la colonne vertébrale en flexion, pour deux attitudes différentes de l'encolure :

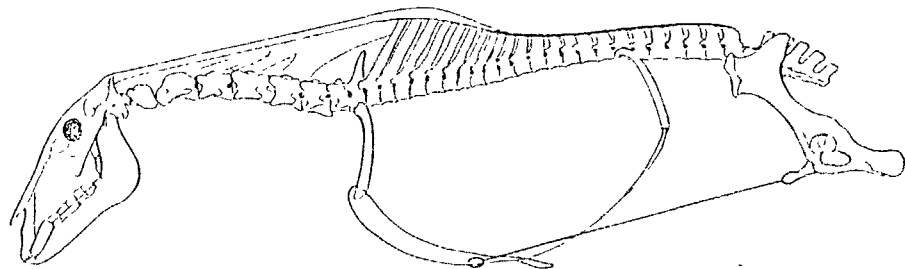
- . d'une part lorsque l'encolure est haut placée ou relevée (relâchement du ligament nuchal)
- . d'autre part lorsque l'encolure est abaissée, descendue (flexion de la colonne cervicale à sa base, tension forte du ligament nuchal).

Pour chacune de ces deux attitudes, nous avons provoqué 2 (voire 3) flexions d'intensité croissante en exerçant une tension grâce à des tendeurs élastiques entre le pubis et le sternum (action reproduisant celle des muscles de la paroi de l'abdomen).

PROCOLE EXPFRIMENTAL

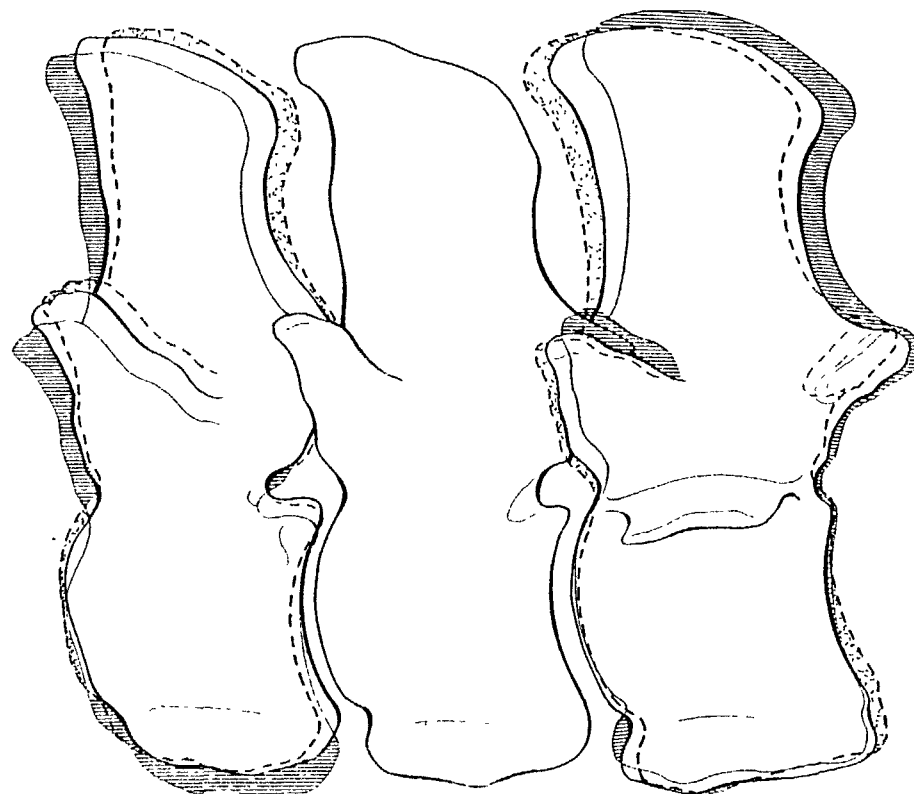





Position 1 Encolure haut placée Flexion thoraco-lombaire



Position 2 - Encolure basse - flexion thoraco-lombaire

DEPLACEMENTS ANGULAIRES DES VERTEBRES T17, T18 et L1
 AU COURS DES MOUVEMENTS DE FLEXION ET D'EXTENSION
 DE LA COLONNE VERTEBRALE



-  Position au repos
-  Position en flexion
-  Position en extension

Sur 2 chevaux des mesures en extension ont été effectuées en reproduisant par la même méthode l'action du m. erector spinae (masse commune).

B - RESULTATS - APPLICATIONS

I - ENCOLURE RELEVÉE - MOBILITÉ RÉGIONALE EN FLEXION - EXTENSION

1. OBSERVATIONS (tableaux 1 - 2 - 3)

La jonction lombo-sacrée est le site privilégié des mouvements de flexion-extension. Mais, contrairement à tous les travaux précédents, nous avons également mis en évidence de fortes différences de mobilité segmentaires dans les régions thoracique et lombaire.

a. Flexion (tableaux 1 - 2 - 3)

. Zone de mobilité

- 1) A partir d'une position moyenne de repos, la flexion de l'articulation lombo-sacrée peut atteindre et même dépasser 20°.
- 2) Sur la colonne thoraco-lombaire, les 3 chevaux sur lesquels nous avons travaillé ont montré une nette prédominance de la région T14 - T18 dans l'amplitude des déplacements en flexion. Les mesures de mobilité intervertébrale montrent qu'en réalité c'est le segment T17 - T18 - L1, c'est-à-dire la charnière thoraco-lombaire qui est la plus mobile (planche III). Au niveau de ces derniers espaces, le déplacement intervertébral maximal peut atteindre 3,6° pour une flexion forte.

. Zone de rigidité

Les régions les moins mobiles sont situées aux extrémités de la tige thoraco-lombaire. Ce sont les segments :

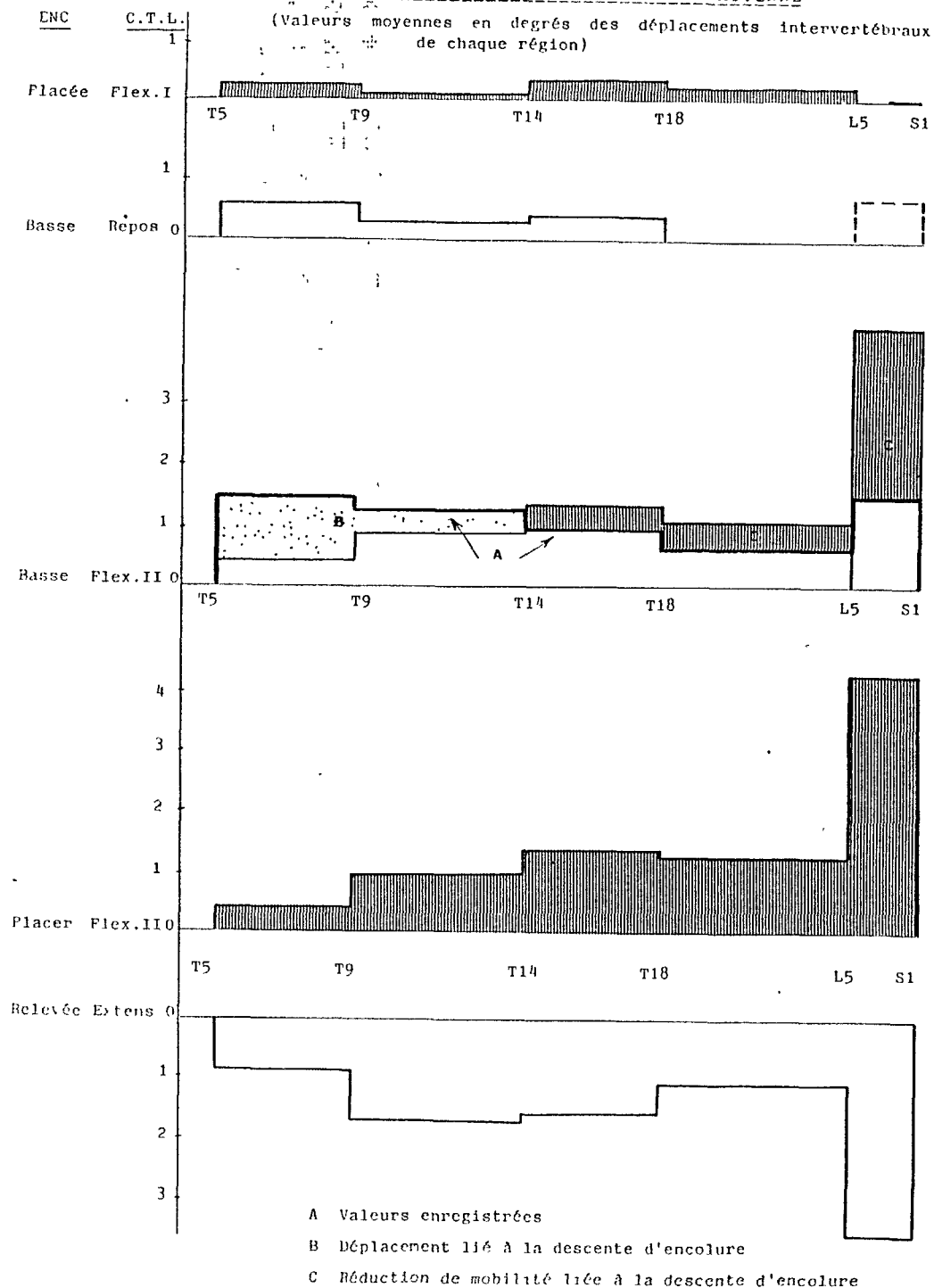
- L2 - L5, dont l'amplitude de flexion ne dépasse pas 2° au niveau de chaque espace intervertébral
- T3 - T9, au niveau duquel les déplacements sont de plus en plus amples en direction caudale.

b. Extension (tableaux 1 - 2 - 3)

. Zone de mobilité

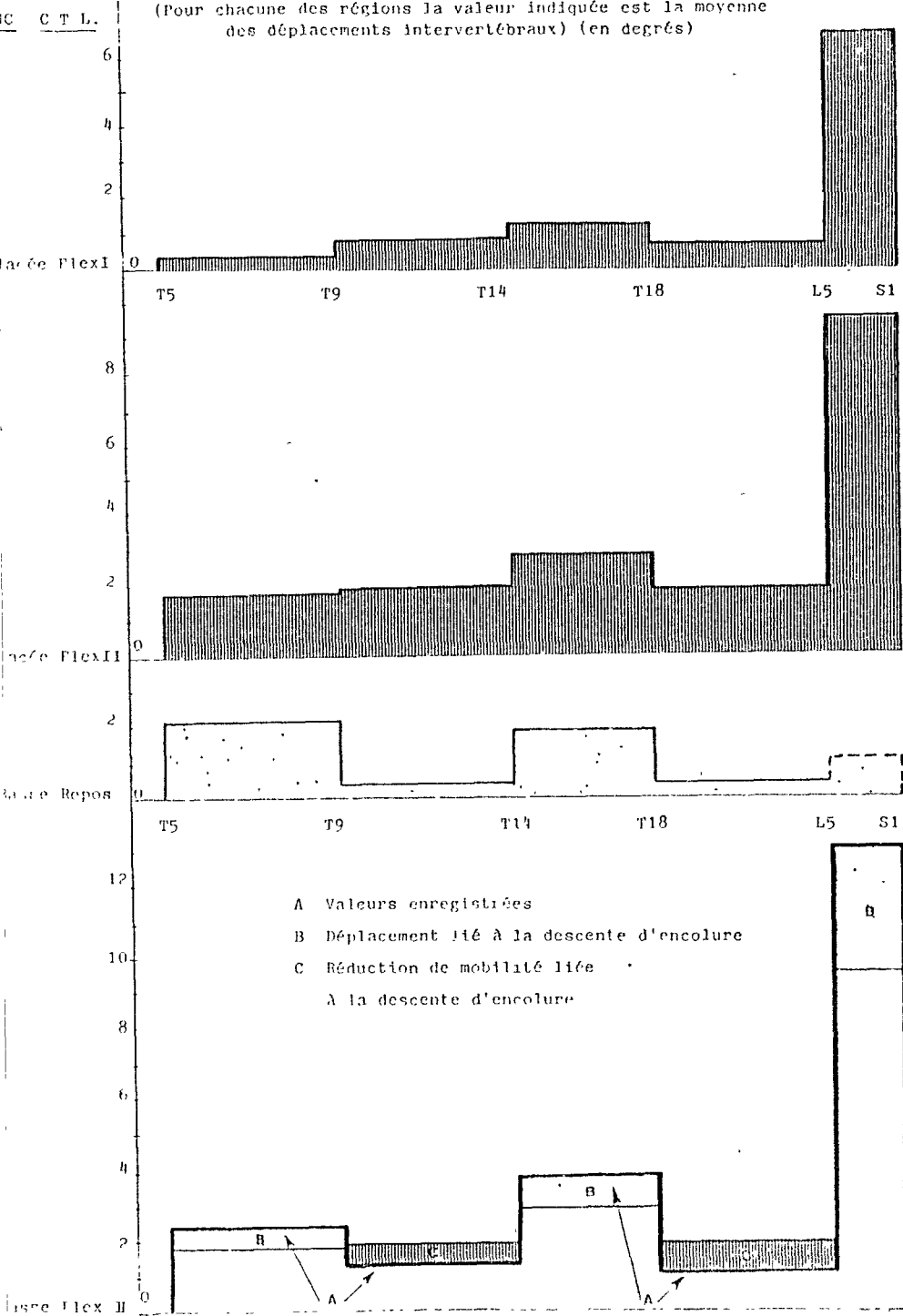
- L'articulation lombo-sacrée est ici encore la plus apte à transmettre l'extension. L'amplitude du mouvement atteint 5 à 10°.

TABLEAU 1 - CHEVAL I - MOBILITÉ RÉGIONALE MOYENNE



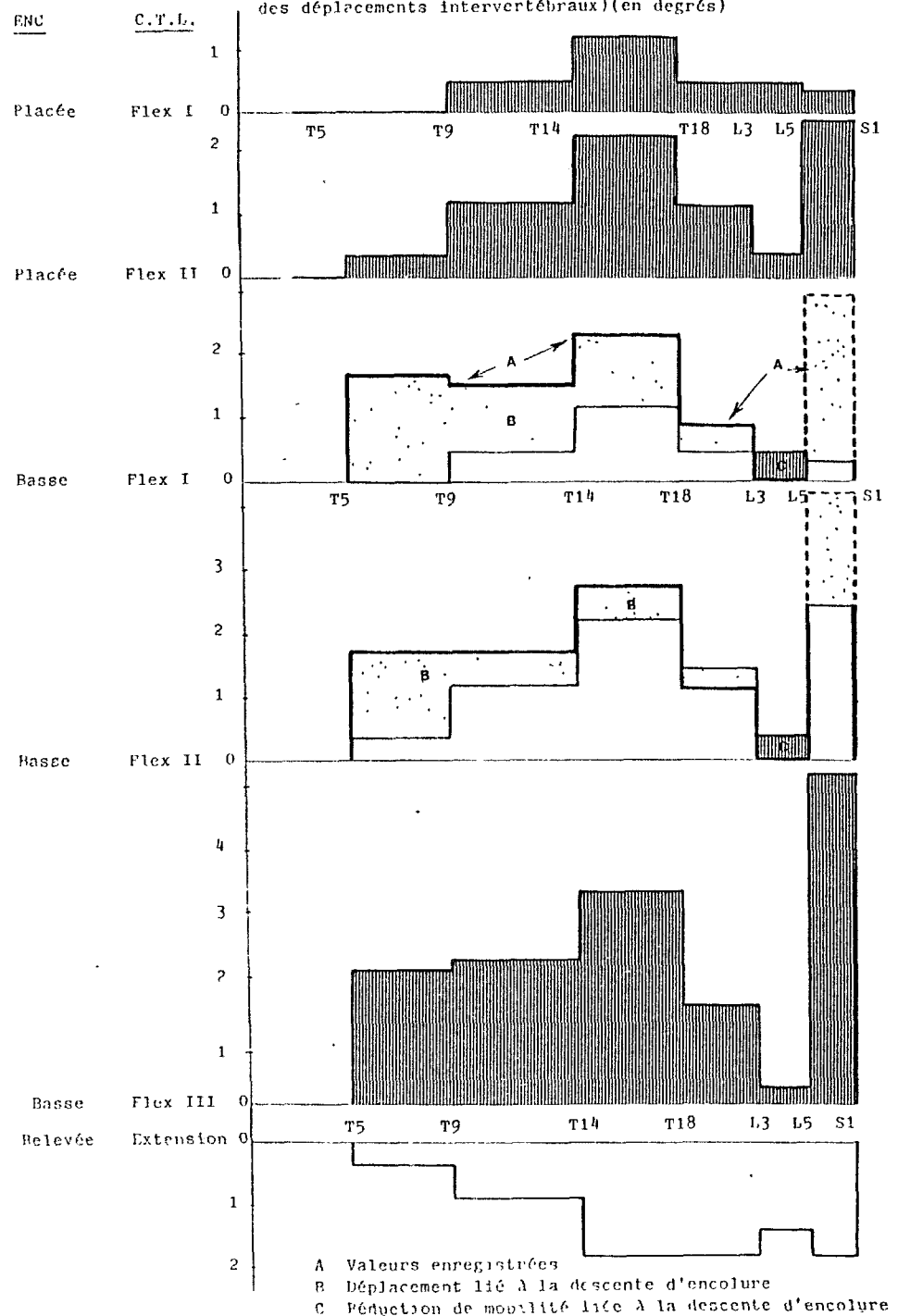
TABLÉAU 2 - CHEVAL II - MOBILITE REGIONALE MOYENNE

(Pour chacune des régions la valeur indiquée est la moyenne des déplacements intervertébraux) (en degrés)



TABLÉAU 3 - CHEVAL III - MOBILITE REGIONALE MOYENNE

(Pour chaque région, la valeur indiquée est la moyenne des déplacements intervertébraux) (en degrés)



- c'est au voisinage de la partie caudale de la colonne thoracique (T14 - T18) que les déplacements sont les plus marqués (1,7° par espace intervertébral en moyenne).

. Zone de rigidité

Elles sont situées à deux niveaux : en région thoracique crâniale d'une part (T2 - T9) et en région lombaire d'autre part (L2 - L5).

2. INTERPRETATION

L'importance de la mobilité relative de chaque segment est dépendante des variations régionales des dispositifs ostéo-articulaires de la colonne vertébrale.

a. Zones de mobilité

La mobilité de l'articulation lombo-sacrée est permise par l'épaisseur du disque intervertébral correspondant, la divergence des processus épineux (favorable à l'extension), la laxité du ligament interépineux et l'absence du ligament supra-épineux (favorable à la flexion). Il est à noter que si la divergence des processus épineux de cette charnière a lieu généralement entre L6 et S1, de nombreux chevaux la présente entre L5 et L6, ce qui reporte à cet espace la zone de mobilité maximale.

La mobilité de la région thoracique caudale (T14 - T18) et de la charnière thoraco-lombaire peut être corrélée à la longueur faible des processus épineux, la taille réduite des corps vertébraux et l'articulation de ceux-ci avec des côtes asternales ne s'opposant pas aux déplacements du rachis.

b. Zones de rigidité relative

Plusieurs facteurs peuvent expliquer la rigidité relative de la région lombaire en flexion-extension. Le principal est la largeur (et la hauteur) des processus épineux, corrélée à l'étroitesse des ligaments interépineux et la faible extensibilité à ce niveau du ligament supra-épineux.

En région thoracique crâniale, c'est surtout la longueur des processus épineux qui s'oppose aux mouvements de flexion-extension. La solidari- sation des premières côtes par le sternum semble également être un facteur limitant de la mobilité.

3. CORRELATION SUR LE CHEVAL VIVANT

a. Circonstances d'apparition

Ces mouvements de flexion et d'extension de la colonne vertébrale, lorsque l'encolure est portée haut, se manifestent alternativement au cours des différentes phases du galop et du saut d'obstacle, ainsi que lors du cabrer.

b. Muscles actifs (planche IV)

Les agents actifs de ces mouvements sont des muscles puissants et étendus. Les uns sont situés au-dessus de l'axe vertébral, ils sont extenseurs. Les autres, situés dessous, sont fléchisseurs de la colonne vertébrale.

- Muscles extenseurs (agents de la propulsion)

. Le principal est le m. erector spinae, anciennement appelé "masse commune". Il s'attache caudalement sur l'ilium et se divise crânialement en 3 parties qui sont les m. ilio-costal (ou long costal), latéralement, longissimus (ou long dorsal) sur le plan intermédiaire et épineux (ou long épineux) médialement. Les attaches crânielles du longissimus se portent jusqu'à la base de l'encolure. Ce muscle très puissant forme le relief des régions du dos et des lombes.

. La région lombo-sacrée bénéficie en outre de l'action très efficace du m. fessier moyen qui empiète largement sur la région lombaire.

- Muscles fléchisseurs (agents du rassembler et de l'engagement)

. Ils sont situés sous la colonne vertébrale. On peut en reconnaître plusieurs groupes.



. Les muscles de la paroi de l'abdomen (m. droit de l'abdomen, oblique externe et oblique interne) sont très actifs du fait de l'excentricité de leurs insertions. Ils incurvent l'ensemble de la colonne thoraco-lombaire.

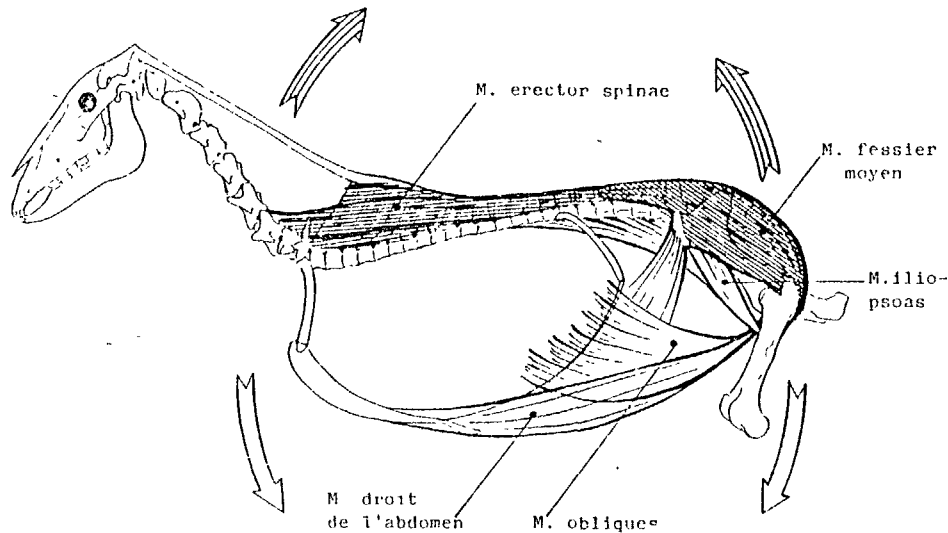
. Le m. ilio-psoas (m. iliaque, psoas, petit psoas) est très puissant mais son action est plus limitée. Il fléchit surtout l'articulation lombo-sacrée, mais étendant ses insertions vers l'avant jusqu'à la 17° vertèbre thoracique, il est capable de fléchir la jonction thoraco-lombaire. Notons que, comme il s'insère sur le fémur, c'est le plus puissant agent de la flexion de la hanche (articulation coxo-fémorale).

II - DEPLACEMENTS PROVOQUES PAR LA DESCENTE DE L'ENCOLURE

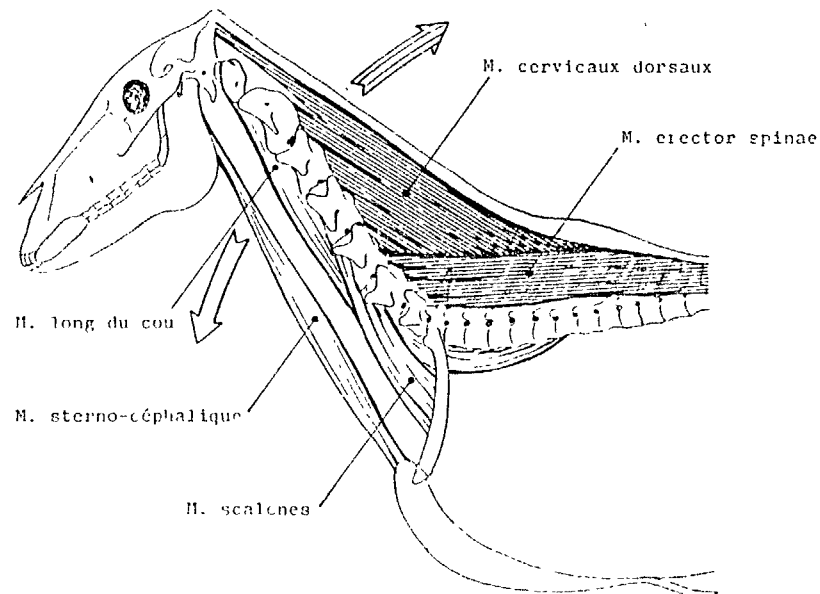
1. OBSERVATIONS (tableaux 1 - 2 - 3)

L'abaissement de l'encolure provoque une flexion sur toute la longueur de la région thoracique. La mesure des déplacements vertébraux montre que cette flexion est plus importante de T6 à T10. Dans ce segment l'ouverture des espaces intervertébraux est de 1,4° en moyenne.

-  Muscles extenseurs
-  Muscles fléchisseurs



Muscles moteurs de la colonne thoraco-lombaire



Muscles moteurs de l'encolure

2. INTERPRÉTATION

Les déplacements provoqués par la descente de l'encolure sont dûs à la traction exercée vers l'avant par la corde et la lame du ligament nuchal. Cette force puissante tire crânialement les processus épineux thoraciques. Les premiers (T2 à T6), très hauts, s'écartent peu. Les déplacements plus importants signalés entre T6 et T10 sont le résultat de deux particularités anatomo-fonctionnelles : d'une part une élasticité encore notable du ligament supra-épineux, d'autre part une diminution de la longueur des processus épineux.

Au-delà de T10, la traction crâniale s'estompant à chaque espace intervertébral va provoquer des déplacements de moindre amplitude. Ceux-ci peuvent toutefois être appréciables entre T14 et T18, en raison de la mobilité déjà signalée de cette région.

3. CORRELATIONS SUR LE CHEVAL VIVANT

a. Déplacements associés

La descente d'encolure provoque :

- . un redressement des processus épineux du garrot donc la mise sous tension du m. erector spinae (masse commune) ;
- . un abaissement de la base de l'encolure ;
- . une élévation relative de la région du dos.

b. Agents actifs (planche IV)

La descente d'encolure n'est pas un mouvement provoqué par des muscles mobilisateurs. C'est un relâchement du tonus des muscles cervicaux dorsaux qui la permet. D'ailleurs dans une position horizontale l'encolure doit être soutenue par une contraction isométrique en élongation de ces muscles. Les muscles fléchisseurs de la colonne cervicale (muscles sterno-céphalique, scalènes, m. long du cou) n'interviennent que pour contrôler la position.

A. APPLICATIONS : TRAVAIL ENCOLURE BASSE

a. Intérêts

Chez le cheval de sport, le travail en descente d'encolure présente 4 avantages essentiels :

- . dans cette attitude le centre de gravité du cheval est déplacé vers l'avant, ce qui surcharge l'avant-main et allège l'arrière-train. Cet exercice développe donc les m. suspenseurs de la base de l'encolure et du thorax, c'est-à-dire les m. dentelés (m. dentelé du cou et m. dentelé ventral du thorax) ainsi que les 2 m. pectoraux les plus puissants (m. pectoral ascendant et m. subclavier).

PLANCHE V

REPRESENTATION SCHEMATIQUE DES RESULTATS

ZONES DE MOBILITE DE LA C.T.L. DU CHEVAL

Ainsi renforcées ces véritables sangles exerceront une suspension très efficace de l'avant-main qui sera rendue plus légère lorsque l'encolure sera placée.

- la descente d'encolure fait travailler tous les m. épiaux (m. cervicaux dorsaux, m. erector spinae) en élancement ce qui développe leur puissance et leur efficacité en détente.
- provoquant une flexion thoracique, elle permet de soutenir plus efficacement le poids du cavalier, en particulier chez le jeune cheval.
- Enfin, par l'écartement des processus épineux thoraciques qu'elle entraîne, elle peut être considérée comme une attitude antalgique chez les chevaux souffrant de "chevauchement des processus épineux".

b. Inconvénients

Ils peuvent être minorés par un travail mesuré et la surveillance du cheval.

La surcharge de l'avant-main s'accompagne de contraintes accrues sur les antérieurs en particulier sur les tendons.

III - ENCOLURE DESCENDUE - MODIFICATIONS DE LA MOBILITE THORACO-LOMBAIRE

1. OBSERVATIONS - INTERPRETATION (tableaux 1 - 2 - 3 - Planche V)

Les modifications observées diffèrent selon la région considérée.

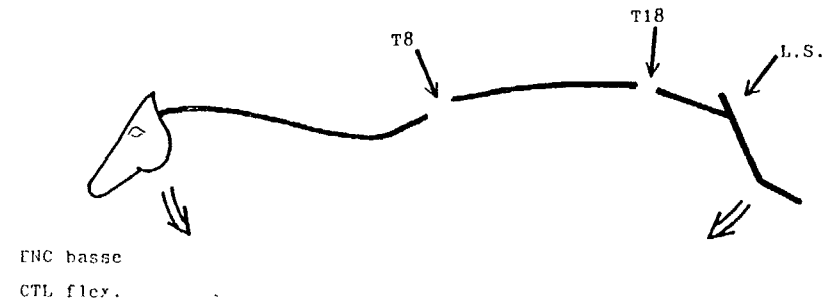
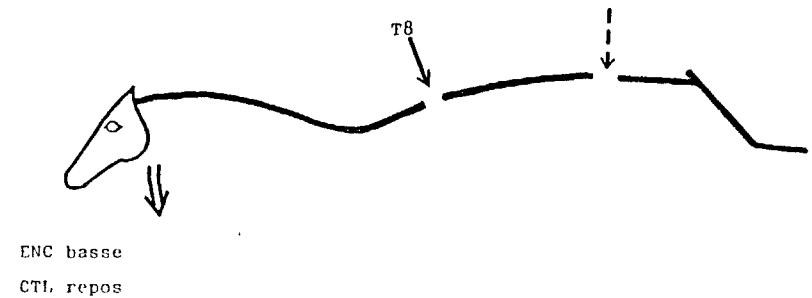
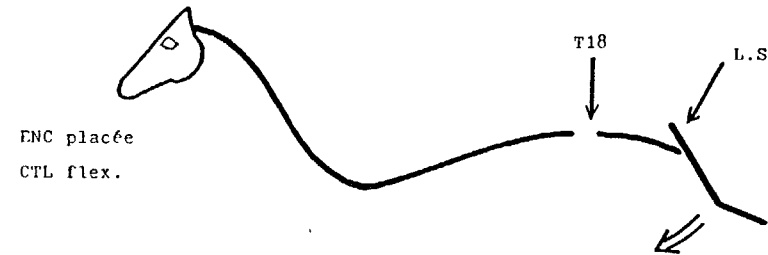
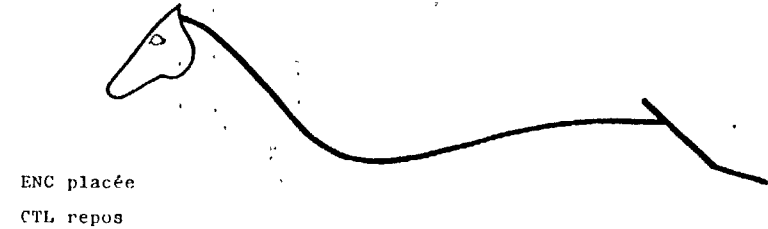
a. Région lombaire

Sur les 3 chevaux que nous avons testés on observe, lorsque l'encolure est abaissée, une diminution des possibilités de flexion de la colonne lombaire de 0,4 à 0,9° par espace intervertébral.

Cette rigidification de la région lombaire dans la flexion est liée à la mise sous tension du ligament supra-épineux par la traction du lig. nuel et à sa faible extensibilité dans cette région.

b. Région thoracique

- deux chevaux montrent une diminution de mobilité régionale quand l'encolure est descendue. Cette observation est enregistrée entre T14 et T18 pour le cheval 1 et entre T9 et T14 pour le cheval 2.



- Dans les autres régions on constate qu'il n'y a pas sommation des déplacements provoqués par la descente d'encolure d'une part et la flexion d'autre part. Ces deux contraintes exercées à chaque extrémité de la colonne vertébrale (tension du ligament supra-épineux).
- Par ailleurs et pour la même raison, plus l'intensité de la flexion augmente, plus la part des déplacements provoqués par la descente d'encolure diminue et ceci surtout après T9.
- La jonction thoraco-lombaire (T17 - L1) reste la région la plus mobile.

c. Jonction Lombo-sacrée

Deux de ces trois chevaux testés montrent une augmentation de l'angulation lombo-sacrée lorsque l'encolure est basse, pour une force de flexion identique. Cette observation est dénuée de toute valeur scientifique. Toutefois, c'est lorsque l'encolure était descendue que nous avons enregistré les plus grandes flexions de l'articulation lombo-sacrée prenant des valeurs variant de 10 à 23°. Il est probable que la rigidité relative de la région lombaire puisse être compensée par une plus grande participation lombo-sacrée à la flexion. D'ailleurs à ce niveau le ligament supra-épineux fait pratiquement défaut et le ligament interépineux est lâche.

2. CORRELATION SUR LE CHEVAL VIVANT

a. Circonstances d'apparition

La descente d'encolure entraîne un tassement des corps vertébraux favorables à la transmission des forces de propulsion issues des membres postérieurs. Au cours d'exercices naturels, elle est rarement associée à une flexion de l'ensemble de la colonne vertébrale. On l'observe en particulier au cours de la première foulée qui suit la réception d'un obstacle.

b. Agents actifs

Tous les m. fléchisseurs de la colonne vertébrale entrent en jeu dans cet exercice (m. cervicaux ventraux, m. de la paroi abdominale, m. ilio-psoas). Cependant, ce sont les m. abdominaux qui sont les plus sollicités en raison de la tension exercée sur le lig. supra-épineux.

3. APPLICATIONS

Cette expérimentation permet d'analyser le travail physique du cheval à qui l'on demande d'engager les postérieurs lorsque son encolure est descendue.

a. Avantages

- Pour lutter contre la diminution de la mobilité lombaire, la contraction des muscles abdominaux (paroi de l'abdomen, m. ilio-psoas) sera plus intense, ce qui concourt au développement de ces muscles agents actifs de la flexion thoraco-lombaire et lombo-sacrée.
- Ces muscles abdominaux luttent contre la tension du lig. supra-épineux qu'ils tendent à assouplir, comme l'articulation lombo-sacrée sur laquelle est reportée leur action.
- La réduction des possibilités de flexion de la région lombaire est compensée par une augmentation du travail de la colonne vertébrale en latéroflexion et en rotation. Ces mouvements sont également provoqués par les m. sous-lombaires (ilio-psoas) et ceux de la paroi abdominale (m. obliques).

b. Inconvénients

La descente d'encolure associée à une flexion thoraco-lombaire entraîne une tension du ligament supra-épineux et une compression des corps vertébraux. Une pratique rationnelle de cet exercice évitera aisément tout risque de lésion.

CONCLUSION

Cette étude que nous poursuivons permet d'extraire des notions nouvelles concernant la biomécanique de la colonne vertébrale chez le cheval. La mise en évidence des zones de mobilité et de leur intervention relative au cours des différents mouvements de l'ensemble du squelette axial présente d'importantes applications sur le plan du travail physique du cheval de sport.

* * *

ABREVIATIONS

Lig.	Ligament
M ou m.	Muscle
E.I.V.	Espace intervertébral
C.T.L.	Colonne vertébrale thoraco-lombaire
.	degrés
T _x	Xème vertèbre thoracique (ou dorsale)
L _x	Xème vertèbre lombaire
S ₁	1ère vertèbre sacrée (ou sacrée)

LISTE DES SYNONYMIES

<u>Nom International</u>	<u>Nom Traditionnel Français</u>
M. erector spinae	Masse commune
M. ilio-costal	Long costal
M. longissimus	Long dorsal
M. épineux	Long épineux
M. droit de l'abdomen	Grand droit de l'abdomen
M. oblique externe	Grand oblique
M. oblique interne	Petit oblique

BIBLIOGRAPHIE

- J. L. B. HFFCOTT - Natural rigidity of the Horse's backbone
Equine Veterinary Journal, 1980, 12(3), 101-108
- H. G. G. TOWNSEND, D. H. LEACH & P. B. FRETZ - Kinematics of the equine thoracolumbar spine.
Equine Veterinary Journal, 1983, 15(2), 117-122
- H. G. G. TOWNSEND & D. H. LEACH - Relationship between intervertebral joint morphology and mobility in the equine thoracolumbar spine.
Equine Veterinary Journal, 1984, 16(5), 461-465