



Contribution à l'étude comparative des laits crus des chameles provenant des Wilayas de Mauritanie destinés à la transformation



Original submitted in on 13th May 2016. Published online at www.m.elewa.org on 30th June 2016
<http://dx.doi.org/10.4314/jab.v102i1.8>

RÉSUMÉ

Objectif : L'objectif de cette présente étude est la caractérisation physicochimique et biochimique du lait cru de chamelle destiné à la transformation au niveau des principales laiteries situées dans les Wilayas de Nouakchott.

Méthodologie et résultats : Cette étude a été conduite sur un nombre total de 196 échantillons provenant des centres de collecte du lait de trois régions de la Mauritanie. L'étude a concerné la période de l'année de début-décembre 2013 à la fin du mois de mai 2014. Les échantillons de lait camelin analysés, présentent une acidité titrable moyenne de l'ordre de 13.25°D pour le lait de la zone Rosso et des valeurs légèrement plus élevées : 14.45°D pour le lait de NKTT et 15.2°D pour le lait provenant de Boghé.

Le lait camelin de la zone Rosso est légèrement plus acide (la valeur moyenne du pH est égale à 6.33) que les laits de deux zones Boghé et Nouakchott qui ont une valeur moyenne du pH respectivement est égale à 6.47 et 6.38. La teneur en matière sèche dégraissée du lait de Rosso (8,69%) est légèrement plus élevée que la teneur moyenne en matière grasse de deux autres laits. La teneur moyenne en matière grasse du lait de Rosso (3,32%) est légèrement plus élevée que la teneur moyenne en matière grasse de deux autres laits.

Conclusion et applications des résultats : Les résultats de l'analyse physicochimique et biochimique des échantillons prélevés ne reflètent aucune anomalie du point de vue qualité physicochimique. Les valeurs de la densité, des matières grasses, de l'acidité Dornic et les autres paramètres sont conformes à celles de la littérature.

Mots clés : physicochimique, biochimique, lait cru, analyses physicochimiques, Mauritanie.

ABSTRACT

Objective: The aim of the present study is the physicochemical and biochemical characterization of raw camel milk for processing at the main dairies located in the wilayas of Nouakchott.

Methodology and Results: This study was conducted on a total of 196 samples from milk collection centers in three regions of Mauritania. The study covered the period of the year in December 2013 at the end of May 2014. Samples analyzed camel milk, have an average titratable acidity of about 13.25 ° D to the milk Rosso area and slightly higher values: 14.45 ° D to the milk NKTT and 15.2 ° D for the milk from Boghé. The camel milk Rosso area is slightly more acidic (average pH value is equal to 6.33) as milks and two Boghé Nouakchott areas which have an average pH value respectively is equal to 6.47 et 6.38. The dry matter content of Rosso defatted milk (8.69%) is slightly higher than the average fat content of two other milks. The average fat content of milk Rosso (3.32%) is slightly higher than the average fat content of two other milks.

Conclusion and application of the results: The results of the physicochemical and biochemical analysis of the samples do not reflect any abnormal physicochemical quality perspective. The values of the density of fat, Dornic acidity and other parameters are in accordance with those of the literature.

Keywords : physicochemical, biochemical, raw milk, physicochemical analysis, Mauritania.

INTRODUCTION

Le lait de chamelle constitue depuis des temps très lointains, la principale ressource alimentaire pour les peuplades nomades qui le consomment habituellement à l'état cru ou fermenté. Il est considéré comme l'aliment de base pour une période annuelle prolongée, dans la plupart des zones pastorales sahariennes. La Mauritanie est le pays d'Afrique de l'ouest où la population caméline est la plus importante. L'effectif estimé serait supérieur à un million de têtes (Devey-Malu *et al.*, 1998). L'élevage camelin y est majoritairement de type semi-transhumant, notamment dans le sud du pays (Wilaya de Trarza), et la vocation de cette activité est la production de lait et de la viande. Depuis une dizaine d'années, le lait de chamelle est commercialisé dans les grandes villes, en particulier Nouakchott, après transformation. Les sociétés laitières en Mauritanie transforment entre 2500 et 3500 litres de lait par jour. Le lait de chamelle en Mauritanie, malgré sa production non négligeable demeure un produit relativement consommé et transformé depuis les années 1990, mais insuffisamment étudié et mis en valeur. Cette étude tente de mieux caractériser ce produit utilisé

comme une matière première pour la production du lait de chamelle pasteurisé et le fromage. Dans ce cadre nous avons procédé à une caractérisation physicochimique et biochimique des laits crus de chamelle collectés comme une matière première pour la production des dérivés du lait de chamelle provenant de trois zones différentes qui sont Nouakchott, Boghé et Rosso. Les quatre sociétés de fabrication de produits laitiers et ses dérivées sont: Tiviski, Top-lait, Elwatania et Assava qui sont situées à Nouakchott et qui couvrent la production nationale des produits laitiers. Pour pouvoir atteindre ces objectifs, la présente étude s'articule autour de détermination de la composition physicochimique et biochimique des laits crus collectés de différentes zones comme une matière première pour la production des dérivés du lait de chamelle. Les caractéristiques physico-chimiques et biochimiques utilisés sont le pH, l'acidité Dornic, la densité, l'extrait sec, les cendres, la matière grasse, la teneur en protéines, la teneur en lactose, la teneur en vitamine C et la teneur en Ca^{+2} ; Mg^{+2} ; Na^{+} ; K^{+} .

MATERIELS ET METHODES

Milieu et Site d'étude : Trois régions de la Mauritanie ont été retenues pour cette étude (Nouakchott, Boghé et Rosso). Elles ont été choisies par la variabilité de type d'alimentation, la situation géographique et les conditions hygiéniques des traites du lait.
Prélèvements et analyses : Juste après la réception

du lait cru dans le centre de collecte, nous prélevons quatre (04) échantillons du mélange du lait dans des flacons stériles pour chaque zone deux fois par semaine et pendant cinq (5) mois. L'acheminement des échantillons au laboratoire se fait directement dans une glacière. Le temps maximal entre le prélèvement et

l'analyse des échantillons ne dépassait pas 2 heures. Le prélèvement des échantillons a été effectué pendant la période de l'année, début-janvier à fin-mai. Les chameles dont les échantillons de lait ont été prélevés, appartiennent à des rangs de lactation et des âges différents. Leur alimentation est basée essentiellement sur les plantes et l'alimentation de bétail plus les herbes sèches.

Les paramètres : Les analyses physico-chimiques et biochimiques effectuées comportent : La mesure du pH, l'acidité, la densité, le point de congélation, Détermination de la composition minérales (Calcium ; Magnésium, Potassium et Sodium), Détermination de la teneur en protéines, lactose, l'extrait sec dégraissé, les cendres (sels minéraux) et la teneur en Vitamine C. Le pH du lait a été mesuré par un pH-mètre digital de type HANNA. L'acidité est déterminée par le dosage de l'acide lactique à l'aide de l'hydroxyde de sodium à 0,11 moles/l (N/9). La présence de phénolphaléine, comme indicateur coloré, indique la limite de la neutralisation par changement de couleur (rose pale). Cette acidité est exprimée en degré Dornic ($^{\circ}D$) où : $1^{\circ} D$ représente 0,1 g d'acide lactique dans un litre de lait. Détermination de la teneur en matière grasse par la méthode acido-butyrométrique : Le principe de cette méthode est basé sur la dissolution du produit à doser (excepté la matière grasse) par l'acide sulfurique. Sous l'influence d'une force centrifuge et grâce à l'adjonction d'une faible quantité d'alcool isoamylique, la matière grasse se sépare en couche claire dont les graduations

du butyromètre révèlent le taux. La densité est déterminée à l'aide d'un thermolactodensimètre étalonné de manière à donner (par simple lecture du trait correspondant au point d'affleurement) la densité de l'échantillon à analyser dans lequel il flotte. La mesure de cendres a été réalisée en utilisant un appareil « Lactoscope » (Allemagne), qui est basé sur une méthode de spectrophotométrie en infra rouge. Détermination de la composition minérale (Calcium, Magnésium, Potassium et Sodium). La minéralisation du lait a été faite par microonde. La détermination de la teneur en éléments minéraux est réalisée par différentes techniques : Le dosage du sodium et du potassium est réalisé à l'aide d'un photomètre à émission de flamme FP 640 Beijing. Le dosage du Calcium et du Magnésium est réalisé à l'aide d'un spectrophotomètre d'Absorption Atomique à flamme PG 990 Instruments. Détermination de la teneur en protéines, lactose, l'extrait sec dégraissé les cendres (sels minéraux) : ont été réalisées en utilisant un Lactoscope de type allemand, qui est basé sur une méthode de spectrophotométrie en infra rouge. La détermination de la teneur en Vitamine C est réalisée par la Méthode colorimétrique avec le 2,6 dichloreindophénol (2,6-DIPh). L'acide ascorbique est réduit par oxydoréduction en présence de 2,6-DIPh qui oxyde la vitamine C et qui sert aussi d'indicateur coloré. La forme réduite du 2,6DIPh est incolore et sa forme oxydée rouge ainsi, la première goutte en excès de 2.6 DIPh colore en rose la solution en milieu acide.

RESULTATS ET DISCUSSION

pH : Le lait camelin de la zone Rosso est légèrement plus acide (la valeur moyenne du pH est égale à 6.33) que les laits de deux zones Boghé et Nouakchott qui ont une valeur moyenne du pH respectivement est égale à 6.47 et 6.38. (**Tableaux 1**). Le lait camelin serait légèrement plus acide que les laits humain et bovin qui ont des pH respectifs égaux à 7.01 et 6.6. Les valeurs de pH relevées dans la présente étude se rapprochent de celles rapportées par certains auteurs dans d'autres pays tels que Sawaya *et al* (1984) et ABU-TARBOUSH *et al* (1998), en Arabie Saoudite (pH = 6.49 ± 0.024 ; 6.48). D'autres auteurs avancent des valeurs plus élevées, tels que Mehaia (1993) en Arabie Saoudite (pH = 6.61 ± 0.02), KAMOUN (1995) en Tunisie (pH = 6.51 ± 0.12), ABULEHIA (1994) en Arabie Saoudite (pH = 6.55 ± 0.04), Larsson-Raznikiewicz et Mohamed (1994) en Egypte (pH = 6.5).

Acidité titrable : Les échantillons de lait camelin analysés (tableau 1), présentent une acidité titrable moyenne de l'ordre de $13.25^{\circ}D$ pour le lait de la zone Rosso et des valeurs légèrement plus élevées : $14.45^{\circ}D$ pour le lait de NKTT et $15.2^{\circ}D$ pour le lait de Boghé. Ces valeurs se situent dans la fourchette des travaux rapportés sur le lait camelin. Certains avancent une acidité de l'ordre de $14^{\circ}D$, légèrement plus faible par rapport à celle du lait bovin qui est de l'ordre de $15^{\circ}D$ (SAWAYA *et al*, 1984 ; MEHAIA, 1993), alors que de nombreux auteurs rapportent des valeurs supérieures ou égales à $15^{\circ}D$, tels que Elamin et Wilcox (1992) en Arabie Saoudite ($15^{\circ}D$) ; Abu-Lehia (1994) en Arabie Saoudite ($15^{\circ}D \pm 4$) ; Kamoun (1994) en Tunisie ($15.6^{\circ}D \pm 1.4$).

Tableaux 1 : Les valeurs de l'acidité dornic et du pH pour les trois zones

	Acidité (°D)	pH
	Moyenne	Moyenne
NKTT	14.45±0.80	6.38±0.21
Rosso	13.25±0.31	6.33±0.12
Boghé	15.2±1.10	6.47±0.19

point de congélation : Globalement, les valeurs du Point de congélation des laits de trois zones se rapprochent surtout ceux des deux zones Boghé et Nouakchott (tableaux 2, 3 et 4). Ces valeurs sont situées dans les intervalles de celles signalées dans la littérature (Faye, 1997). Les fluctuations qui existent dans les valeurs des constantes physico-chimiques rapportées par différents auteurs sont liées aux teneurs variables des différents composants de ce lait (MEHAIA *et al*, 1995 ; WANGO *et al*, 1998), elles mêmes dépendantes des autres facteurs: alimentation, rang et stade de lactation.

Densité : La valeur de la densité des échantillons de lait camelin (tableaux 2, 3 et 4) est égale à 1026,60 en moyenne pour le lait de Boghé et deux valeurs très proches (1028,60 et 1028,80) respectivement pour les laits de Nouakchott et Rosso. Elle est comparable aux

valeurs, 1025.0-1038.0, rapportées par la FAO (1995) d'après une compilation de diverses sources. FARAH (1993) cite une fourchette de 10250-10320 avec une moyenne de 10290, Daget et Lhost (1995) avec 1026.0, KAMOUN (1995) avec 1028.0± 0.2 et Larsson - Raznikiewicz et Mohamed (1994) avec 1026 à 15°C.

Teneur en matière grasse : La teneur moyenne en matière grasse du lait de Rosso (3,32%) est légèrement plus élevée que la teneur moyenne en matière grasse de deux autres laits (tableaux 2, 3 et 4). Elle semble légèrement plus faible que celles des laits bovin (37g/l) et humain (45 g/l). Elle se situe entre des valeurs extrêmes, relevées pour la race Somali (56 g/l selon KARUE, 1994) et pour la race Wadah (24.6 g/l selon MEHAIA *et al*, 1995). Néanmoins, elle est légèrement proche à celle rapportée pour la race Hamra (28.5 g/l selon MEHAIA *et al*, 1995).

Tableaux 2 : Les valeurs de la teneur en protéines, lactose, l'extrait sec dégraissé, point de congélation et les cendres pour la zone de Nouakchott(NKTT)

Paramètres	Moyenne
Matière grasse (%)	2,74±0.196
Extrait sec dégraissé (%)	8,22±0.194
Densité	1,02860±0.003
Lactose (%)	4,42±0.109
cendres (%)	0,65±0.015
protéines (%)	3,31±0.145
Point de congélation	-0,5101±0.232

Tableaux 3 : Les valeurs de la teneur en protéines, lactose, l'extrait sec dégraissé, point de congélation et les cendres pour la zone de Rosso

Paramètres	Moyenne
Matière grasse (%)	3,32±0.184
Extrait sec dégraissé (%)	8,69±0.164
Densité	1,02880±0.003
Lactose (%)	4,61±0.129
cendres (%)	0,61±0.019
protéines (%)	3,41±0.186
Point de congélation	-0,521±0.249

Tableaux 4 : Les valeurs de la teneur en protéines, lactose, l'extrait sec dégraissé, point de congélation et les cendres pour la zone de Boghé.

Paramètres	Moyenne
Matière grasse (%)	3,24±0.156
Extrait sec dégraissé (%)	8,32±0.122
Densité	1,027±0.002
Lactose (%)	4,32±0.114
cendres (%)	0,63±0.018
protéines (%)	3,32±0.166
Point de congélation	-0,511±0.231

Matière sèche dégraissé : La teneur en matière sèche dégraissée du lait de Rosso (8,69%) est légèrement plus élevée que la teneur moyenne en matière grasse de deux autres laits (**tableaux 2, 3 et 4**).

Cendres : La teneur en cendres du lait de Nouakchott (0,65%) est légèrement plus élevée que la teneur moyenne en cendres de deux autres laits (**tableaux 2, 3 et 4**). Elle est plus faible que celle du lait bovin (9 g/l selon ALAIS, 1984) et plus élevée que celle du lait humain (2.02 g/l selon ANONYME 4, 1995). Elle se situe dans les intervalles des travaux rapportés par d'autres auteurs puisqu'elle est comprise entre 8.6 g/l (Karue, 1994) et 6 G/L (Larsson-Raznikiewwicz et Mohamed, 1994).

Teneur en lactose : La teneur en lactose du lait de Rosso (4,61%) est légèrement plus élevée que la teneur moyenne en cendres de deux autres laits (tableaux 2, 3 et 4). Ces valeurs paraissent similaire à celle du lait bovin (44.13 g/l), mais faible par rapport à celle du lait humain (70 g/l). Les taux que nous avons relevés lors de cette étude se situent dans l'intervalle des travaux rapportés par de nombreux auteurs à savoir : 56.1 g/l pour les six premiers mois de lactation (Gnan et Shereha, 1986) et 25.6 g/l ±1.0 (Gorban et Izzeldin, 1997). Elle se rapproche de celles rapportées par Kihal *et al.* (1999) en Algérie (45.1 g/l±3) et de celles rapportées par MEHAIA *et al.* (1995) pour les

racas Hamra, Majaheem et Wardah (44 g/l, 44.3 g/l et 44.4g/l respectivement). Elle est toutefois supérieure à celles rapportées par Karue (1994), en Arabie Saoudite, pour la race Somali (36.5 g/l).

Teneur en protéines totales : La teneur en protéines totales du lait de Rosso (3,41%) est légèrement plus élevée que les teneurs moyennes en cendres de deux autres laits (**Tableaux 2, 3 et 4**). Celle-ci se rapproche de celles du lait bovin (32 g/l) et est environ, trois fois plus élevée par rapport à celle du lait humain (12 g/l). Les taux que nous avons relevés lors de cette étude se situent dans l'intervalle des travaux cités par Mohamed *et al.*(1989) et GNAN *et al.*(1994) à savoir 46g/l et 21.5 g/l respectivement. Il est comparable à la valeur trouvée par Kamoun (1994) soit 34.3 g/l ±4.4. Cependant, il semble supérieur à celles rapportés par MEHAIA *et al.*(1995) pour les races Majaheem et Hamra (29.1 g/l et 25.2 g/l).

Teneur en vitamine C : La teneur en vitamine C du lait de Rosso (42.1 mg/l) est légèrement plus élevée que les teneurs moyennes en vitamine C de deux autres laits (tableau 5). Ces valeurs sont proches de celles trouvées par FARAH *et al.* (1992) alors que MEHAIA (1994) fait état de proportions nettement plus faibles (24.9 mg/l). Ces valeurs paraissent élevées par rapport à celles du lait bovin (qui se situe autour de 20 mg/l).

Tableaux 5 : les Teneurs en vitamine C exprimé en mg/l des les laits collectés dans les trois zones étudiés

	Teneur en vitamine C
	Moyenne
NKTT	39,7±2.11
Rosso	42.1±1.12
Boghé	37,4±1.04

La teneur en minéraux (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ et K⁺) : Les deux tableaux ci-dessous (tableau 6 et 7) montrent la variabilité de la teneur des minéraux dans les laits collectés dans les trois zones étudiées. La concentration est exprimée en (mg/L).

Tableaux 6 : les Teneurs des minéraux (Calcium et Magnésium) dans les laits collectés dans les trois zones étudiés exprimé en mg/l.

	Calcium	Magnésium
	Moyenne	Moyenne
NKTT	0999±69.14	107±6.6
Rosso	1077±29.41	097±10.2
Boghé	777±38.31	072±2.3

Tableaux 7 : les Teneurs des minéraux (Sodium et Potassium) dans les laits collectés dans les trois zones étudiés exprimé en mg/l.

	Sodium	Potassium
	Moyenne	Moyenne
NKTT	554±20.6	712±18.6
Rosso	677±12.6	998±25.4
Boghé	598±11.6	991±21.1

Il apparait que globalement, les teneurs en éléments minéraux des laits de trois zones sont rapprochés surtout dans les deux zones de Rosso et de Boghé. Cela est probablement est du à la ressemblance nature

de l'alimentation des chameles. Ces valeurs sont situées dans les intervalles signalées dans la littérature (Yagil et Etzon, 1980, Sawaya *et al*, 1989, Bengouni *et al*, 1994 et Meiton *et al*, 1994).

CONCLUSION

Le lait de chamelle en Mauritanie, malgré sa production non négligeable demeure un produit relativement consommé et transformé depuis les années 1990, mais insuffisamment étudié et mis en valeur. A travers cette étude, nous avons tenté de contribuer à une caractérisation comparative de ce lait et nous avons ciblé l'analyse physico-chimique et biochimique. Les résultats de l'analyse physicochimique et biochimique des échantillons prélevés pour les trois zones étudiées ne reflètent aucune anomalie du point de vue physicochimique. Les valeurs de la densité, des

matières grasses, de l'acidité Dornic et les autres paramètres sont conformes à celles de la littérature. Cette étude a montré aussi que le lait camelin, collecté dans les trois zones de la Mauritanie, présente globalement une composition très similaire à celle du lait bovin, particulièrement en ce qui concerne les teneurs en nutriments de base (protéines, matière grasse et lactose). Les résultats présentés dans cette étude montrent la grande importance de l'utilisation d'un lait cru de bonne qualité physico chimique pour la fabrication du lait de chamelle pasteurisé.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abdeirrahmane-Jones N. (1994). La pasteurisation du lait de chamelle : une expérience en Mauritanie. Actes du Colloque : "Dromadaires et chameaux animaux laitiers", 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie.
 Abu-Tarboush H. M., Al-Dagal M.M. and Al-Royli M.A. (1998). Growth, viability and proteolytic activity of Bifidobacteria in whole camel milk. *J. Dairy Sci.*, 81, 354-361.

Abu-Lehia I.H. (1994). Recombined camel's powder. Actes du Colloque : "Dromadaires et chameaux animaux laitiers", 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie.
 Alais C. (1984) Science du Lait ; Principe des Techniques Laitières. SEPAIC, Paris.
 Anonyme 4 (1995) Le lait et produits laitiers dans la nutrition humaine, FAO, Rome.

- Daget P. et Lhoste P. (1995). Ethnologie Animale. In : Pastoralisme, Troupeaux, Espaces et Sociétés, Editions HATIER, Paris.
- Devey-Malu Malu M., (1998), Masson-Boisriveau J., Richard S. Mauritanie, Marchés Tropicaux et méditerranéens, hors-série. 24 p.
- El-Amin F. M. and Wilcox J. (1992). Composition of Majaheim camels. *J. Dairy Sci.*, 75, 3155-3157.
- Farah Z. (1993). Composition and Characteristics of Camel Milk; review. *J. Dairy Res.*, 60, 603-626.
- Farah Z., Rettenmaier R. et Atkins D. (1992). Vitamin content of camel milk. *Internat. J. Vitam. Nutr. Res.*, 62, 30-33.
- Faye, 1997-Guide de l'élevage du dromadaire. (1 éd.) Libourne, 33, Sanofi Santé Nutrition Animale, 126 p.
- Gorban A.M.S. and Izzeldin O.M. (1997). Mineral content of camel milk and colostrum. *J. Dairy Techn.*, 64, 471-474.
- Gnan S.O., Mohamed M.O., Shereha A.M. et Iwegbe A.O. (1994) Fermentation ability of camel's milk. Actes du Colloque : "Dromadaires et chameaux animaux laitiers", 24-26- octobre, Nouakchott, Mauritanie.
- Kamoun M. (1994). Evolution de la composition du lait de dromadaire durant la lactation conséquences technologiques. Actes du Colloque : "Dromadaires et chameaux animaux laitiers", 24-26-octobre 1994, Nouakchott, Mauritanie.
- Kamoun M. (1995). Le lait de dromadaire : production, aspects qualitatifs et aptitude à la transformation. *Option Médit.*, 13, 81-103.
- Karue C.N. (1994). The Dairy Characteristics of Kenyan Camel. Actes du Colloque : "Dromadaires et chameaux animaux laitiers", 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie.
- Larsson-Raznikiewicz M. and Mohamed M.A. (1994). Camel's (*Camelus dromedarius*) Milk: properties important for processing procedures and nutritional value. Actes du Colloque : « Dromadaires et chameaux animaux laitiers », 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie.
- Mehaia M.A. (1995). The fat globule size distribution in camel, goat, ewe and cow milk. *Milchwissenschaft*, 50, 260-263.
- Mohamed M.A., Mursal A.I. et Larsson-Raznikiewicz M. (1989). Separation of camel milk casein fraction and its relation to the coagulation properties of fresh milk. *Milchwissenschaft*, 44 (5), 278-280.
- Mehaia M.A. (1994). Vitamin C and riboflavin content in camels milk: effects of heat treatments. *Food Chem.*, 50 , 153-155. MEHAIA M.A. (1993). Fresh soft white cheese (Domiaty type) from camel milk ; composition, yield and sensory evaluation. *J. Dairy Sci.*, 6, 2845-2855.
- Saley M. (1993). La Production Laitière du Dromadaire. CIRAD, Ed Maison-Alfort, Paris.
- Sawaya W. N., Khalil J.K., Al-Shalhat A. ,Mohammad H. (1989). Chemical composition and nutritional quality of camel milk. *J. Food Sci.*, 49, 744-747
- Yagil R. (1985). The Desert camel; comparative physiological adaptation. Ed KARGER, 109-120.