

SIGNIFICATION BIOLOGIQUE DES TENEURS EN PLOMB, CADMIUM, ZINC ET CUIVRE DANS LA LAINE DE MOUTON DE LA RACE OULED DJELLAL

Reçu le 07/10/2000 – Accepté le 20/06/2001

Résumé

Les teneurs en plomb, cadmium, zinc et cuivre ont été déterminées dans la laine lavée et la laine non lavée de mouton de la race Ouled Djellal par spectrophotométrie d'absorption atomique avec ou sans flamme. Les concentrations en plomb dans la laine non lavée sont toujours supérieures à celles de la laine lavée quels que soient le prélèvement et la région d'étude. Les taux en plomb déterminés varient entre 0,2 et 2,3 ppm et entre 0,8 et 11 ppm respectivement pour la laine lavée et la laine non lavée. Les concentrations en cadmium sont faibles et comparables aux teneurs relevées dans des régions contaminées, ce qui suggère que la laine de mouton ne peut pas être utilisée comme bioindicateur de la pollution par le cadmium. Les teneurs en zinc sont analogues aux teneurs physiologiques pour les deux séries de prélèvement et les deux régions d'étude; elles varient entre 74 et 128 ppm. Les teneurs en cuivre sont plus élevées pour les animaux de la bergerie de Djebel Ouahch; celles des animaux de la bergerie de Ain Mlila sont inférieures aux valeurs physiologiques.

Mots clés: Plomb, Cadmium, Zinc, Cuivre, Mouton, Laine.

Abstract

The lead, the cadmium, the zinc and the copper levels were determined in the washed and unwashed wool of sheep (Ouled Djellal) by flame or flameless absorption atomic spectrophotometer. The unwashed wool lead concentrations were still higher than the washed wool lead whatever the sampling and the area of study. The lead concentrations ranged from 0,2 to 2,3 ppm and from 0,8 to 11 ppm in the washed wool and unwashed wool respectively. The wool cadmium levels were low and similar to those observed in the wool from sheep in a uncontaminated area. It is suggested that the wool is not a good indicator of cadmium exposure. The zinc levels ranged from 74 to 128 ppm and were within the physiological concentrations whatever the sampling and the area of study. In the sheepfold of Djebel Ouahch (DO) the washed or unwashed wool copper levels were higher than those of Ain Mlila (AM) Sheepfold. The level of copper in the wool from the AM sheepfold were lower than the physiological values.

Key words: Lead, Cadmium, Zinc, Copper, Sheep, Wool.

F.Z. MEHENNAOUI-AFRI⁽¹⁾

M.F.KADI⁽²⁾

S. AMRI⁽¹⁾

S. MEHENNAOUI⁽²⁾

⁽¹⁾ Département de Biologie
Faculté des Sciences
Université Mentouri
Constantine, Algérie

⁽²⁾ Département Vétérinaire
Faculté des Sciences
Université de Batna
Batna, Algérie

ملخص

إن الكشف على تواجد كل من الرصاص و الكاديوم و الزنك و النحاس في صوف أغنام أولاد جلال الغير مغسولة و المغسولة، و ذلك باستعمال جهاز الامتصاص الطيفي الذري. إن تركيز الرصاص في الصوف الغير مغسولة ذو مستوى عالي مقارنة بالصوف المغسولة مهما كانت نوع العينة و المكان المخصص للدراسة.

إن نسب الرصاص الموجودة تتراوح بين 0,2-2,3 و 0,8-11 p.p.m على السواء بالنسبة للصوف المغسولة أو الغير مغسولة. تعتبر مستويات الكاديوم ضعيفة بالمقارنة مع المناطق المصابة، و هذا ما لا يسمح لاستعمال صوف الأغنام كمؤشر بيولوجي للتلوث بواسطة الكاديوم. أن مستويات الزنك تعادل مستويات الفلسجية. بالنسبة للمنطقتين المدروستين و تتراوح بين 74-128 p.p.m و تعتبر مستويات النحاس مرتفعة بالنسبة للأغنام حاضرة جبل الوحش مقارنة مع مثيلاتها في عين مائلة التي تعتبر دون المستوى الفسيولوجي.

الكلمات المفتاحية: رصاص، كاديوم، زنك، نحاس، أغنام، صوف.

Les animaux sentinelles ont de multiples applications dans l'évaluation toxicologique des milieux pollués [1]. Des espèces sauvages milieux pollués [1]. Des espèces sauvages (Cervidés et lièvre) ou domestiques (Bovins, Ovins, Caprins) sont utilisés pour surveiller le niveau de la pollution métallique dans l'environnement [2-6].

Lorsqu'il s'agit de mesurer l'impact global de l'environnement métallique chez l'individu exposé, les phanères présentent la propriété de bioconcentrer certains métaux et constituent en outre un matériel biologique facilement utilisable [4, 5]. Les poils de caprins ou de bovin, la laine de mouton sont un matériel biologique stable, facile à collecter et peuvent être utilisés pour évaluer la magnitude de l'environnement contaminé par les métaux lourds. C'est pourquoi dans cette présente étude le mouton de la race Ouled Djellal a été choisi comme animal sentinelle de la pollution environnementale de fond et la laine comme prélèvement biologique bioindicateur de la présence de métaux lourds. Nous nous sommes intéressés aux teneurs de quatre éléments (Plomb, Cadmium, Zinc et Cuivre) dans la laine lavée et non lavée de mouton dans deux régions Djebel Ouahch (DO) (Constantine) et l'Institut Technique d'Élevage de Bovins et Ovins (ITEBO) situé à Ain Mlila (AM).

MATERIEL ET METHODES

Milieu

L'étude a été effectuée dans deux régions, l'une à Djebel-Ouahch (DO) dans la wilaya de Constantine et l'autre à Ain-Mlila (AM) dans la Wilaya de Oum-El Bouaghi. La station de DO est une bergerie située au milieu d'une agglomération proche du parc automobile et de la station de

bus. La station de AM est une station expérimentale de l'Institut Technique de l'Élevage de Bovins et Ovins (ITEBO) situé sur l'axe routier Constantine - Batna.

Animaux de l'étude

Dix-neuf moutons (15 femelles et 4 mâles) de la race de Ouled-Djellal ont été choisis par randomisation dans la bergerie de DO. L'âge moyen de ces animaux était de 24 ± 16 mois. Dans la station expérimentale de l'ITEBO (AM) 20 brebis ont été sélectionnées par tirage au sort. Leur âge moyen était de 35 ± 17 mois. L'effectif sous surveillance a diminué pour les deux stations expérimentales pendant la période d'étude. Il est passé de 19 à 15 animaux pour la bergerie de DO et de 20 à 16 pour la station de AM.

Prélèvements

Deux campagnes de prélèvements (P1 et P2) espacées de 4 mois ont été réalisées. Cet espacement correspond au temps de la pousse de la laine qui permet de prélever une quantité suffisante pour entreprendre des analyses. A l'aide de ciseaux, environ 20 g de laine sont coupés au niveau de l'encolure près de la peau et sont recueillis dans un sac en plastique. L'échantillon de laine est subdivisé en deux parties dont l'une sera lavée.

Mode opératoire

Le lavage de la laine est effectué selon le procédé décrit par Mehennaoui [8]. La laine est lavée avec le Triton X 100 à 1%, détergent non ionique et rincée avec de l'eau déminéralisée. Une fois la laine séchée, toute particule macroscopique est éliminée à l'aide d'une pince. L'échantillon, environ 3 g, est placé dans une capsule en platine traitée avec de l'acide nitrique pour être minéralisé. La calcination sèche adoptée est réalisée selon la méthode décrite par Milhaud et Mehennaoui [9]. L'ajout préalable d'acide sulfurique 9N facilite la minéralisation de l'échantillon. La calcination s'effectue dans un four à moufle en augmentant la température progressivement jusqu'à 450°C pour éviter les inflammations brutales de l'échantillon et qui provoqueraient des pertes par volatilisation du métal à doser. Les cendres blanches obtenues sont dissoutes dans 5 ml d' HNO_3 5N puis transférées dans une fiole et ajustée à son volume final de 50 ml.

Analyses chimiques

Le plomb et le cadmium dans la laine ont été dosés par spectrophotométrie d'absorption atomique à effet Zeeman à l'aide d'un appareil à four graphite et équipé d'un échantillonneur automatique (Perkin Elmer 4100 ZL), selon la méthode développée par le laboratoire de Toxicologie de l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort (France). Le zinc et le cuivre ont été déterminés par spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme à l'aide d'un appareil type 1100 B Perkin Elmer.

Le dosage du plomb a été effectué par la méthode des ajouts dosés. Les solutions étalons sont préparées d'une façon extemporanée en présence de modifiants de matrice (nitrate de magnésium à 0,05 % et nitrate de panadium à 0,2 %). Les échantillons à analyser sont préparés dans les mêmes conditions. Le programme électrothermique était le suivant: 130°C pour le séchage, 500°C pour la pyrolyse et

2100°C pour l'atomisation. La zone de linéarité de la courbe d'absorbance par rapport à la concentration est comprise entre 10 et $50 \mu\text{g/l}$. Le dosage du cadmium a été effectué par étalonnage direct sans modifiant. Les étalons sont préparés en milieu nitrique (0,05N) et sont compris entre 0,5 et $3 \mu\text{g/l}$. Le programme électrothermique pour le dosage du cadmium était le suivant: 130°C pour le séchage, 300°C pour la décomposition et 1350°C pour l'atomisation. Le dosage du zinc et du cuivre dans la laine a été réalisé par étalonnage direct. Les zones de linéarité pour les deux éléments sont comprises entre 0,1 et 2 mg/l .

Analyses statistiques

La comparaison des moyennes a été effectuée à l'aide du test t-Student pour les échantillons indépendants et pour les séries appariées.

RESULTATS

Les valeurs des paramètres déterminées dans la laine lavée et la laine non lavée dans les deux stations et les deux séries de prélèvements sont rassemblées dans les tableaux 1, 2, 3, et 4.

| | P1 [DO] | P1 [AM] | P2 [DO] | P2 [AM] |
|-----------------|--|--|---|---|
| Laine lavée | $1,3 \pm 0,4^{**}$ [0,5 - 2,3][a] n = 19 | $0,4 \pm 0,16^{**}$ [0,2 - 0,9] n = 20 | $0,4 \pm 0,2^{**}$ [0,2 - 0,8] n = 15 | $0,7 \pm 0,1^{**}$ [0,4 - 0,9] n = 16 |
| Laine non lavée | $3,4 \pm 1,4^*$ [1,6 - 5,5] n = 19 | $2,6 \pm 1,5^*$ [0,8 - 6,4] n = 20 | $4,1 \pm 2,3$ [2,6 - 11] n = 15 | $3,5 \pm 1,5$ [0,8 - 7] n = 16 |

* $p < 0,05$; ** $p < 0,001$; [a]: valeurs extrêmes.

Tableau 1: Teneurs moyennes en plomb [exprimées en ppm] dans la laine de mouton des deux séries de prélèvements [P1 et P2] des deux stations [DO et AM].

| | P1 [DO] | P1 [AM] | P2 [DO] | P2 [AM] |
|-----------------|--|--|--|---|
| Laine lavée | $0,6 \pm 0,5^*$ [0,07 - 1,9][a] n = 19 | $0,1 \pm 0,15^*$ [0,02 - 0,3] n = 20 | $0,08 \pm 0,05$ [0,02 - 0,16] n = 15 | $0,7 \pm 0,1^{**}$ [0,4 - 0,9] n = 16 |
| Laine non lavée | $0,14 \pm 0,35^{**}$ [0,14 - 1,8] n = 19 | $0,04 \pm 0,02^{**}$ [0,01 - 0,1] n = 20 | $0,06 \pm 0,02$ [0,02 - 0,1] n = 15 | $0,04 \pm 0,01$ [0,01 - 0,1] n = 16 |

* $p < 0,05$; ** $p < 0,001$; [a]: valeurs extrêmes.

Tableau 2: Teneurs moyennes en cadmium [exprimées en ppm] dans la laine de mouton des deux séries de prélèvements [P1 et P2] des deux stations [DO et AM].

| | P1 [DO] | P1 [AM] | P2 [DO] | P2 [AM] |
|-----------------|---|---|--|--|
| Laine lavée | 115 ± 10 [103 - 131][a] n = 19 | 110 ± 10 [84 - 128] n = 20 | 112 ± 11 [97 - 149] n = 15 | 109 ± 5 [101 - 120] n = 16 |
| Laine non lavée | $128 \pm 7^{**}$ [120 - 141] n = 19 | $74 \pm 17^{**}$ [0,8 - 6,4] n = 20 | $117 \pm 28^*$ [82 - 216] n = 15 | $103 \pm 10^*$ [88 - 126] n = 16 |

* $p < 0,05$; ** $p < 0,001$; [a]: valeurs extrêmes.

Tableau 3: Teneurs moyennes en zinc [exprimées en ppm] dans la laine de mouton des deux séries de prélèvements [P1 et P2] des deux stations [DO et AM].

| | P1 (DO) | P1 (AM) | P2 (DO) | P2 (AM) |
|-----------------|------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Laine lavée | 7,9±1,8** (5 - 11)[a] n = 19 | 3,5±1** [1,9 - 5] n = 20 | 5±1** [3 - 7] n = 15 | 6±0,7** [5 - 7,4] n = 16 |
| Laine non lavée | 7,2±1,3** [5 - 10] n = 19 | 3,2±1,4** [1 - 6] n = 20 | 8±2** [5,3 - 12,5] n = 15 | 6,2±0,8** [4,5 - 7,6] n = 16 |

**p<0,001, [a]: valeurs extrêmes.

Tableau 4: Teneurs moyennes en cuivre (exprimées en ppm) dans la laine de mouton des deux séries de prélèvements (P1 et P2) des deux stations (DO et AM).

Les teneurs moyennes en plomb sont variables d'un prélèvement à un autre et d'une région à une autre. Elles varient entre 0,4 et 1,3 ppm dans la laine lavée pour les deux séries de prélèvements et les deux stations. Pour la station de DO, la teneur est trois fois plus élevée pour P1 par rapport à P2 et la différence est significative (p<0,001). En revanche, la concentration moyenne en plomb dans la laine lavée (deuxième prélèvement) de la station AM est 2 fois plus élevée que la concentration de P1 et la différence est significative (p<0,001). Les teneurs moyennes en plomb dans la laine non lavée varient entre 4,1 ± 2,3 ppm et 2,6 ± 1,5 ppm pour les deux séries de prélèvements et les deux stations. Elles sont toujours plus élevées que les concentrations dans la laine lavée (p<0,001).

Les teneurs en cadmium dans la laine lavée sont faibles, de l'ordre de 0,07 à 0,6 ppm. Nous notons une très grande variabilité interindividuelle compte tenu des écarts-type. Globalement, les teneurs relevées dans la laine non lavée sont du même ordre de grandeur et restent comparables à celles de la laine lavée. Nous notons une très grande différence entre les deux stations, en particulier pour les teneurs en cadmium de la deuxième série de prélèvement.

Les concentrations en zinc de la laine lavée au cours de P1 et P2 des deux stations sont moins variables et sont analogues, entre 109 et 115 ppm.

Pour la laine non lavée, la station DO a révélée des concentrations en zinc plus élevées pour les deux prélèvements comparativement à la station AM (p<0,001 et p<0,01). La teneur en zinc de P1 de la station de AM est la plus faible, de l'ordre de 74± 17 ppm.

Les teneurs en cuivre dans la laine (lavée ou non lavée) sont globalement plus élevée pour la station DO que celles de la station AM. La concentration moyenne en cuivre de la laine lavée (DO) est plus élevée pour P1 que pour P2 et significativement différente (7,9 versus 5 avec p<0,01)). Les teneurs en cuivre de la laine non lavée au cours des deux prélèvements de la station DO sont moins dispersées et moins variables. Elles sont restées plus ou moins constantes et la différence n'est pas significative. Pour la station AM les concentrations en cuivre de la laine lavée et non lavée lors de P1 sont plus faibles (3,5±1 et 3,2±1,4 ppm) que lors de P2 (6±0,7 et 6,2±0,8) et les différences sont significatives (p<0,001). Les teneurs en cuivre sont analogues pour la laine lavée et non lavée lors des deux séries de prélèvements.

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

La signification des métaux contenus dans la laine

(lavée ou non lavée) n'est pas la même selon que l'on considère le zinc, le cuivre, le cadmium ou le plomb.

Les quantités de métaux (plomb et cadmium) incorporées dans la laine doivent être le témoin d'une pollution de l'alimentation des animaux; les quantités déposées sur la laine sont le témoin d'une pollution atmosphérique. En effet, les teneurs en plomb relevées dans les échantillons de laine des deux régions sont faibles. Elles sont inférieures aux valeurs déterminées par Ward et Savage [3] chez des moutons non contaminés par les métaux lourds mais proches de la concentration moyenne en plomb dans les poils de Bovins, de l'ordre de 0,9±05 ppm [2], vivant en dehors d'une zone polluée. Les teneurs en plomb dans la laine non lavée des moutons non contaminés sont de l'ordre de 1,7 pm près de la peau et 7,1 ppm à l'extrémité de la laine [3]. Nos résultats sont plus faibles. Cette différence se situe probablement dans le niveau de fond de contamination, mais surtout des méthodes analytiques mises en œuvre. Dans l'étude de Ward et Savage [3] les teneurs métalliques ont été déterminées par ICP-MS (Inductively coupled plasma mass spectrometry) alors que dans notre étude la spectrophotométrie d'absorption atomique a été utilisée pour la détermination des métaux lourds. La fixation du plomb dans les phanères (poils, laine et cheveux chez l'homme) est fonction de l'intensité de l'exposition [10]. En effet chez l'homme, la teneur en plomb dans les cheveux était de 58 ppm pour une population vivant au voisinage de mines et de fonderies; elle était de 22 ppm pour celle vivant au voisinage des fonderies seulement; elle était de 6 ppm pour la troisième, loin de toute exposition. Certains auteurs rapportent des liaisons significatives entre les teneurs en plomb dans le sang et dans les phanères que ce soit chez l'homme ou chez l'animal [3, 9, 11, 12]. Les teneurs faibles dans la laine lavée et non lavée déterminées dans notre étude rendent compte d'un niveau de fond de contamination (background level), ce qui suggère que les régions choisies ne sont pas polluées par le plomb.

Pour les teneurs en cadmium dans la laine lavée, nos résultats montrent une très grande variabilité interindividuelle; les valeurs extrêmes des concentrations en cadmium sont comprises entre 0,02 ppm et 0,6 ppm pour la station DO et entre 0,02 ppm et 0,1 ppm pour la station AM. Les échantillons de la laine de la station DO contiennent généralement plus de cadmium que ceux de AM. Nos résultats sont plus faibles que ceux obtenus dans les échantillons de laine non lavée de moutons vivants en dehors d'une zone contaminée par les métaux lourds, de l'ordre de 0,4 à 0,8 ppm [3]. Dans une étude menée par Dorn et Phillips [13], le niveau de cadmium a été déterminé dans les échantillons de poils lavés de quatre vaches exposées à des sources multiples de contamination et quatre vaches témoins non exposées. Les concentrations en cadmium chez les vaches exposées sont significativement élevées par rapport aux concentrations de cadmium chez les témoins (1,62 ppm versus 0,07 ppm). Les résultats obtenus dans notre étude pour la laine lavée sont voisines des concentrations en cadmium dans les poils de vaches témoins. Selon Mehennaoui [14], les teneurs fixées dans les poils lavés de bovins exposés sont plus élevées que celles des témoins (2±1 versus 0,1±0,05). Chez des bovins non exposés, les valeurs rapportées par Ronserberger [15] sont

de l'ordre de 0,03 ppm, alors que chez les animaux recevant des posologies équivalentes à 0,13 mg/kg et 0,23 mg/kg PV, les teneurs en cadmium sont respectivement 1,2 et 1,8 ppm. Dorn et Phillips [13] rapportent des valeurs chez les bovins témoins comprises entre 0,05 et 0,1 ppm alors que chez les bovins exposés les valeurs sont comprises entre 0,07 et 2,8 ppm. Les teneurs obtenues dans notre étude sont très voisines de celles trouvées par ces auteurs dans les poils de bovins témoins et comparables aux teneurs moyennes en cadmium déterminées dans les poils de chèvres non contaminées ($0,43 \pm 0,27$ ppm) [4]. Dans l'étude effectuée par Gross and al [16] le coefficient de corrélation entre les teneurs dans les cheveux et dans les organes cibles n'est pas significatif: $r = 0,01$ pour le foie et pour le rein. Ainsi, le niveau de cadmium dans les cheveux n'est pas prévisible des quantités de cadmium accumulées dans les organes cibles (rein et foie). Ce même résultat est obtenu par Winston [17] et Milhaud et Mehennaoui [9]. Cela suggère que les phanères (cheveux, laine et poils) ne sont pas un bon indicateur d'une exposition au cadmium.

Le zinc et le cuivre sont considérés comme des éléments essentiels pour le métabolisme des êtres vivants. Les résultats obtenus pour le zinc dans les deux bergeries et dans les deux séries de prélèvement sont situés dans les intervalles physiologiques proposées par Lamand [18], c'est-à-dire entre 120 et 200 ppm. La signification biologique des teneurs en éléments minéraux dans les phanères a été étudiée par de nombreux auteurs [13, 19, 20]. La détermination des concentrations en zinc et cuivre dans la laine de mouton permet d'évaluer en particulier les carences en ces éléments et par conséquent le status alimentaire des animaux. Les teneurs en cuivre des deux séries de prélèvement (laine lavée et non lavée) de la station AM sont inférieures aux normes physiologiques qui sont comprises entre 8 et 15 ppm [18]. Ceci suggère une carence en cuivre pouvant être primaire (une alimentation carencée en Cu) ou secondaire (une biodisponibilité du cuivre diminuée par interaction avec d'autres éléments minéraux, en particulier le molybdène).

Remerciements

Nous remercions le Professeur G. MILHAUD du Service de Pharmacie et Toxicologie de l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort (France) pour nous avoir accueilli et autorisé les analyses dans son laboratoire ainsi que Mr DUCHE Albert pour son aide. Nos remerciements vont également à l'Agence Nationale de Développement de la Recherche (ANDRU) et au Docteur A DEHEMI de l'ITEBO (Ain-Mlila) pour avoir mis à notre disposition les animaux pour les besoins de l'expérimentation.

REFERENCES

- [1]- Riviere J.L., "Les animaux sentinelles", *Le courrier de l'Environnement*, 2 (9), (1993), pp. 1-10
- [2]- Mehennaoui S., Charles E., Enriquez B.J., Clauw M., Milhaud G.E., "Indicators of lead, zinc and cadmium exposure in cattle, II- Controlled feeding and recovery", *Vet. Hum. Toxicol.*, 30(6), (1988), pp. 550-555.
- [3]- Ward N.I. et Savage J.M., "Elemental status of grazing animals located adjacent of the London Orbital (M25) motorway", *The Sciences. Total. Environ.*, 146/147, (1994), 185-189.
- [4]- Khan A.T., Diffay B.C., Mielk H.W., "Trace elements in goat hair", *Environ. Sciences*, 3(4), (1995), pp. 187-192.
- [5]- Gaelle J., Incidence de la contamination par les polychlorobiphényles et les métaux lourds (Pb et Cd) sur la mortalité du lièvre d'Europe (*Lepus europaeus*) en France: Etude préliminaire de terrain, Thèse de Doctorat Vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, (2000), 99 p.
- [6]- Craste L.P., Les cervidés sauvages bioindicateurs de pollution par le cadmium: étude bibliographique, Thèse de Doctorat Vétérinaire, (1995), 95-Tou 3- 4079, 129 p.
- [7]- Huel G, Accumulation du plomb et du cadmium dans le cheveu fœtal. Etude de la validité de ce cheveu en tant qu'indicateur épidémiologique d'exposition, (1982), Thèse de Troisième cycle N°22, Paris, 229 p.
- [8]- Mehennaoui S., Dosage du plomb, du cadmium, du zinc et du cuivre dans le sang et les poils de bovins, Mémoire de DEA de Toxicologie, (1985), Paris VII, 64 p
- [9]- Milhaud G. et Mehennaoui S., "Indicators of lead, zinc and cadmium exposure in cattle: I- Results in a polluted area", *Vet. Hum. Toxicol.*, 30(6), (1988), pp. 513-517.
- [10]- Hammer D.I., Finklea J.F., Hendricks R.H., Shy C.M., Horton R.J.M., "Hair trace metal levels and environmental exposure", *Am. J. Epidem.*, 93, (1971), pp. 84-92.
- [11]- Russel H.A., Schöberl A., "Die bleiablagerung in rinderhaaren", *Stsch. Tierarztl. Wschr.*, 77, (1970), pp. 489-528.
- [12]- Ward N.I. and Brooks R.R., "Lead levels in wool as indicator of lead in blood of sheep exposure to automotive emission", *Bull. Environ. Contamin. Toxicol.*, 31(3), (1979), pp. 403-408
- [13]- Dorn C.R. and Phillips P.E., "Cadmium, copper, lead, and zinc in blood, milk, muscles and other tissues of cattle from an area of multiple source contamination" in : 7 th Annual Conf., Trace Subst. Environ. Health [Hemphill DD Ed.], University of Missouri, (1974), pp. 191-202.
- [14]- Mehennaoui S., Surveillance biologique du saturnisme subclinique chez les bovins; Etude du poils en tant qu'indicateur d'exposition. Thèse Troisième Cycle, (1988), Paris VII, 111 pp.
- [15]- Rösenberger C., Gründer H.D., "Crobmann: Untersuchungen über, aufnahme und anreicherung von schwermetallen bei milchkühen durch verfütterung von zink, blei und cadmium haltigem industriestaub", *Stsch. Tierarztl. Wschr.*, 83, (1976), pp. 471-514.
- [16]- Gross S.B., Yeager D.W., Middendorf M.S., "Cadmium in liver, kidney, and hair of humans fetal through old age. I", *Toxicol. Environ. Health*, 2, (1976), pp. 153-167.
- [17]- Winston H. Cherry, "Distribution of cadmium in human tissues", in : Cadmium in environment. Part II: Health effects, Jérôme O. Nriagu Ed., (1981), pp. 69-536.
- [18]- Lamand M., Les oligoéléments, Dalfoz Editions, Paris, (1978), 78 p.
- [19]- Havaux C., "Cuivre et manganèse chez les bovins. Méthode de dosage et signification biologique du cuivre et manganèse dans les poils", *Ann. Méd. Vét.*, 3, (1965), pp. 174-225.
- [20]- Nougues C., Lamand M., "Possibilités et limites de l'utilisation du poils dans le diagnostic de la carence en zinc chez les bovins", *Ann. Rec. Vet.*, 3, (1972), pp. 505-507. □