

Un effet possible des radiations électromagnétiques des stations de base de téléphonie mobile sur le nombre de moineaux domestiques (*Passer domesticus*)

JORIS EVERAERT* et DIRK BAUWENS

[Research Institute for Nature and Forest \(INBO\)](#)

Kliniekstraat 25, B-1070 Brussels, Belgium; E-mail: joris.everaert@inbo.be

***Electromagnetic Biology and Medicine*, 26: 63–72, 2007**

* M.Sc. in Biology (University of Ghent)

Résumé

Un effet possible de l'exposition à long terme au rayonnement électromagnétique de basse intensité des stations de base de téléphonie mobile (GSM) sur le nombre de moineaux domestiques pendant la saison de reproduction a été étudié dans six zones résidentielles en Belgique. Nous avons prélevé 150 positions dans 6 secteurs pour examiner la variation géographique à petite échelle du nombre de moineaux domestiques mâles et de la puissance du rayonnement électromagnétique des stations de base. La variation spatiale du nombre de moineaux domestiques mâles a été négativement liée de façon hautement significative à la force des champs électriques pour les deux bandes de fréquence 900 Mhz et 1800 MHz ainsi que pour la somme de ces bandes (Tests Chi² et critères AIC, P < 0,001).

Ce rapport négatif était fortement semblable dans chacun des six secteurs d'étude, en dépit de différences entre les secteurs dans le nombre d'oiseaux et les niveaux de radiation. Ainsi, nos données prouvent que seul un petit nombre de moineaux domestiques mâles ont été vus aux endroits caractérisés par des valeurs relativement élevées de force de champ électrique des stations de base GSM. Elles soutiennent donc la notion que l'exposition à long terme à des niveaux plus élevés de rayonnement affecte négativement l'abondance ou le comportement des moineaux domestiques dans la nature.

Mots-clés

Antennes; Oiseau ; Rayonnement électromagnétique ; Station de base GSM ; Effet non thermique.

Introduction

Les téléphones portables, également appelés téléphones mobiles cellulaires, sont maintenant une partie intégrale de la vie moderne. L'utilisation répandue des téléphones portables a été accompagnée de l'installation d'un nombre croissant station de base (antennes) sur des pylônes et des bâtiments. D'autres technologies comme l'Internet sans fil deviennent également très populaires. Les stations de base GSM émettent des champs électromagnétiques à hautes fréquences dans les domaines 900 et 1800 Mhz (= bandes de fréquences *downlink*), modulées en pulsations à basses fréquences (Hyland, 2000)

Ces dernières années, la conscience publique s'est accrue et la recherche scientifique s'est interrogée se savoir dans quelle mesure l'exposition non-thermique aux champs électromagnétiques de basse intensité pouvait affecter la santé, la reproduction, le bien-être et le comportement des humains et d'autres organisations du vivant. Il y a maintenant une polémique active qui met en doute les normes de sûreté en cours actuellement. Certains chercheurs et comités nationaux ont recommandé des normes de sûreté plus rigoureuses, basées sur des données expérimentales avec des effets biologiques

rapportés des expositions non-thermiques (chroniques) (Hyland, 2000; Belyaev, 2005a, b).

Il y a des études montrant des effets biologiques suivant des fréquence spécifiques, et des études démontrant qu'un signal à haute fréquence modulé à certaines basses fréquences, ou un signal qui est pulsé, a des effets plus nocifs qu'un signal porteur non modulé et régulier. Ces prétendus effets spécifiques compliquent considérablement n'importe quelle tentative de comprendre le rapport entre le rayonnement électromagnétique et la santé (Adey, 1981; Hyland, 2000; Lai, 2005; Belyaev, 2005a).

L'inquiétude publique et scientifique a été également soulevée par des résultats de certaines études épidémiologiques qui ont examiné les effets de l'exposition à long terme sur des humains vivant près des stations de base de téléphone portable. Un nombre de plus en plus important d'études pointent vers l'existence d'effets, depuis des modifications des performances cognitives et des perturbations du sommeil jusqu'à des maladies et des incapacités sérieuses, avec même des taux de cancer plus élevés (Santini et al., 2002; Navarro et al., 2003; Bortkiewicz et al., 2004; Eger et al., 2004; Wolf and Wolf, 2004; Hutter et al., 2006; Abdel-Rassoul et al., 2006).

Des expériences de laboratoire à court terme ont utilisé des souris, des rats, des poulets et d'autres oiseaux comme modèles d'étude pour mieux comprendre les implications possibles des champs électromagnétiques sur le fonctionnement du métabolisme. Cependant dans beaucoup d'études, on a étudié des signaux « de type téléphonie mobile » qui étaient en réalité différents des expositions d'expositions réelles tels que l'intensité, la fréquence porteuse, la modulation, la polarisation, la durée et l'intermittence (Belyaev, 2005a, b; Lai, 2005).

Les études des effets de l'exposition aux champs électromagnétiques sur des populations d'oiseaux sauvages peuvent fournir d'autres indications sur les impacts potentiels sur la santé animale et humaine (Fernie et Reynolds, 2005). Les oiseaux sont des candidats pour être de bons indicateurs biologiques de rayonnement électromagnétique de faible intensité : ils ont des crânes minces, leurs plumes peuvent agir en tant que récepteurs diélectriques du rayonnement micro-onde, de nombreuses espèces utilisent la navigation magnétique, ils sont très mobiles et les effets psychosomatiques possibles sont absents (Bigu-del-Blanco et Romero-Romero-Sierra, 1975 ; Balmori, 2005).

Les études de populations sauvages sur le terrain peuvent également indiquer des effets possibles d'exposition à long terme au rayonnement des stations de base GSM. En outre, les espèces comme le moineau domestique (*Passer domesticus*) sont particulièrement intéressantes parce qu'une large proportion d'oiseaux utilisent des positions élevées pour se reproduire comme des toitures par exemple (Wotton et al., 2002) où sont présents des

niveaux potentiellement plus élevés de rayonnement des stations de base.

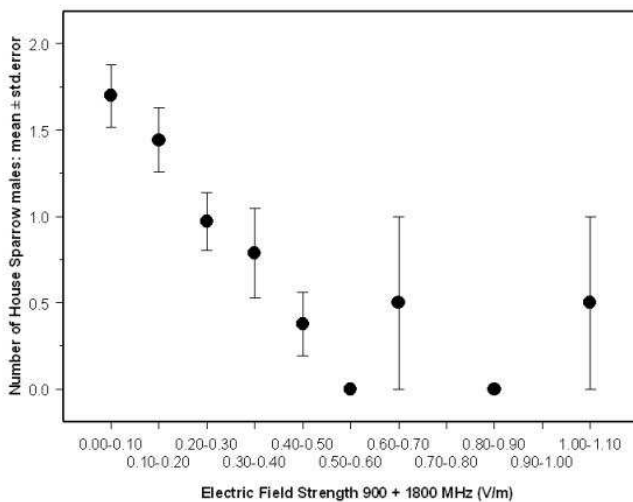
Ici nous rapportons des résultats d'une étude préliminaire qui a exploré les effets putatifs du rayonnement électromagnétique émis par des stations de base de téléphonie mobile sur le nombre de moineaux domestiques pendant la saison de reproduction. Spécifiquement, nous avons examiné dans chacune de six zones étudiées la variation géographique à petite échelle du nombre de moineaux domestiques et de la puissance du rayonnement électromagnétique. **Si les champs électromagnétiques des stations de base GSM ont des effets nuisibles sur des populations d'oiseaux, ceci devrait avoir comme conséquence un nombre décroissant de moineaux domestiques avec une augmentation des niveaux de rayonnement.**

Matériel et méthodes

(...)

Résultats

(...)



Discussion

Nos résultats indiquent que la variation spatiale entre les lieux de prélèvement du nombre de moineaux domestiques mâles a été liée négativement à la force des champs électriques émis par des stations de base GSM. D'une manière primordiale, cette relation était fortement semblable parmi les six secteurs d'étude, comme démontré par les effets non significatifs d'interaction entre le secteur et la force du champ électrique, en dépit des différences entre les secteurs tant dans le nombre d'oiseaux que dans les niveaux de rayonnement. D'ailleurs, l'association négative a été détectée pour des forces de champ électrique des bandes de fréquence de 900 et 1800 mégahertz et de la somme de ces bandes de fréquence. Nos analyses ont également indiqué que la relation négative entre le nombre d'oiseaux et la force du rayonnement n'était pas une simple conséquence des différences entre les lieux de prélèvement par rapport à la distance de la station de base GSM la plus proche. Ceci peut probablement être attribué aux variations de l'orientation, de la position et du nombre d'antennes ainsi qu'aux effets d'armature et aux réflexions multiples des structures comme les bâtiments et les arbres, qui affectent les niveaux locaux de l'exposition au rayonnement électromagnétique. Ainsi, nos données prouvent que peu de moineaux domestiques mâles ont été vus aux endroits caractérisés par des valeurs

relativement élevées de force de champ électrique des stations de base GSM et soutiennent donc la notion que l'exposition à long terme à des niveaux plus élevés de rayonnement affecte négativement l'abondance ou le comportement des moineaux domestiques dans la nature.

Néanmoins, notre étude devrait être considérée comme préliminaire pour plusieurs raisons. D'abord, les positions de prélèvement ont été visitées une seule fois, de sorte que les comptes du nombre de moineaux domestiques mâles et de mesures de force de champ électrique sont sujets à une certaine variation et erreur d'évaluation. Cependant, il est hautement probable que ces erreurs soient distribuées de façon aléatoire parmi les positions. Nous notons également qu'une visite simple pendant le pic de la saison de reproduction (avril - mai) est considérée comme proportionnée pour localiser les territoires de reproduction du moineau domestique (Hustings et al., 1985 ; Van Dijk, 2004). En second lieu, en raison de la courte période d'étude, nous ignorons si les différences dans les comptages d'oiseau reflètent la variation du taux de reproduction des oiseaux ou des réponses comportementales à court terme comme la tendance à chanter. Cependant, une diminution de l'intensité de chant aura comme conséquence une diminution des taux de reproduction et finalement un déclin de la taille de population. Troisièmement, seule le rayonnement des antennes de station de base GSM a été mesuré. La distribution d'autres signaux électromagnétiques potentiellement significatifs sera probablement aléatoire, mais du fait du manque de mesures dans d'autres bandes de fréquence (excepté UMTS), ceci reste l'objet de davantage d'études. Quatrièmement, **comme avec toutes les études descriptives de terrain, nous ne pouvons pas fournir l'évidence d'un rapport causal entre les niveaux de rayonnement et le nombre d'oiseaux. Néanmoins, le fait que nous ayons trouvé un modèle fortement semblable dans chacun des six secteurs d'étude renforce la possibilité que le rapport n'est pas faux.**

Il y a plusieurs rapports non publiés et anecdotiques au sujet des oiseaux et des stations de base de téléphonie mobile, mais nous connaissons une seule autre étude publiée qui a examiné les effets du rayonnement électromagnétique des stations de base de téléphonie mobile sur les populations d'oiseaux sauvages. **Balmori (2005) a trouvé un nombre sensiblement inférieur de jeunes de cigogne blanches (*Ciconia ciconia*) dans les nids exposés à des rayonnements électromagnétiques relativement élevés ($2,36 \pm 0,82$ V/m) par rapport aux nids recevant des niveaux de rayonnement plus faibles ($0,53 \pm 0,82$ V/m). Parallèlement à des observations sur des comportements anormaux des oiseaux adultes, ces résultats suggèrent que le rayonnement électromagnétique interfère avec la reproduction de cette population sauvage.** Quels pourraient être les mécanismes fondamentaux des effets négatifs (putatifs) du rayonnement des stations de base GSM sur les populations sauvages d'oiseau ? **Puisque toutes les valeurs mesurées de force de champ électrique étaient loin au-dessous de ce qui est requis pour produire un effet thermique aussi faible que $0,5$ °C (c.-à-d. 10 mW/cm² ou env. 194 V/m ; Bernhardt, 1992), les effets devraient être considérés comme non thermiques aux intensités très basses.**

Des effets non thermiques des micro-ondes sur des oiseaux ont été rapportés il y a déjà 40 ans (Tanner, 1966 ; Tanner et al., 1967). **La plupart des études indiquent qu'une exposition des oiseaux à des champs électromagnétiques changent généralement, mais pas toujours uniformément en effet ou en direction, leur comportement, leur taux de reproduction, leur croissance, leur développement, leur physiologie, leur endocrinologie,**

et leur stress oxydant (Wasserman et al., 1984 ; Grigor'ev et al., 2003 ; Fernie et Reynolds, 2005). D'importance toute particulière dans le contexte de notre recherche : les études de laboratoire qui démontrent des effets négatifs du rayonnement électromagnétique des téléphones mobiles sur le développement et sur la survie des embryons d'oiseau (Farrel et al., 1997 ; Youbicier-Simo et Bastide, 1999 ; Grigoriev, 2003). Des plumes d'oiseau sont connues pour agir en tant que récepteurs diélectriques des champs électromagnétiques à haute fréquence et certaines expériences indiquent que les champs haute fréquence modulés par pulsation peuvent induire des effets piézoélectriques sur les plumes (Bigu-del-Blanco et Romero-Sierra, 1975a, b). Ces résultats sont importants en raison du rôle fondamental que les plumes jouent dans la vie des oiseaux et de l'influence des facteurs environnementaux sur le comportement des oiseaux. Les expériences ont également indiqué que le rayonnement micro-onde peut avoir les mêmes effets négatifs sur des oiseaux en vol que ceux observés sur des oiseaux en cage (Romero-Romero-Sierra et autres, 1969).

Plusieurs espèces d'oiseau ont également recours à la navigation magnétique (Liboff et Jenrow, 2000 ; Muheim et al., 2006) et peuvent se trouver désorientés lorsqu'ils sont exposés à de faibles (< 1/50 de la force du champ géomagnétique) champs électromagnétique haute fréquence (Ritz et al., 2004 ; Thalau et al., 2005). L'évidence disponible au sujet de la magnéto-réception suggère que les oiseaux emploient un mécanisme de paire radicale comme boussole chimique, ainsi qu'un mécanisme basé sur des particules de magnétite (Wiltshko et Wiltshko, 2005 ; Mouritsen et Ritz, 2005). La magnétite est un excellent amortisseur de rayonnement micro-onde aux fréquences comprises entre 0,5 et 10,0 gigahertz par le processus de la résonance ferromagnétique (Kirschvink, 1996), de sorte que l'interaction avec les champs électromagnétiques des stations de base de téléphonie mobile pourrait être possible.

Dans une expérience sur les pinsons zèbrés (*Taenopygia guttata*) qui ont été temporairement stimulés (10 minutes) avec un champ électromagnétique pulsé semblable au signal produit par les téléphones mobiles à la fréquence porteuse de 900 mégahertz, des changements non thermiques cruciaux du taux d'activité neuronale sur plus de la moitié des cellules du cerveau ont été détectés (Beasond et Semm, 2002). L'effet n'est pas apparu être limité aux cellules sensorielles magnétiques, mais s'est produit dans toute les parties du cerveau. Les auteurs postulent que des réponses neuronales semblables à différentes fréquences pointent vers un mécanisme commun de modulation de basse fréquence, peut-être au niveau de la membrane cellulaire. Un tel stimulus pourrait imiter un mécanisme normal impliqué dans la communication cellulaire. Bien que la force maximale de champ électrique utilisée dans cette expérience (0.1 mW/cm² = env. 19 V/m ; Beasond et Semm, 2002) était plus élevée que les valeurs mesurées dans notre étude, les résultats d'autres études indiquent qu'une exposition à long terme à de faibles intensités peut produire les mêmes effets qu'une exposition à court terme à des intensités plus élevées (D'Andrea et al, 1986a, b ; Lai, 2005 ; Belyaev, 2005a). Ceci suggère que les effets non thermiques du rayonnement électromagnétique relativement faible des stations de base de téléphonie mobile puissent s'accumuler au fil du temps et avoir des implications significatives, comme mis en évidence par plusieurs études épidémiologiques pilote sur des humains (voir l'introduction).

Le rayonnement des stations de base GSM peut également affecter l'abondance locale d'insectes ou

d'autres invertébrés et de ce fait indirectement influencer le nombre de moineaux domestiques. Bien que les moineaux domestiques adultes soient principalement des mangeurs de graines, ils ont besoin d'insectes et d'autres invertébrés pour alimenter leurs jeunes, de sorte qu'il est probable qu'ils préfèrent des secteurs avec une abondance d'invertébrés en début de période de reproduction. Plusieurs chercheurs ont postulé que le manque d'invertébrés pourrait constituer un facteur important dans le déclin rapporté des populations de moineaux domestiques en milieu urbain (Wotton et al., 2002 ; Summers-Smith, 2003). L'exposition à court terme du rayonnement pulsé de téléphonie mobile à la fréquence de 900 mégahertz a eu comme conséquence une diminution des 50 à 60 % de la capacité reproductrice d'insectes (Panagopoulos et al, 2004). Des résultats semblables ont également été trouvés avec le rayonnement micro-onde à d'autres fréquences (Bol'shakov et autres, 2001 ; Atli et Unlu, 2006).

Les résultats de notre étude suggèrent que l'exposition à long terme au rayonnement électromagnétique de faible intensité (pulsée) des stations de base GSM peut avoir des effets significatifs sur des populations d'oiseaux sauvages. Les mécanismes exacts de ces effets sont jusqu'ici mal compris. Etant donné l'importance potentielle que de tels effets peuvent avoir sur des aspects de la biodiversité et sur la santé humaine, il y a un besoin urgent d'études plus détaillées en laboratoire et sur le terrain pour corroborer nos résultats et pour découvrir les rapports mécanistes qui les sous-tendent.

Références

- Abdel-Rassoul, G., Abou El-Fateh, O., Abou Salem, M., Michael, A., Farahat, F., El-Batanouny, M., Salem, E. (2006). Neurobehavioral effects among inhabitants around mobile phone base stations. *Neurotoxicology*. DOI: 10.1016/j.neuro.2006.07.012.
- Adey, W.R. (1981). Tissue interactions with non-ionizing electromagnetic fields. *Physiol. Rev.* 61:435-514.
- Atli, E., Unlu, H. (2006). The effects of microwave frequency electromagnetic fields on the development of *Drosophila melanogaster*. *Int. J. Radiat. Biol.* 82:435-441.
- Balmori, A. (2005). Possible effects of electromagnetic fields from phone masts on a population of White Stork (*Ciconia ciconia*). *Electromagn. Biol. Med.* 24:109-119.
- Beasond, R.C., Semm, P. (2002). Responses of neurons to an amplitude modulated microwave stimulus. *Neurosci. Lett.* 333:175-178.
- Belyaev, I.Y. (2005a). Non-thermal Biological Effects of Microwaves. *Microwave Review* 11:13- 29.
- Belyaev, I.Y. (2005b). Nonthermal Biological Effects of Microwaves: Current Knowledge, Further Perspective, and Urgent Needs. *Electromagn. Biol. Med.* 24:375-403.
- Bernhardt, J.H. (1992). Non-ionizing radiation safety: radiofrequency radiation, electric and magnetic fields. *Phys. Med. Biol.* 37:80-84.
- Bibby, C.J., Burgess, N.D., Hill, D.A., Mustoe, S.H. (2000): *Bird Census Techniques*. London: Academic Press.
- Bigu-del-Blanco, J., Romero-Sierra, C. (1975a). The properties of bird feathers as converse piezoelectric transducers and as receptors of microwave radiation. I. Bird feathers as converse piezoelectric transducers. *Biotelemetry* 2:341-353.
- Bigu-del-Blanco, J., Romero-Sierra, C. (1975b). The properties of bird feathers as converse piezoelectric transducers and as receptors of microwave radiation. II.

- Bird feathers as dielectric receptors of microwave radiation. *Biotelemetry* 2:354-364.
- Bol'shakov, M.A., Kniazeva, I.R., Lindt, T.A., Evdokimov, E.V. (2001). Effect of low-frequency pulse-modulated 460 MHz electromagnetic irradiation on *Drosophila* embryos (article in Russian). *Radiats. Biol. Radioecol.* 41:399-402.
- Bortkiewicz, A., Zmyslony, M., Szykowska, A., Gadzicka, E. (2004). Subjective symptoms reported by people living in the vicinity of cellular phone base stations. *Med. Pr.* 55:345- 351.
- D'Andrea, J.A., DeWitt, J.R., Emmerson, R.Y., Bailey, C., Stensaas, S., Gandhi, O.P. (1986a).
- Intermittent exposure of rats to 2450 MHz microwaves at 2.5 mW/cm²: behavioral and physiological effects. *Bioelectromagnetics* 7:315-328.
- D'Andrea, J.A., DeWitt, J.R., Gandhi, O.P., Stensaas, S., Lords, J.L., Nielson, H.C. (1986b). Behavioral and physiological effects of chronic 2450 MHz microwave irradiation of the rat at 0.5 mW/cm². *Bioelectromagnetics* 7:45-56.
- Eger, H., Hagen, K.U., Lucas, B., Vogel, P., Voit, H. (2004). Influence of the spatial proximity of mobile phone base stations on cancer rates (article in German). *Umwelt-Medizin-Gesellschaft* 17:273-356.
- Electronic Communications Committee (2003): *Measuring non-ionising electromagnetic radiation (9 kHz – 300 GHz). Recommendation adopted by the Working Group "Frequency Management" (FM)*. Electronic Communications Committee (ECC) within the European
- Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT). ECC/REC/(02)04. Farrel, J.M., Litovitz, T.L., Penafiel, M. (1997). The effect of pulsed and sinusoidal magnetic fields on the morphology of developing chick embryos. *Bioelectromagnetics* 18:431-438.
- Fernie, K.J., Reynolds, S.J. (2005). The effects of electromagnetic fields from power lines on avian reproductive biology and physiology: a review. *J. Toxicol. Environ. Health B Crit.Rev.* 8:127-140.
- Grigor'ev, O.A., Bicheldei, E.P., Merkulo, A.V. (2003). Anthropogenic EMF effects on the condition and function of natural ecosystems (article in Russian). *Radiats. Biol. Radioecol* 43:544-551.
- Grigoriev, J.G. (2003). The influence of electromagnetic fields from mobile phones on chicken embryo's (article in German). *Journal für Strahlungs-Biologie* 5:541-544.
- Hustings, F., Kwak, R., Opdam, P., Reijnen, M. (1985): *Manual bird census work: techniques, backgrounds, guidelines and reporting. Nature conservation in the Netherlands, vol. III* (publication in Dutch). Zeist: Pudoc, Wageningen & Nederlandse Vereniging tot Bescherming van Vogels.
- Hutter, H.P., Moshhammer, H., Wallner, P., Kundi, M. (2006). Subjective symptoms, sleeping problems, and cognitive performance in subjects living near mobile phone base stations. *Occup. Environ. Med.* 63:307-313
- Hyland, G.J. (2000). Physics and biology of mobile telephony. *The Lancet* 356:1833-1836.
- Kirschvink, J.L. (1996). Microwave absorption by magnetite: a possible mechanism for coupling nonthermal levels of radiation to biological systems. *Bioelectromagnetics* 17:187-194.
- Lai, H. (2005). Biological effects of radiofrequency electromagnetic field. *Encyclopedia of Biomaterials and Biomedical Engineering*. DOI: 10.1081/E-EBBE-120041846.
- Liboff, A.R., Jenrow, K.A. (2000). New model for the avian magnetic compass. *Bioelectromagnetics* 21:555-565.
- Mouritsen, H., Ritz, T. (2005). Magnetoreception and its use in bird navigation. *Curr. Opin.Neurobiol.* 15:406-414.
- Muheim, R., Moore, F.R., Phillips, J.B. (2006). Calibration of magnetic and celestial compass cues in migratory birds – a review of cue-conflict experiments. *J. Exp. Biol.* 209:2-17.
- Navarro, E.A., Segura, J., Portolés, M., Gómez-Perretta de Mateo, C. (2003). The Microwave Syndrome: A Preliminary Study in Spain. *Electromagn. Biol. Med.* 22:161-169.
- Panagopoulos, D.J., Karabarbounis, A., Margaritis, L.H. (2004). Effect of GSM 900-MHz mobile phone radiation on the reproductive capacity of *Drosophila melanogaster*. *Electromagn. Biol Med.* 23:29-43.
- Ritz, T., Thalau, P., Phillips, J.B., Wiltschko, R., Wiltschko, W. (2004). Resonance effects indicate radical pair mechanism for avian magnetic compass. *Nature* 429:177-180.
- Romero-Sierra, C., Husband, C., Tanner, J.A. (1969): *Effects of microwave radiation on Parakeets in flight*. Ottawa: Control Systems Laboratory.
- Santini, R., Santini, P., Danze, J.M., Le Ruz, P., Seigne, M. (2002). Study of the health of people living in the vicinity of mobile phone base stations: I. Influences of distance and sex. *Pathol.Biol.* 50:369-373.