



HAL
open science

Perception gustative et couverture des besoins énergétiques chez les primates

Bruno Simmen, Patrick Pasquet, Claude Marcel Hladik

► **To cite this version:**

Bruno Simmen, Patrick Pasquet, Claude Marcel Hladik. Perception gustative et couverture des besoins énergétiques chez les primates. 2013. hal-00819775v1

HAL Id: hal-00819775

<https://hal.science/hal-00819775v1>

Preprint submitted on 2 May 2013 (v1), last revised 13 Nov 2013 (v2)

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Perception gustative et couverture des besoins énergétiques chez les primates

Gustatory perception and energy expenditure in primates

Bruno SIMMEN, Patrick PASQUET et Claude Marcel HLADIK

Eco-anthropologie et Ethnobiologie, UMR 7206, CNRS, Université Paris-7 et Muséum national d'histoire naturelle. Laboratoire d'Ecologie Générale, 4 avenue du Petit Château. F 91800 Brunoy

e-mail : simmen@mnhn.fr

Résumé La perception gustative permet d'orienter les choix alimentaires des primates dans les différentes niches écologiques où ils ont évolué. Les possibilités de choix sont cependant limitées par le poids corporel des différentes espèces, en fonction des relations allométriques dont nous présentons les particularités des espèces de l'Ordre des Primates par rapport à celles des autres ordres de mammifères. Compte tenu de ces particularités des lémuriens et des autres primates platyrrhiniens et catarrhiniens, les stratégies alimentaires et énergétiques qui ont été déterminées avec une précision suffisante chez plusieurs espèces incluant *Homo sapiens*, permettent d'évaluer l'efficacité des spécialisations alimentaires en fonction des perceptions sensorielles.

Mots clés relations allométriques, perception du fructose, inertie phylogénétique, dépense énergétique, Lemnidae, Callitrichidae, Hominidae

Summary Food choices of primate species are guided by gustatory perceptions in the various ecological niches where the species have evolved. However, limits in such choices are determined by the body mass of the species, according to the allometric relationships that are presented and discussed, with a comparison between species of the Primate Order and those of other mammalian orders. Taking in consideration such peculiarities among lemurs, platyrrhine and catarrhine primates, the feeding and energetic strategies of several species (including *Homo sapiens*) that are presently determined with enough accuracy, allow a new insight in the relationships between food specialization and gustatory perception.

Keywords allometric relationships, perception of fructose, phylogenetic inertia, energy expenditure, Lemnidae, Callitrichidae, Hominidae

Introduction

Les dépenses énergétiques des primates et les bilans qui en résultent ont été récemment l'objet d'une revue présentée en ligne [1] avec des techniques de mesure qui apportent une précision suffisante pour mettre en perspective les adaptations par rapport aux stratégies alimentaires des différentes espèces. De telles mesures de la dépense énergétique en conditions naturelles pourraient notamment permettre de préciser les variations des stratégies alimentaires au cours de l'évolution des Hominiés.

La perception gustative [2] dont nous présenterons les particularités à travers les seuils de sensibilité des primates actuels, a nécessairement co-évolué avec les stratégies des espèces suivant leur adaptation aux transformations des milieux. L'utilisation de nouvelles ressources alimentaires repose en effet sur une combinaison de ces adaptations psychophysiologiques et comportementales dont nous pouvons envisager les origines concernant l'espèce humaine par une approche comparative entre espèces.

Allométrie et seuil de perception du saccharose

Les relations entre les besoins métaboliques de base et la masse corporelle des mammifères sont bien connues depuis la publication du célèbre ouvrage de Max Kleiber en 1961, qui fait encore référence, y compris pour les primates [3]. La relation dite allométrique (c'est-à-dire, associant une variable à une dimension corporelle), relie la dépense énergétique d'un individu au repos à jeun avec son poids. Elle varie de façon exponentielle et est figurée généralement sous la forme d'une droite lorsque les paramètres sont exprimés en logarithmes.

Parallèlement à cette relation allométrique la plus connue, d'autres relations allométriques ont été également recherchées à propos de la perception des sucres par les différentes espèces de primates. Les perceptions d'une espèce peuvent-elle en effet dépendre de ses dimensions corporelles ? Cette question a été envisagée à propos de la perception de substances sucrées qui correspondent généralement à des aliments à forts apports énergétiques. Il existe en fait une corrélation significative entre le format corporel et le seuil de perception gustative pour des solutions sucrées à différentes concentrations. Cette relation est représentée par une droite après transformation logarithmique des valeurs mesurées (Fig. 1). En dépit d'une grande variabilité interspécifique qui se rapporte essentiellement aux différents régimes alimentaires, la plus grande acuité gustative vis-à-vis du saccharose (c'est-à-dire un plus faible seuil de perception mesuré) s'observe pour des espèces de masse corporelle croissante.

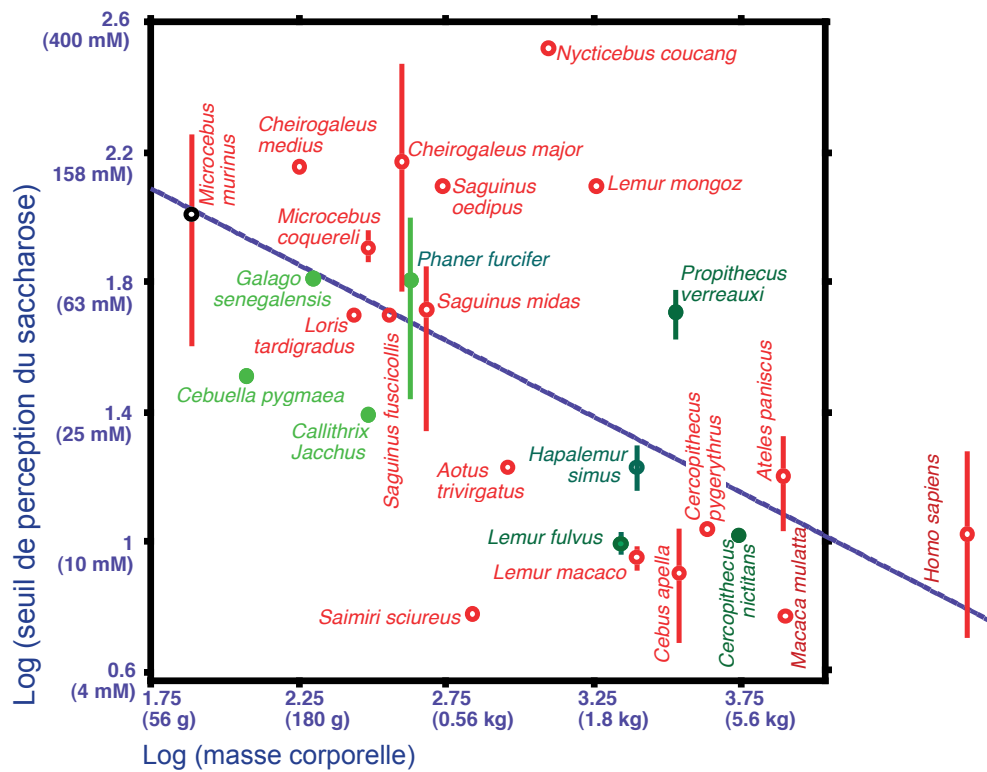


Figure 1. Relation entre le seuil de perception du saccharose en solution aqueuse (concentrations en millimoles) et le poids corporel de différentes espèces de primates. La relation allométrique montre que les espèces les plus grandes (incluant les humains) ont une meilleure perception de ce sucre (seuils de perception les plus bas).

Relationship between gustatory thresholds for sucrose solutions (concentrations in mM) and the body weight of various primate species (including humans). The allometric relationship shows that the larger the species, the better the sugar perception (low perception threshold).

Dans l'interprétation de ces données mises en évidence par Simmen et Hladik [2], on considère que la sensibilité supérieure des espèces les plus grandes a pour effet d'élargir l'éventail des aliments perçus comme palatables et consommables, y compris les fruits à très faible teneur en sucres qui sont négligés par les espèces de petite taille, moins sensibles au saccharose. Un éventail élargi de perceptions permet ainsi aux espèces à grand format d'utiliser une quantité de ressources alimentaires suffisante pour couvrir leurs besoins énergétiques nécessairement supérieurs à ceux des espèces de plus faible poids corporel. L'espèce humaine se situe parmi les espèces les plus sensibles aux sucres, avec une acuité gustative qui varie cependant dans différentes populations [4].

La signification fonctionnelle des sensibilités gustatives n'exclut pas cependant de considérer les particularités sensorielles de certaines espèces en fonction d'une certaine inertie phylogénétique, examinée ci-après.

L'inertie phylogénétique : le cas de la perception du fructose

Nous avons regroupé (Fig. 2) les résultats des mesures de sensibilité vis-à-vis du fructose — l'un des sucres solubles les plus fréquents dans les pulpes de fruits d'Angiospermes — chez deux séries d'espèces de primates apparentés, les Lemuridae (lémurs et hapalémurs de Madagascar) et les Callitrichidae (ouistitis et tamarins d'Amérique du sud). On remarque que les seuils de discrimination du fructose tendent vers des valeurs qui se rapprochent chez les espèces appartenant à un même groupe taxonomique en dépit des tendances alimentaires distinctes au sein de chaque groupe d'espèces — avec des régimes largement constitués de polysaccharides (feuilles, exsudats végétaux) ou faisant une plus large part aux sucres solubles (pulpes des fruits).

	Taxon	Poids (g)	Fructose (mM)	
lémurs et hapalémurs	Lemuridae			
	<i>Eulemur coronatus</i>	2200	21±10	Frugivore- nectarivore
	<i>Eulemur fulvus</i>	2200	22,5±8,5	
	<i>Eulemur macaco</i>	2500	14±7	
	<i>Hapalemur simus</i>	2500	18,5±7,5	Folivore
	<i>Hapalemur griseus</i>	850	16,5±9,5	
ouistitis et tamarins	Callitrichidae			
	<i>Cebuella pygmaea</i>	119	37±7 ; 50	Gommivore- insectivore
	<i>Callithrix jacchus</i>	300	29,5±2,5	
	<i>Callithrix geoffroyi</i>	300	41±10	Frugivore- nectarivore- insectivore
	<i>Callithrix argentata</i>	425	19,5±7,5	
	<i>Saguinus midas</i>	492	66	
	<i>Saguinus oedipus</i>	547	16±6	
	<i>Leontopithecus rosalia</i>	555	19,5±7,5	
<i>Leontopithecus chrysomelas</i>	555	21,5±9,5		

Figure 2. Comparaison des seuils de perception du fructose en solution dans deux séries d'espèces de primates apparentées en fonction des régimes alimentaires. La similitude des seuils de perception du fructose chez des espèces appartenant à un même groupe taxonomique mais dont le régime alimentaire est largement constitué de polysaccharides ou de sucres simples, suggère un fort effet de la phylogénie sur l'acuité gustative.

Comparing taste thresholds for fructose among primate species within different taxonomic groups in relation to species major dietary trends. The similarity of fructose perception in species belonging to the same taxonomic group with a diet mostly based on polysaccharides or soluble sugars, suggests a strong influence of phylogeny on gustatory acuity.

Cette similitude que nous interprétons comme une inertie génétique résulterait de la lenteur des adaptations à des milieux qui peuvent se transformer rapidement (dans le cas, par exemple de colonisation par de nouvelles espèces de plantes).

Nous connaissons un exemple extrême de possibilité de perception liée à la phylogénie : le cas des « faux sucres ». Ces substances, perçues par l'homme (et les primates de l'Ancien Monde) comme extrêmement sucrées mais dénuées de valeur calorique — par exemple la pulpe du fruit de *Pentadiplandra brazzeana* —, ne sont absolument pas perçues par les primates du Nouveau Monde [5]. En fait il s'agit d'une co-évolution des espèces d'Angiospermes à fruits pulpeux avec les primates qui disséminent les graines dans les forêts denses africaines. Le mimétisme biochimique avec les « vrais » sucres a favorisé les espèces végétales dont le goût des fruits ressemble à celui des nombreuses espèces à fruits sucrés recherchés par les primates. Les « faux sucres » sont généralement des protéines qui, même en très faibles concentrations, présentent un goût extrêmement sucré pour l'homme. Cette caractéristique n'est pas observée chez les primates du Nouveau Monde (aucune différence n'est perçue entre de l'eau pure et une solution de « faux-sucre »), et correspond à une différence, avec les autres primates, dans les protéines des récepteurs gustatifs. La différenciation des

systèmes gustatifs entre ces groupes taxonomiques, qui remonte à la séparation des plaques continentales Afrique/Amérique, ne permet pas aux primates du Nouveau Monde de percevoir un ‘faux sucre’, apparu plus tardivement sur le continent Africain en fonction de la perception gustative des espèces alors présentes, dont est issue la lignée humaine.

Les stratégies alimentaires des Primates non humains

Dans tous les cas, les besoins énergétiques importants des primates de grande taille sont couverts par une alimentation diversifiée associée à un vaste domaine vital et de grandes distances parcourues quotidiennement en quête de nourriture.

Pour ces espèces, le maintien d’un régime éclectique repose en partie sur l’acuité gustative élevée vis-à-vis des substances à haute valeur énergétique, comme les sucres solubles et elle permet d’élargir l’éventail des produits perçus comme comestibles. Ces primates de grande taille ne pourraient pas, en effet, couvrir leurs besoins énergétiques en se spécialisant sur les seules ressources à haute qualité nutritionnelle, très dispersées dans l’environnement.

Inversement, les primates de petite taille comme le microcèbe (*Microcebus murinus*), souvent très mobiles, chassent des petites proies animales et consomment les parties reproductrices des végétaux riches en énergie (nectars, fruits mûrs). Bien qu’en valeur absolue leurs besoins énergétiques soient modérés du fait de leur petite taille, ces espèces ont un taux métabolique de base (cad une demande énergétique par unité de temps) beaucoup plus important que les grands primates et la quête d’aliments riches en énergie permet de subvenir à ces besoins. Le seuil élevé de perception gustative (faible sensibilité) chez ces espèces favorise sans doute leurs choix alimentaires vers les éléments plus riches en sucres, les seuls qu’ils perçoivent réellement comme attractifs.

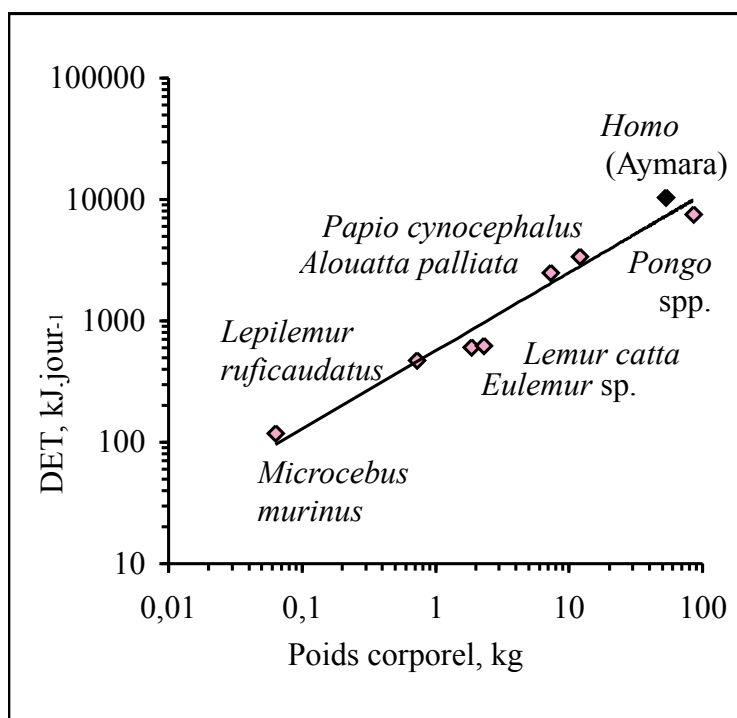


Figure 3. Relation entre la dépense énergétique journalière (DET, en kJ par jour) et le poids corporel de quelques espèces de primates dont la dépense énergétique a été mesurée, en conditions naturelles, par la méthode à l’eau doublement marquée.

Relationship between daily total energy expenditure (DET, in kJ per day) and body weight of some primate species whose energy expenditure has been measured in natural conditions using the doubly labeled water method.

Dicussion : l'homme a-t-il une place à part du point de vue des stratégies énergétiques ?

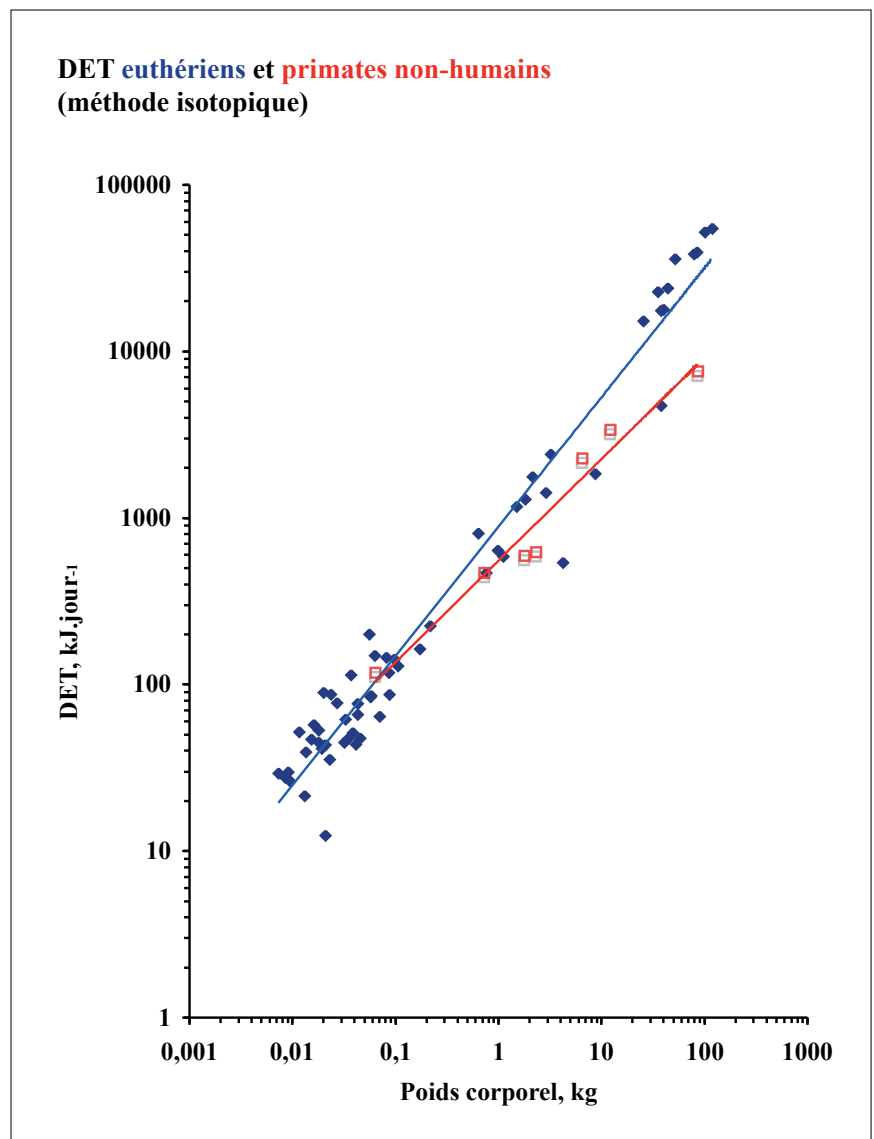
Les apports énergétiques doivent nécessairement équilibrer les dépenses énergétiques globales. Le plus souvent, le métabolisme global — incluant outre les besoins métaboliques de base, les coûts de l'activité locomotrice, de l'alimentation, les dépenses de thermorégulation et de toutes les activités liées aux rapports sociaux dans les groupes —, est calculé par la méthode factorielle, rigoureuse et calibrée en ce qui concerne l'humain, mais qui peut accumuler de petites erreurs sur le calcul de chaque type d'activité pour des primates non humains observés en conditions naturelles.

La méthode de l'eau doublement marquée par $2H$ et $18O$ [1] permet de mesurer la dépense totale d'un animal en conditions naturelles en fonction de l'élimination progressive et différentielle des isotopes stables de l'hydrogène et de l'oxygène au cours du temps. Le principe est de mesurer la production de dioxyde de carbone, lié au métabolisme [6]. Elle est calculée par la différence de concentration entre les deux isotopes dans des prises de sang ou d'urine successives, l'oxygène lié au dioxyde de carbone et à l'eau résultant des réactions métaboliques étant éliminé deux fois plus rapidement que l'hydrogène lié uniquement à l'eau. Il s'agit de la seule méthode de grande précision permettant une comparaison des dépenses énergétiques de différentes espèces, en particulier celui de la dépense énergétique journalière totale (DET)

Chez les mammifères, la dépense énergétique totale varie en fonction de la masse corporelle, à l'instar de la relation de Kleiber pour le métabolisme de base. Le calcul a pu être effectué sur 7 espèces de primates non-humains en conditions naturelles et sur une population humaine (communauté Andine des Aymara) avec la méthode de l'eau doublement marquée. La Figure 3 représente la DET de ces espèces en fonction de leur masse corporelle après transformation logarithmique. La droite obtenue traduit la relation exponentielle qui lie ces deux variables.

Figure 4. Relations entre le poids corporel et la dépense énergétique journalière (DET, en kJ par jour) chez l'ensemble des mammifères euthériens (hors primates) pour lesquels la méthode isotopique de mesure (à l'eau doublement marquée) a été pratiquée, et chez les primates non humains pour lesquels cette relation allométrique a été analysée séparément. Bien que les pentes ne diffèrent pas significativement, les primates (incluant l'homme) qui se situent à un niveau sensiblement inférieur de dépense énergétique pourraient être considérés comme des espèces « économes ».

Relationships between body weight and daily total energy expenditure (DET, in kJ per day) within eutherian mammals (except primates), compared to primates whose allometric relationship has been separately calculated. Although the slopes do not differ significantly, the lower position of most primates suggests a peculiar adaptation to a thrifty energy system with lower energy expenditure.



En fait, la DET des primates non humains semble se différencier sensiblement de celle des autres mammifères placentaires, bien que les pentes des droites de régression pour ces deux groupes, présentées sur la Figure 4, ne soient pas significativement différentes. Les primates non-humains se démarquent des autres mammifères placentaires par une moindre masse musculaire relativement à leur taille [7], ce qui pourrait expliquer une plus faible dépense énergétique au cours des différentes activités journalières.

Concernant l'humain, le faible niveau d'activité physique des populations occidentales actuelles, en comparaison avec celui des mammifères, et son impact en termes de prévalence de l'obésité [8] reflètent-ils seulement les particularités socio-économiques de ces sociétés ? S'il s'avère que le groupe des primates dans son ensemble se différencie des autres groupes de mammifères par un métabolisme global sensiblement réduit, comme le suggère la plus faible DET de plusieurs espèces de primates pour une masse corporelle donnée, la notion de « primate économe » pourrait s'appliquer à l'humain. Notre compréhension des mécanismes de régulation de l'équilibre énergétique et des facteurs d'adiposité dans les populations humaines passées et présentes en serait alors sensiblement modifiée, notamment la relation fonctionnelle entre la perception gustative et la balance énergétique. Car c'est dans un contexte de grande sensibilité gustative et de couverture des besoins métaboliques accrus par l'augmentation du volume de son encéphale, que le genre *Homo* s'est différencié des autres primates, en particulier en adaptant son alimentation par la cuisson. Ce traitement culinaire particulier non seulement accroît les apports énergétiques mais procure un plaisir gustatif qui n'est certainement pas étranger au succès (ou aux excès actuels) de cette nouvelle forme d'alimentation.

Références

1. Tarnaud L, Garcia C, Krief S, Simmen B (2010) Apports nutritionnels, dépense et bilan énergétiques chez l'homme et les primates non-humains : aspects méthodologiques. *Revue de Primatologie* 3 URL : <http://primatologie.revues.org/558>
2. Simmen B, Hladik CM (1998) Sweet and bitter taste discrimination in Primates: Scaling effects across species. *Folia Primatologica* 69:129-138
3. Hladik CM (2011) Le feu de la vie va-t-il consumer la Terre ? In : Hladik J (ed) *Les énergies renouvelables. Aujourd'hui et demain*. Ellipses, Paris, pp 103-119
4. Simmen B, Hladik CM (1993) Perception gustative et adaptation à l'environnement nutritionnel des Primates non humains et des population humaines. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, n.s. 5:343-354
5. Pasquet P, Hladik CM, Tarnaud L (2011) Evolution des perceptions gustatives. *Biofutur* 320:38-42
6. Lifson N, McClintock R (1966) Theory of use of turnover rates of body water for measuring energy and material balance. *J Theor Biol* 12:46-74
7. Muchlinski MN, Snodgrass JJ, Terranova CJ (2012) Muscle mass scaling in primates: an energetic and ecological perspective. *Am J Primatol* 74:395-407
8. Hayes M, Chutsek M, Heska S et al. (2005) Low physical activity levels of modern *Homo sapiens* among free-ranging mammals. *Int J Obes* 29:151-156