

LES TESTS ANATOMIQUES DE L'ADAPTATION DU CHAMEAU AU MILIEU DÉSERTIQUE

par G. CURASSON

S'il est un animal souvent pris comme exemple typique de l'adaptation au milieu, c'est bien le chameau; plus que tout autre, si on s'en fie à l'opinion courante, on peut dire avec KACHKAROV et KOROVINE (1942) : « Un animal porte toujours le cachet du milieu dans lequel il vit. Le désert, lui aussi, et particulièrement le désert sableux, met sa marque sur ses habitants. Aux différentes adaptations concernant le comportement et la physiologie viennent s'ajouter ici celles qui touchent la morphologie ».

Pour mieux comprendre les manifestations morphologiques de cette adaptation chez le chameau, nous les étudierons comparativement à celles qu'on peut observer chez d'autres mammifères désertiques. La comparaison, d'ailleurs, ne peut être qu'imparfaite, s'agissant, d'une part d'un animal domestique et, d'autre part, d'animaux sauvages; si le chameau porte la marque du désert, il porte aussi celle de la civilisation; mais cette dernière vient d'un maître qui, asservi à la nature environnante, subit lui aussi les exigences du désert et a su y adapter sa vie sans apporter au milieu des modifications ou des palliatifs marquants. Par ailleurs, l'influence du milieu est, d'un certain point de vue, plus marquée à l'égard du chameau qu'à l'égard d'autres hôtes du désert comme les petits animaux, les rongeurs, à qui la vie est rendue possible dans les conditions défavorables de ce milieu, grâce aux microclimats ou éoclimats qui leur permettent notamment d'échapper aux effets de l'échauffement du sol, de sa sécheresse, de l'insolation, etc., par l'usage des microreliefs, des terriers, des buissons.

D'après CHOPARD, les caractéristiques communes des animaux du désert sont : « la rapidité des mouvements, l'homochromie, la résistance à la dessiccation, la fréquence des particularités permettant la marche sur le sable. Bien entendu, tous ces caractères ne sont pas forcément réunis chez les animaux désertiques; c'est, au contraire, l'exception; mais leur fréquence est suffisante pour donner l'idée de caractères acquis ou tout au moins conservés par la suite de leur heureuse disposition aux conditions de vie dans le désert ».

Des diverses caractéristiques du milieu désertique qui influent sur la vie des animaux, la plus importante est certainement la sécheresse,

surtout marquée dans le Sahara, « désert des déserts », et qui dépend à la fois de la faible quantité d'eau et de la faible évaporation. Il en résulte dans l'alimentation et l'abreuvement des animaux désertiques une irrégularité parfois mortelle (à In Salah, il n'est rien tombé d'octobre 1925 à septembre 1927), car des espèces végétales qui pourraient s'adapter à une variation normale disparaissent quand plusieurs années de sécheresse extrême se succèdent.

La bosse. — En ce qui concerne la disette alimentaire, le chameau a, dans sa bosse, une réserve analogue à celle que se constituent de leur côté le zébu et le mouton à grosse queue. Il est intéressant de remarquer, d'une part, que ces deux derniers animaux, bien que munis d'une réserve proportionnellement aussi grande (plus grande en ce qui concerne le mouton) que le chameau, ne peuvent pousser aussi loin que lui dans le désert; et, d'autre part que, de façon générale, les animaux à réserve adipeuse sont rares dans le désert; il en est même qui sont dépourvus de graisse dans le Nord saharien, alors qu'ils ont en Europe un tissu graisseux sous-cutané bien développé. C'est du moins le cas du sanglier.

La réserve graisseuse du dromadaire est bien moindre que celle du chameau à deux bosses; or, ce dernier vit dans des régions où le caractère désertique est souvent moins marqué que celui du Sahara et où la température est très basse en hiver, en sorte que la bosse peut apparaître non seulement comme une réserve nutritive, mais aussi comme un mode de défense contre le froid (HEIM de BALZAC). D'ailleurs, les dromadaires de la zone soudanaise, beaucoup plus chaude que le Sahara septentrional, ont une bosse moins développée que celle des animaux des régions plus froides. Mais il semble aussi logique de penser que c'est dû à ce que, dans la zone soudanaise, les chameaux trouvent à manger en permanence. Cela expliquerait aussi que les chameaux du Sahara ont une bosse nette, bien délimitée, alors que celle des animaux du Sahel soudanais est plus basse et se raccorde insensiblement avec le dos.

On a voulu attribuer à la bosse un autre rôle. D'après STROHL (1929), la bosse du chameau doit être regardée avant tout comme un réservoir d'eau: la combustion de sa graisse pourrait donner 40 litres d'eau par oxydation (d'après LESBRE, il y a chez un chameau à deux bosses, 16 kg. de graisse dans la bosse antérieure et 8 dans la bosse postérieure). Il s'agirait d'un phénomène général: la graisse caudale, qu'on trouve non seulement chez le mouton, mais aussi chez divers rongeurs des déserts mésoasiatiques et africains, ainsi que la réserve générale de graisse qu'on trouve chez des rongeurs du Turkestan comme les *Citellus*, au moment où ils tombent en léthargie, serait non seulement une réserve de nourriture, mais aussi une réserve d'eau, par oxydation des graisses.

Cette question de la réserve adipeuse en fonction du problème de l'eau chez les Mammifères sahariens, a été discutée par HEIM de BALZAC.

(1936). Le problème demeure hypothétique et ne s'appliquerait au Sahara qu'à un nombre infime de cas, celui du chameau et celui d'un rongeur, le *Pachyromys* (Th. MONOD, 1942). Sans condamner de façon absolue l'hypothèse, on peut néanmoins faire observer que, pour un animal dont les besoins journaliers en eau dépassent 20 litres, la réserve que pourrait être la bosse (même si on y ajoute la graisse viscérale; le tout représentant d'après JAUSSEN 38 kg.) ne peut être d'une grande utilité, puisque l'eau que représente la « fonte » de la bosse ne peut être, livrée que lentement, à un animal qui continue sa vie normale et dont les besoins restent les mêmes, ce qu'on ne saurait comparer à un animal en hibernation.

Cellules aquifères. — Pour pallier la disette en eau, le chameau aurait par ailleurs ses cellules aquifères — dénomination erronée et prêtant à confusion — qu'on cite toujours comme un merveilleux exemple d'adaptation. Mais, bien que leur rôle ait fait l'objet de nombreuses discussions, il n'existe pas de preuves que leurs divisions renferment une réserve de l'eau d'abreuvement; en réalité, le liquide qu'on y trouve est constitué par l'eau que renferment les aliments en cours de digestion, jusqu'à 15-20 litres (KACHKAROV et KOROVINE, 1942). Peut-être, leur contenu étant en général légèrement plus riche en eau que celui de la panse, leur sécrétion a-t-elle pour effet de maintenir pour les aliments qui doivent être ruminés un état d'humidité suffisant, la rumination n'étant plus, de ce fait, sous la dépendance d'une alimentation régulière en eau (LEESE, 1927). Il semble bien, en définitive, que le rôle des « poches à eau » est surtout digestif, et que le chameau ne peut guère compter sur elles comme réservoirs, pas plus que ne peut le faire l'*Addax*, antilope africaine à laquelle on a, par erreur, attribué une disposition anatomique analogue.

Il reste dès lors au chameau à se comporter comme les autres mammifères des déserts. Or, bien des animaux de ces régions, petits ou grands, ne boivent jamais; c'est particulièrement le cas des rongeurs qu'on peut élever en captivité (même s'ils sont propres aux régions européennes) sans leur donner d'eau; il est vrai qu'ils vivent d'une vie presque végétative; il n'en est pas de même des antilopes (*Addax*, *Oryx*) et des *Gazelles* qui ne boivent jamais, d'après CHAPMAN (1921), ainsi que les ânes sauvages du désert de Gobi. Une petite gazelle, *Gazella arabica*, vit sur certaines îles sans eau douce de la mer Rouge. De façon générale, les ongulés sahariens peuvent être considérés comme ne buvant pas ou buvant à de très longs intervalles (Th. MONOD).

Le cas du chameau est semblable à celui des ruminants sauvages qui ne boivent pas quand ils ont une alimentation suffisamment verte; il est semblable aussi à celui du mouton et du zébu qui, quand ils ont à leur disposition l'herbe verte du printemps, ne boivent pas et peuvent, quand

les pâturages sont moins riches en herbe, ne pas boire tous les jours. Il faut reconnaître cependant que le chameau marque, de ce point de vue, plus de résistance qu'eux, mais moins que les Antilopes. Ajoutons que les végétaux tombés à terre et plus ou moins morcelés, que le chameau consomme souvent en saison sèche, sont loin d'être dépourvus d'eau puisque, comme l'a montré Buxton (1924), ces débris sont très hygroscopiques et absorbent beaucoup d'humidité atmosphérique; cette absorption se fait la nuit, quand l'humidité relative augmente, et le matin à la rosée. Ils sont d'autant plus hygroscopiques que leurs tissus renferment une proportion plus ou moins grande de sels alcalins. Quand l'humidité atmosphérique dépasse 70 %, ils peuvent absorber 0 gr. 6 d'eau par gramme.

Pied. — Comme preuve d'adaptation du chameau, on cite toujours la constitution anatomique de son pied. En fait, on ne devrait pas dire qu'il est adapté au désert de façon générale; en effet, dépourvu d'ongles fonctionnels, le chameau marche pour ainsi dire sur son épiderme épaissi; son pied correspond bien au sol sablonneux; or, du moins en ce qui concerne le Sahara, les sols sableux ne forment pas la majorité, les sols pierreux et rocheux occupant la plus grande partie de ce désert; en sorte que le pied du chameau ne constitue pas une adaptation à la vie désertique en général, mais lui confère une infériorité marquée pour la marche sur la plupart des sols sahariens (HEIM de BAIZAC). Un Mammifère à ongles fonctionnels pourrait se déplacer sur tous les milieux désertiques, y compris le sable, mieux que le chameau.

On ne considère pas toujours, d'ailleurs, l'évasement du pied comme une marque d'adaptation au milieu sablonneux, le sable n'étant pas un obstacle à la vitesse pour certains animaux désertiques comme le fennec (Th. MONOD). Si on examine l'ensemble des Mammifères sahariens, on note de ce point de vue un polymorphisme extrême parmi les genres et les espèces; parmi ces types, plusieurs apparaissent même comme mal adaptés au désert.

Un exemple souvent cité d'adaptation du pied aux régions sableuses est celui de l'antilope *Addax*, dont les ongles offrent une surface et une forme inaccoutumées : très grande surface d'appui, développement de la surface plantaire beaucoup plus grand que celui d'autres antilopes de même taille. Or, l'*Addax* n'est pas, à proprement parler, un animal des dunes; il vit en réalité en tous terrains et dans les mêmes endroits que les autres antilopes, chez lesquelles on n'observe pas de modification du pied; d'autre part, le pied de la gazelle blanche, qui ne vit que sur le sable, est normal. On ne peut donc pas dire que, chez les animaux sauvages, le pied se soit adapté au milieu désertique.

Si, par ailleurs, l'évasement du pied du chameau est un signe d'adaptation au sol sableux, la minceur de la sole — d'où résulte sa souplesse —

est un gros inconvénient pour la marche sur les terrains durs qui dépassent en superficie, dans sa zone d'habitat, les terrains de sable, mais aussi pour la marche sur le sable quand il fait très chaud; au milieu de l'été, on peut en effet noter dans le Sahara des températures de 72° (Th. MONOD) et même 78° (AUGIERAS) à la surface du sol. On conçoit que le sable ainsi chauffé, qui brûle les pieds à travers les chaussures, doit influencer les tissus mous du pied mal protégés par une sole mince.

Appareil locomoteur. — Les Mammifères des régions désertiques, et surtout les herbivores, sont obligés de remédier à la pauvreté du désert par la rapidité ou l'ampleur de leurs déplacements; aussi leurs membres moteurs sont-ils exceptionnellement développés, ce qui permet le passage facile d'un pâturage à l'autre et l'accroissement de leur zone d'investigations alimentaires. A ce point de vue, le chameau a répondu, comme la gazelle, l'antilope, le mouton saharien et le zébu des zones sud-sahariennes, aux nécessités d'adaptation par une conformation spéciale de son appareil locomoteur.

Appareil auditif. — Pour divers auteurs, l'adaptation de l'appareil auditif des Mammifères au milieu désertique est caractérisée par un développement très accentué des bulles tympaniques ou des dimensions exagérées des conques auditives. Les bulles tympaniques, annexes de la caisse du tympan, sont développées de façon extrêmement variable, même dans un genre, selon les espèces. Presque tous les Mammifères sahariens (plus de 80 %) ont une véritable hypertrophie de ces bulles, ce qui a fait penser à un rapport entre cette disposition anatomique et le milieu. HEIM DE BALZAC, qui a étudié la question, n'ose tirer des conclusions sur l'interprétation à donner à cette notion nouvelle, qu'on pourrait considérer comme une loi.

Mais ZAVATTARI (1938) donne l'explication suivante : le désert, pays plat, sans relief, dépourvu de corps vibrants, et surtout le sable, empêche que le bruit provoqué par la marche d'un homme, la reptation d'un animal, se propage; en sorte qu'il est difficile, pour les animaux du désert, de se mettre en garde contre des ennemis éventuels. ZAVATTARI pense que les bulles tympaniques pallient cet inconvénient; le son se transmettant par le sol (les indigènes écoutent au sol pour déceler les déplacements des caravanes), les Mammifères qui vivent au sol ou dans des terriers perçoivent directement les vibrations du terrain, celles-ci étant reçues et amplifiées par les bulles tympaniques, qui font saillie de chaque côté du crâne; il ne s'agirait pas d'amplifier les bruits transmis par l'air, ce qui demanderait des conques très développées, mais seulement de percevoir et de transmettre, en les augmentant, les vibrations du sol.

ZAVATTARI pense que les bulles hypertrophiées jouent le même rôle chez les grands Mammifères, comme les Antilopes. Chez ces dernières,

les bulles tympaniques entrent en fonction quand l'animal est accroupi sur le sol ou même en dormant. Quand la tête repose sur le sable, les bulles sont en contact direct avec le sol.

Quand on examine les bulles tympaniques d'antilopes africaines, ainsi que j'ai pu le faire au Muséum d'Histoire Naturelle, on s'aperçoit que la comparaison des crânes provenant d'espèces sahariennes et d'espèces vivant en forêt ne décele pas de différences notables dans un sens ou dans l'autre. D'ailleurs, chez le mouflon à manchettes, qui habite le Sahara tout entier, les bulles ont un léger développement analogue à celui du bouquetin des Pyrénées.

En ce qui concerne le chameau, son caractère d'animal original ou au contraire la banalité de son organisation — selon qu'on voit en lui un phénomène ou au contraire un mammifère pas tellement différent des autres — se traduit par l'existence de bulles tympaniques très peu développées et n'ayant pas l'aspect « bulleux »; il s'agit de cavités très saillantes, mais fortement comprimées, dans lesquelles on peut difficilement voir des caisses de résonance (chez la girafe — qui pourtant ne doit pas souvent écouter au sol — elles sont proportionnellement plus développées et ont vraiment l'aspect « bulleux »).

Le faible développement des bulles tympaniques du chameau n'est pas compensé par une adaptation de la conque auriculaire. Au contraire, cette dernière est chez lui peu développée, bien moins que celle du lama; elle est aussi moins mobile. D'ailleurs, en ce qui concerne l'ensemble des Mammifères sahariens, le développement de la conque auditive n'est pas une loi et ils montrent à ce sujet de grandes différences.

Œil. — A l'inverse de l'oreille, l'œil du chameau présente une particularité qu'on peut être tenté de considérer comme un signe d'adaptation. Cette particularité a été signalée par DROANDI (1915). On sait que les pupilles des Ruminants et des Solipèdes portent souvent au niveau de leur bord, des proliférations noires de l'uvée : *grains de suite* du cheval, *grains fuligineux*, *flocculi*, *corpus nigrum*. Chez le chameau, au bord supérieur et au bord inférieur de l'ouverture pupillaire, il y a deux bandelettes plissées en zig-zag qui sont, en bas et en haut, limitées au tiers moyen de l'ouverture. D'après ZANNINI (1931) ces flocculi supérieurs et inférieurs se correspondent et s'engrènent d'un bout à l'autre de la pupille. ZANNINI les dénomme *umbraculum*, dénomination déjà donnée à une disposition analogue observée chez l'*Hyrax*.

Ces bandelettes protègent partiellement l'œil contre les rayons solaires, car si l'iris, ovale, devient circulaire dans la mydriase — et alors les flocculi basculent en dehors — dans le miosis ils retombent sur la pupille en contribuant à la rétrécir.

L'œil est aussi protégé de la lumière par la disposition des sourcils, qui sont très saillants.

Narines. — Les narines offrent une particularité qui est en relation avec la nature du milieu : c'est la possibilité pour le chameau de clore à volonté ses narines, ce qui est facilité par la disposition en fente de l'ouverture et la minceur des naseaux. Quand souffle une tempête de sable, le chameau s'accroupit et ferme paupières et narines. Il ferme aussi les narines quand il introduit son museau dans les buissons épineux.

Peau et phanrées. — Si une bonne part des Mammifères sauvages des déserts chauds subissent peu les effets de la radiation, parce qu'ils sont fouisseurs ou ont une vie nocturne, le chameau, comme les hôtes des plateaux dénudés, des dunes, ainsi que le sont les diverses antilopes, n'est pas généralement à l'abri du soleil. Il lui faut donc assurer sa thermo-régulation. On sait que celle-ci se fait par évaporation au niveau du poumon, ou par les oscillations du métabolisme, ou par dilatation ou constriction ou enfin par la sécrétion de la sueur. On sait aussi que d'après les observations de DILL et de ses collaborateurs, dans le climat désertique chaque animal réagit à sa façon contre la température élevée; mais on n'a pas étudié chez le chameau, comment agissent respectivement ces quatre modes de régulation. En ce qui concerne la sueur, il sue rarement de façon marquée; ses glandes sudoripares sont relativement peu nombreuses. On pourrait être tenté d'y voir un signe d'adaptation, la majorité des Mammifères désertiques n'ayant pas de glandes sudoripares; mais cette absence ne leur est pas spéciale.

Par ailleurs, l'épaisseur de la peau intervient dans la régulation thermique, une peau mince et bien irriguée favorisant la circulation superficielle. On fait observer que, de façon générale, plus le climat est chaud, plus la peau est mince, ce qui supporte de nombreuses exceptions, y compris celle du chameau qui a une peau particulièrement épaisse. C'est, semble-t-il, dans les climats chauds et humides que la peau est mince. En zone chaude et sèche et surtout aux fortes variations thermiques, la peau s'épaissit et le poil devient rugueux, ce qui peut tenir aussi aux carences alimentaires périodiques.

Une autre influence invoquée est celle exercée par la couleur de la peau et de la robe. Il est difficile d'interpréter exactement l'influence de la pigmentation de la peau sur la régulation thermique : une peau pigmentée facilite l'absorption des rayons calorifiques, mais comme les rayons lumineux ont une action vaso-dilatatrice énergique, la pigmentation serait en réalité protectrice, et les peaux foncées se laisseraient moins pénétrer par la chaleur que les blanches; certains vont jusqu'à prétendre que chez les animaux des tropiques, la pigmentation de la peau s'accentuerait.

Par contre, chez les animaux désertiques, la coloration du poil est très souvent en harmonie avec la teinte générale du sol, et c'est parti-

culièrement marqué chez les habitants des déserts sablonneux (KACHKAROV et KOROVINE).

Le chameau obéit pour une part à cette règle, les robes de teinte fauve, fauve clair étant de beaucoup la majorité. Mais là, comme de façon générale, il est difficile de faire la part du climat et des variations ou mutations spontanées en ce qui concerne les phanères.

Le peu d'abondance du poil, chez le dromadaire africain, montre bien qu'il est acclimaté aux régions chaudes; mais aux limites de son habitat existent des races ou variétés à toison fournie; c'est le cas pour les dromadaires des hauts plateaux algériens et aussi de l'Afghanistan; à l'inverse du dromadaire, le chameau à deux bosses possède une toison qui lui permet de résister au froid; en été, il perd sa fourrure, mais pour très peu de temps, alors que chez le dromadaire, la fourrure d'hiver disparaît pendant de longs mois.

Si on passe en revue les divers tests d'adaptation du chameau à la vie désertique, on est tenté de conclure qu'ils ne sont pas si nombreux ni si marqués qu'on pourrait le penser; mais cela n'a rien d'étonnant, et ce n'est pas cultiver le paradoxe que considérer avec GAUTIER comme une erreur de croire que le chameau est un animal essentiellement désertique; sans l'homme, il n'existerait pas dans le Sahara, et si on l'y abandonnait à son sort, il y a tout lieu de croire qu'il n'y subsisterait pas longtemps.

L'adaptation du dromadaire au Sahara, si elle s'était faite, aurait d'ailleurs été rapide, car s'il paraît maintenant si étroitement associé aux paysages sahariens, il n'en reste pas moins qu'il y est un nouveau venu. Comme le fait encore observer GAUTIER, dans le Sahara antique, celui de Carthage et même de l'Empire romain, la place du chameau était tenue partiellement, au moins à la lisière Nord du désert, par l'éléphant. L'Atlas nourrissait des éléphants sauvages qui descendaient l'hiver dans les cuvettes sahariennes humides et il existe encore des éléphants en plein Sahara mauritanien, vers le 18^e degré de latitude Nord. Si le chameau, qui fut importé pour la première fois en Egypte par la conquête persane, en 525 avant J.-C., y joua rapidement un rôle important, l'Afrique punique et romaine ne l'utilisaient pas et c'est vers la fin de l'empire romain qu'il fut introduit au Sahara.