le paradoxe du panda : un carnivore devenu herbivore

publié le 11.09.26 |par adama mbaye

le panda géant (ailuropoda melanoleuca) fait partie de l'ordre des carnivores et, comme eux, possède un tube digestif court et simple. cette situation peut sembler paradoxale car a priori mal adaptée à son régime exclusif de bambou. pourtant, plusieurs adaptations convergentes avec le panda roux (ailurus fulgens) témoignent d'une spécialisation pour ce régime alimentaire : un faux pouce pour saisir le bambou, la perte du goût umami réduisant l'attrait pour la viande, et un métabolisme abaissé compensant la faible valeur nutritive de ce régime. ce paradoxe illustre les interactions entre régime alimentaire, morphologie, génétique et comportement d'une espèce.

1. le panda : un carnivore végétarien

le panda géant (*ailuropoda melanoleuca*), endémique de chine, est un paradoxe biologique fascinant, de nombreuses fois étudié sous différents aspects. en effet, bien qu'il appartienne à l'ordre des carnivores et à la famille des ours (*ursidae*), le panda géant est un herbivore hautement spécialisé, se nourrissant presque exclusivement de bambou. comment un animal doté d'un système digestif court et simple, typique des carnivores, survit-il avec une efficacité digestive du bambou notoirement faible, souvent inférieure à 20 % [1] ?

l'explication résulte d'un ensemble d'adaptations, dont certaines sont partagées de manière frappante par le panda roux (*ailurus fulgens*), qui appartient pourtant à une famille phylogénétiquement distincte (*ailuridae*, superfamille *musteloidea*). ce partage de traits adaptatifs similaires, sans héritage direct de leur dernier ancêtre commun, constitue une remarquable convergence évolutive provoquée par des pressions sélectives similaires, notamment le régime alimentaire exclusif de bambou. c'est d'ailleurs cette convergence écologique autour d'un régime presque exclusivement composé de bambou qui explique qu'ils partagent aujourd'hui le nom de panda, bien que ce terme ait d'abord désigné le seul panda roux au xix^{e} siècle [2]. l'appellation a ensuite été étendue au panda géant par analogie, malgré leur éloignement phylogénétique.



figure 1 - panda géant et panda roux mangeant du bambou
le panda géant (*ailuropoda melanoleuca*, à gauche) et le panda roux (*ailurus fulgens*, à droite) se nourrissent principalement de bambou. notez la capacité de préhension du bambou chez ces deux espèces.
source des images : panda géant : benjamín núñez gonzález, cc by-sa, wikimedia ; panda roux : mathias appel, domaine public, flickr.

auteur(s)/autrice(s) : voir légende licence : cc-by-sa

les adaptations du panda géant concernent à la fois son corps, son comportement et sa génétique. nous verrons comment l'animal, en dépit de son alimentation herbivore, utilise des nutriments similaires à ceux des carnivores (carnivore macronutritionnel) ; et comment un sixième doigt (un faux pouce) est apparu sur les pattes antérieures du panda au cours de l'évolution. de plus, l'inactivation du gène *tas1r1* (récepteur du goût umami), survenue après le changement de régime, a cimenté cette spécialisation vers l'herbivorie. enfin, nous verrons que cette dépendance au bambou impose une contrainte énergétique extrême, forçant le panda à maintenir un métabolisme basal et une activité physique exceptionnellement bas.

2. le paradoxe alimentaire : un carnivore macronutritionnel

2.1. un système digestif inefficace de carnivore

la particularité la plus frappante du panda géant réside dans sa physiologie digestive. malgré un régime fibreux d'herbivore, il possède un tube digestif court et simple, typique des carnivores, avec un temps de transit digestif extrêmement rapide, inférieur à 12 heures. en conséquence, le panda n'assimile en moyenne que 20 % de la matière sèche du bambou consommé, soit plus de 80 % rejeté en fèces [3].

2.2. une solution : digérer le bambou comme de la viande

la résolution de cette contrainte réside dans la composition nutritionnelle réellement absorbée. le panda extrait les contenus cellulaires hautement digestibles et riches en protéines du bambou, maintenant un équilibre similaire à celui de ses ancêtres carnivores [4] [5].

- **le régime du panda s’aligne sur celui des hypercarnivores (mammifères tirant plus de 70 % de leur énergie de la viande) sur le plan des macronutriments (répartition protéines/glucides/lipides).**
- **l’énergie est tirée essentiellement des protéines : on estime que 48 à 61 % de l’énergie provient des protéines de bambou, un ratio comparable aux carnivores stricts.**

l’animal est un herbivore au niveau des aliments ingérés, mais un carnivore au niveau macronutritionnel. les protéines du bambou, facilement digestibles, sont absorbées rapidement tandis que les fibres indigestes sont éliminées dans les fèces. le maintien de ce profil macronutritionnel proche de ses ancêtres carnivores a rendu possible la transition vers le bambou sans refonte métabolique majeure.

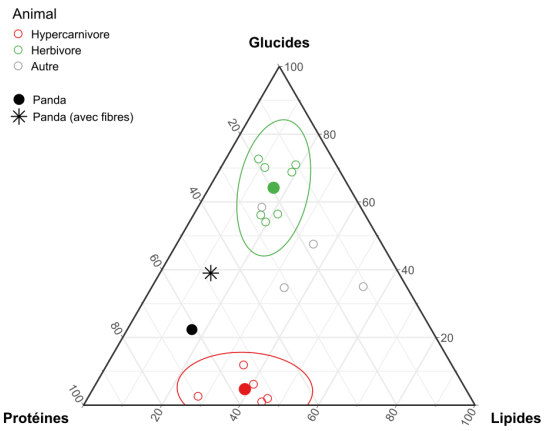


figure 2 - composition macronutritionnelle du régime du panda géant comparée à celle d'autres mammifères diagramme ternaire représentant la proportion d'énergie issue des protéines, des lipides et des glucides dans le régime de mammifères classés comme herbivores (vert), hypercarnivores (rouge), non classifiés (gris) et du panda géant (noir). pour les herbivores et les hypercarnivores, les espèces individuelles sont représentées par de petits cercles vides, tandis que les moyennes de chaque groupe sont représentées par de grands cercles pleins. les ellipses délimitent les intervalles de confiance à 95 % pour la moyenne de chaque groupe. le panda géant (*ailuropoda melanoleuca*) est représenté par deux points : le point noir correspond à la composition énergétique issue des seuls contenus cellulaires du bambou (protéines, lipides et glucides solubles), alors que l'étoile intègre également la fraction estimée de fibres digestibles (hémicellulose et cellulose). d'après les données de [1]. mise en forme d'après [2].

auteur(s)/autrice(s) : adama mbaye, d'après nie et coll., 2019 licence : cc-by

2.3. structure mandibulaire et dentition : l'adaptation au broyage du bambou

par ailleurs, le panda géant présente une mandibule beaucoup plus développée que les autres carnivores, notamment ceux distribués en chine (l'ours noir d'asie, le léopard, le tigre) [6]. cette morphologie robuste est une adaptation fonctionnelle à son régime exclusif de bambou, dont les fibres sont très résistantes, nécessitant un broyage

efficace. cette spécialisation à la mastication de nourriture dure – la durophagie – se manifeste par des dents jugales larges et plates et un appareil masticatoire doté de muscles puissants. l'analyse morphométrique de la mandibule montre aussi que le panda géant se distingue des autres carnivores, mais également du panda roux, cette séparation étant associée au fait que le panda géant consomme principalement les tiges fibreuses du bambou, tandis que le panda roux privilégie les feuilles.

ces adaptations pour le traitement des aliments fibreux ont une histoire ancienne. des spécialisations crâniennes et dentaires similaires pour l'écrasement étaient déjà évidentes chez l'espèce du pliocène tardif, ***ailuropoda microta*** [7]. cette espèce, plus petite que le panda actuel, présente déjà les adaptations nécessaires au broyage et marque un ancien premier rapprochement vers l'herbivorie au sein de la lignée des ours. l'évolution vers des mâchoires massives et robustes a été initiée encore plus tôt : le motif dentaire complexe de fossiles du genre ***ailurarctos***, du miocène tardif (environ 6-7 ma), suggère que la consommation de bambou avait déjà commencé à cette époque [8].

3. convergence évolutive génétique : la perte du goût umami

cette première transition alimentaire a conduit à une adaptation convergente touchant le génome du panda géant et celui de son lointain cousin, le panda roux – tous deux des carnivores macronutritionnels devenus herbivores. en effet, le gène ***tas1r1***, responsable de la perception du goût umami (associé à la détection de la viande et des protéines), a été inactivé – ou pseudogénisé – de manière indépendante chez ces deux espèces.

3.1. le rôle majeur du goût umami chez les carnivores

le goût umami est l'une des cinq saveurs fondamentales. il est souvent perçu comme le goût savoureux associé aux aliments riches en protéines [9]. chez les mammifères, la perception de l'umami est réalisée par un récepteur couplé aux protéines g, l'hétérodimère tas1r1/tas1r3. ce récepteur détecte le glutamate, un acide aminé abondant dans les tissus animaux. le goût umami permet aux carnivores de détecter les aliments riches en protéines, permettant alors de diriger vers un régime alimentaire spécialisé vers la viande.

la perte de fonction du gène ***tas1r1*** implique donc que le panda géant et le panda roux ont perdu la capacité de percevoir cette saveur essentielle à l'alimentation carnivore [10].

3.2. pseudogénisation : le point de non-retour vers l'herbivorie

chez le panda géant, ***tas1r1*** est devenu un pseudogène en raison de mutations provoquant un décalage du cadre de lecture dans les exons 3 et 6 [11]. ces mutations comprennent une insertion de 2 paires de bases (pb) dans l'exon 3 et des délétions dans l'exon 6. chez le panda roux, la pseudogénisation est due à une délétion d'un seul nucléotide dans le sixième exon, un cas remarquable de convergence génétique [3a].

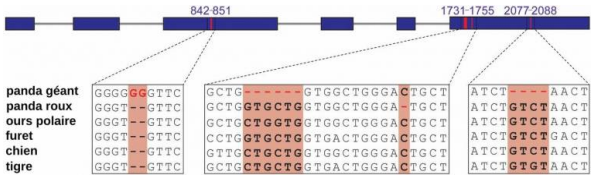


figure 3 - pseudogénisation convergente du gène tas1r1 chez le panda géant et le panda roux
structure du gène *tas1r1* (exons en bleu) avec agrandissement de trois régions mutées, comparant les séquences alignées du panda géant (*ailuropoda melanoleuca*), du panda roux (*ailurus fulgens*), de l'ours polaire (*ursus maritimus*), du furet (*mustela putorius furo*), du chien (*canis lupus familiaris*) et du tigre (*panthera tigris*). les mutations entraînant un décalage du cadre de lecture sont surlignées en rouge. le panda géant présente une insertion de 2 pb dans l'exon 3 et deux délétions dans l'exon 6 ; le panda roux présente une délétion d'un nucléotide dans l'exon 6. ces mutations distinctes aboutissant au même résultat fonctionnel constituent un cas de convergence génétique.

auteur(s)/autrice(s) : hu et coll., 2017, traduit par adama mbaye licence : reproduction autorisée dans un contexte éducatif et non commercial (pnas) source : pnas

3.3. chronologie : le régime précède la perte de fonction

longtemps, l'hypothèse selon laquelle la perte de la fonction gustative du panda a entraîné l'herbivorie, a été privilégiée. elle est dorénavant remise en question par la chronologie des événements [4a] :

1. **l'estimation basée sur les fossiles suggère que la consommation de bambou a commencé il y a au moins 7 ma [5a] et que la transition d'un régime carnivore vers un régime herbivore était achevée il y a environ 2 ma.**
2. **le relâchement de la contrainte fonctionnelle sur *tas1r1* chez le panda géant, et donc la pseudogénisation de ce gène, est estimé à environ 4,2 ma (intervalle de confiance : 1,3 à 10 ma).**

cette coïncidence temporelle suggère que la diminution de la dépendance à la viande a rendu le goût umami moins essentiel, ce qui a levé la pression de sélection sur le gène *tas1r1*. la perte de ce récepteur aurait ensuite renforcé le mode de vie herbivore en diminuant l'attraction à revenir à la consommation de viande. une pseudogénisation convergente a également été identifiée chez le panda roux, estimée à environ 1,58 ma (0,1 à 4,36 ma) [3b].

4. convergence morphologique : le faux pouce

si la transition vers un régime herbivore a eu des répercussions sur le génome, elle a également affecté l'anatomie du panda. en effet, le panda géant, tout comme le panda roux, présente une singularité remarquable parmi les mammifères : la présence d'un sixième « doigt » aux pattes antérieures, un « faux pouce », formé par l'élargissement d'un os du poignet et étroitement associé à la préhension du bambou [6a].

4.1. le faux pouce du panda géant : une adaptation à la manipulation du bambou

chez le panda géant, le faux pouce – un sésamoïde radial élargi – est largement interprété comme une adaptation à la manipulation du bambou. cet os élargi joue un rôle majeur dans la préhension, compensant l'absence de pouce opposable chez un carnivore strictement plantigrade.

le développement de cette structure semble s'être produit après que les ancêtres ursidés, terrestres, se sont spécialisés dans l'herbivorie. le plus ancien faux pouce fonctionnel connu dans cette lignée, retrouvé chez *ailurarctos*, est daté du miocène tardif (environ 6-7 ma) [7a], période correspondant à l'établissement de son régime alimentaire exclusif [5b].

cependant, cet appendice n'a pas continué à s'allonger de manière significative, probablement en raison d'un compromis fonctionnel avec la locomotion plantigrade héritée des ursidés [7b].

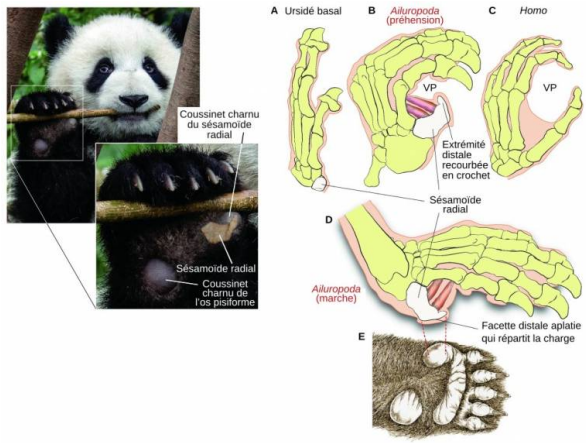


figure 4 - le faux pouce du panda géant : préhension du bambou et support du poids corporel
à gauche : photographie d'un panda géant (*ailuropoda melanoleuca*) saisissant une tige de bambou séchée, illustrant le rôle du sésamoïde radial comme élément principal de préhension, en opposition aux doigts fléchis. en encadré, le sésamoïde radial a été figuré à son emplacement approximatif à l'intérieur du coussinet charnu. on notera que l'os pisiforme ne joue aucun rôle dans la saisie du bambou.
à droite : comparaison de la main gauche chez un ursidé basal de l'oligocène inférieur (a), le panda géant en posture de préhension (b), l'être humain en posture de préhension (c), le panda géant en posture de marche plantigrade (d), et la surface ventrale externe de la main du panda géant montrant le coussinet charnu correspondant au sésamoïde radial (e). le sésamoïde radial du panda géant présente deux caractères dérivés : une extrémité distale recourbée en crochet facilitant la préhension, et une facette ventrale aplatie qui répartit la charge lors de la marche. vp : volume de préhension.

auteur(s)/autrice(s) : wang et coll., 2022, traduit et adapté par adama mbaye licence : cc-by source : scientific reports

la convergence entre panda géant et panda roux au niveau morphologique, avec la présence d'un faux pouce, s'observe également au niveau moléculaire puisque ce caractère met en jeu, chez les deux espèces, des mutations de gènes impliqués dans le développement des membres, tels que *dync2h1* et *pcnt* [3c]. ces deux gènes interviennent dans l'assemblage des cils primaires, une structure subcellulaire

impliquée dans la transduction du signal shh, qui contrôle le patron de formation des doigts. les protéines issues des allèles des pandas présentent des substitutions d'acides aminés convergentes qui ont pu contribuer au développement du faux pouce chez les deux espèces. chez l'humain et la souris, des mutations dans ces gènes sont d'ailleurs associées à des phénotypes de polydactylie et d'ostéogenèse anormale [3d].

4.2. le faux pouce du panda roux : un cas d'exaptation

chez le panda roux, le faux pouce n'est pas une adaptation directe à l'herbivorie. des fossiles de *simocyon batalleri*, un parent du panda roux datant du miocène, montrent en effet qu'un animal encore carnivore possédait déjà une telle structure [8a].

ce sésamoïde radial élargi aurait d'abord évolué comme une adaptation à la locomotion arboricole, facilitant la prise sur des branches fines. ce n'est que plus tard qu'il aurait été réutilisé dans la manipulation du bambou, constituant ainsi un cas spectaculaire d'exaptation – c'est-à-dire la réaffectation d'un trait préexistant à une nouvelle fonction.

4.3. le faux pouce : un caractère convergent

cette convergence est d'autant plus remarquable qu'elle concerne une structure homologue – le sésamoïde radial – absente sous cette forme chez les espèces actuelles phylogénétiquement proches des deux pandas. les autres ursidés (ours bruns, ours polaires) conservent un sésamoïde radial de taille primitive, leur main étant adaptée à la locomotion terrestre et au creusement sans capacités de préhension développées [6b] [8b]. de même, les autres mustéloïdes apparentés au panda roux, bien que certains présentent un léger développement de ce sésamoïde lié à la locomotion arboricole, ne montrent pas l'hypertrophie caractéristique des pandas [6c]. l'hypertrophie indépendante d'une même structure osseuse chez ces deux lignées distantes, en réponse à des pressions sélectives similaires liées au bambou, illustre un cas de convergence morphologique.

5. contrainte énergétique et microbiote

le régime pauvre en nutriments du bambou, combiné à l'inefficacité digestive, a favorisé la sélection de stratégies de minimisation de la dépense énergétique chez le panda géant.

5.1. métabolisme exceptionnellement bas

la dépense énergétique journalière du panda géant est exceptionnellement faible, se situant en moyenne à seulement 37,7 % de la valeur prédite pour un mammifère terrestre de taille comparable (45 % pour les individus sauvages) [9a]. à titre de comparaison, la dépense énergétique journalière du panda est presque égale à celle du paresseux à trois doigts (*bradypus variegatus*), qui est à 36 % de la dépense attendue. cette faible dépense est associée à une taille réduite des organes vitaux (par exemple, le foie du panda géant fait 62,8 % de la taille attendue) et à une faible activité physique [10].

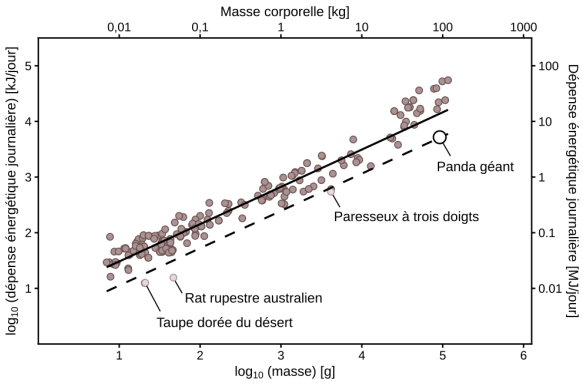


figure 5 - dépense énergétique journalière du panda géant comparée à celle d'autres mammifères terrestres relation log-log entre la dépense énergétique journalière (en kj/jour) et la masse corporelle (en grammes) pour les mammifères terrestres. chaque point représente une espèce, d'après les données de [11][12]. la ligne continue représente la droite de régression calculée sur l'ensemble de ces espèces et la ligne pointillée correspond à 37 % de cette prédiction. le point blanc représente le panda géant (*ailuropoda melanoleuca*), dont la dépense énergétique journalière se situe à 37,7 % de la valeur attendue pour un mammifère de taille comparable. trois autres espèces à métabolisme particulièrement bas sont indiquées : le paresseux à trois doigts (*bradypus variegatus*), la taupe dorée du désert (*eremitalpa namibensis*) et le rat rupestre australien (*zyzomys argurus*). d'après [9b][13].

auteur(s)/autrice(s) : dame mbaye, d'après les données de pontzer et coll., 2014 et de speakman & król, 2010 licence : cc-by

de plus, les niveaux circulants d'hormones thyroïdiennes (t4 et t3), régulateurs du métabolisme, sont significativement bas (respectivement 46,9 % et 64 % des niveaux attendus pour un mammifère de taille comparable). une mutation unique chez le panda géant dans le gène *duox2* – impliqué dans la synthèse des hormones thyroïdiennes – pourrait être la cause de ces faibles niveaux, agissant comme une adaptation génétique au régime de bambou [12].

5.2. un microbiote typique de carnivore

comme tous les mammifères herbivores, le panda géant ne produit pas ses propres enzymes de digestion de la cellulose ; mais contrairement aux herbivores, son microbiote intestinal ne contient pas les phylotypes cellulolytiques (tels que *ruminococcaceae* et *bacteroides*). la contribution de la flore du panda géant à la dégradation de la cellulose est jugée négligeable, comme l'atteste la très faible digestion des glucides structuraux du bambou (seulement 8 % de la cellulose digérée en moyenne) [13].

par ailleurs, le tractus digestif du panda géant est court (environ six fois la longueur du corps) et simple, ce qui entraîne un temps de transit très rapide, limitant ainsi la dégradation microbienne des fibres végétales [14], contrairement aux herbivores qui possèdent souvent des intestins longs (environ 36 fois la longueur du corps chez la vache par exemple) avec des chambres de fermentation spécialisées (la panse chez la vache).

en outre, des expériences sur des souris nourries au bambou montrent que, chez cette espèce, un régime végétal seul ne suffit pas à appauvrir le microbiote. ce serait donc la combinaison d'un tube digestif de carnivore et d'un régime extrêmement restreint (quasiment exclusivement du bambou) qui expliquerait la faible diversité bactérienne observée chez les pandas [15].

pour résumer, malgré un régime exclusivement végétarien, le panda géant ne possède pas une flore intestinale spécialisée pour la dégradation des fibres, mais au contraire une flore intestinale typique de celle des carnivores, présentant une diversité assez faible, ce qui limite fortement l'efficacité de digestion du bambou [16].

cependant, de récents travaux nuancent cette conclusion. en effet, si la composition microbienne instestinale du panda géant est similaire à celle des autres ursidés (ours polaire, ours noir d'asie, ours brun) au niveau des phyla bactériens (dominance de *firmicutes* et *proteobacteria*), le microbiote du panda montre en revanche des différences fonctionnelles en matière de régulation du métabolisme énergétique par rapport aux autres ours. le microbiote des ursidés se révèle donc être d'une grande plasticité, c'est-à-dire variant en fonction des niches alimentaires exploitées par les différentes espèces [17]. cette plasticité fonctionnelle optimise l'extraction d'énergie par le microbiote selon le régime disponible, qu'il s'agisse de protéines de bambou chez le panda géant ou d'autres sources nutritionnelles chez les autres ursidés. cette observation remet en question l'idée d'un microbiote du panda géant radicalement différent de celui des autres ours dans le cadre de l'adaptation au bambou. les ours partageraient en réalité les mêmes groupes bactériens, capables d'ajuster leurs fonctions métaboliques selon le régime alimentaire de chaque espèce.

5.3. contrainte énergétique et défis de la reproduction

la dépendance au bambou, aliment à faible rendement nutritif par rapport à la viande, combinée à l'efficacité limitée d'un tube digestif de carnivore, se traduit chez le panda géant par un métabolisme bas. cette contrainte énergétique se reflète à plusieurs niveaux, de son activité quotidienne à sa physiologie reproductive.

5.3.1. faible activité physique et état de repos

le métabolisme réduit du panda géant s'accompagne d'une activité physique restreinte [18] :

- les individus captifs consacrent environ 33 % de leur temps à l'activité physique.

- **chez les individus sauvages, la distance parcourue en une heure n’excède pas, en moyenne, 26,9 mètres.**

une grande partie du temps est dédiée à l’ingestion du bambou et au repos, deux composantes majeures de la gestion énergétique de l’espèce.

5.3.2. reproduction et contrainte métabolique

le faible métabolisme réduit la quantité d’énergie disponible pour les fonctions coûteuses, notamment la reproduction. le panda géant présente ainsi une fécondité naturellement basse, avec un nombre moyen de descendants s’élevant à environ 1,4 petit par portée réussie, caractéristique d’un équilibre énergétique serré. les femelles ne sont fertiles et promptes à l’accouplement qu’une fois par an, durant une fenêtre très brève – d’environ 24 à 72 heures – ce qui complique fortement la reproduction naturelle [19].

en captivité, le succès de reproduction dépend de facteurs comportementaux et physiologiques sensibles à cette contrainte énergétique, notamment la préférence des partenaires : les individus formant des couples compatibles présentent des taux de copulation et de naissance significativement plus élevés, en particulier en cas de préférence mutuelle [20].

enfin, certains centres de reproduction ont recours à des approches originales pour stimuler la sexualité des individus captifs. au centre de reproduction du panda géant de chengdu (province du sichuan, chine), des vidéos d’accouplement de congénères – surnommées *panda-porn* – sont diffusées pour réactiver le comportement sexuel naturel, parfois accompagnées d’exercices destinés à améliorer l’endurance des mâles [21]. ces initiatives illustrent la nécessité d’interventions ciblées pour maintenir un succès reproducteur compatible avec la physiologie économe du panda géant.

6. conclusion

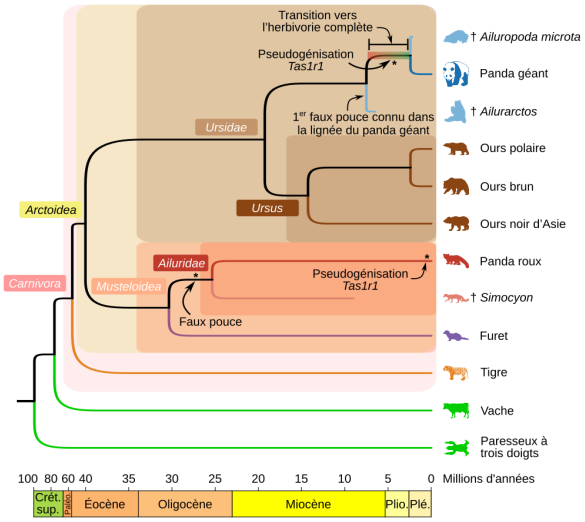


figure 6 - phylogénie des carnivores et événements évolutifs clés dans les lignées des pandas
arbre phylogénétique daté situant le panda géant (*ailuropoda melanoleuca*, ursidae) et le panda roux (*ailurus fulgens*, ailuridae) au sein de l'ordre des carnivores, en compagnie des autres ursidés (*ursus arctos*, *u. maritimus*, *u. thibetanus*), des mustéloïdes (*mustela putorius furo*), des félidés (*panthera tigris*) et de deux extragroupes (*bos taurus*, *bradypus variegatus*). deux espèces fossiles sont représentées avec leurs branches s'étendant jusqu'à leur âge d'extinction estimé : † *ailurarctos* (7-8 ma) et † *ailuropoda microta* (2-2,4 ma), toutes deux appartenant à la lignée du panda géant ; ainsi que † *simocyon batalleri* (miocène supérieur), appartenant à la lignée du panda roux. les dates de divergence sont issues de *timetree* [14] et [3f]. les boîtes colorées délimitent les clades monophylétiques : *carnivora* (rouge), *arctoidea* (jaune), *ursidae* (brun clair), *ursus* (brun foncé), *musteloidea* (orange clair) et *ailuridae* (orange foncé). les flèches et astérisques indiquent les événements évolutifs majeurs discutés : l'apparition du premier faux pouce fonctionnel chez *ailurarctos* (~6-8 ma [7c]), l'origine du faux pouce arboricole dans la lignée *ailuridae* (30-40 ma [8c]), la pseudogénisation convergente du gène *tas1r1* chez le panda géant (~4,2 ma [4b]) et chez le panda roux (~1,58 ma [3f]). la bande dégradée rouge-vert sur la branche du panda géant illustre la transition progressive vers l'herbivorie exclusive entre 7-8 ma (rouge, début de transition) et 2-2,4ma (vert, herbivorie complète) [5c] . l'axe temporel est compressé au-delà de 40 ma pour mettre

le panda géant (*ailuropoda melanoleuca*) illustre un paradoxe évolutif remarquable : ce carnivore hautement spécialisé a adopté un régime alimentaire exclusif de bambou tout en conservant un système digestif de carnivore, hérité de ses ancêtres. cette apparente contradiction fonctionnelle est résolue par un ensemble d'adaptations permettant au panda de maintenir sa viabilité dans cette niche écologique unique.

premièrement, malgré l'ingestion de fibres végétales riches en glucides, il fonctionne comme un carnivore macronutritionnel, ciblant et absorbant sélectivement les composants riches en protéines du bambou, pouvant être digérés par les composants de son système digestif : enzymes et microbiote.

deuxièmement, une économie physiologique est réalisée par la minimisation radicale de la dépense énergétique journalière, mesurée à seulement 37,7 % de la valeur attendue pour un mammifère de taille comparable. cette faible dépense est favorisée par des adaptations morphologiques (réduction de la taille des organes vitaux) et génétiques, notamment la présence d'une mutation dans le gène *duox2*, qui se traduit par des niveaux circulants bas d'hormones thyroïdiennes.

la spécialisation du panda géant sur un régime alimentaire riche en bambou se retrouve chez le panda roux (*ailurus fulgens*). ces deux espèces présentent des convergences évolutives, notamment le faux pouce (sésamoïde radial élargi) facilitant la manipulation du bambou, et la pseudogénisation du gène *tas1r1*. la perte de la capacité à percevoir le goût umami, survenue chez le panda géant après l'établissement du régime à base de bambou, a probablement scellé l'orientation vers l'herbivorie.

l'économie d'énergie ainsi établie impose des contraintes claires sur le comportement de l'animal – se manifestant par une faible activité physique – ainsi que sur sa physiologie reproductive. la faible fécondité de l'espèce et les difficultés observées en captivité apparaissent comme des conséquences directes de cet équilibre énergétique rigoureux, nécessitant une gestion affinée intégrant la préférence des partenaires pour optimiser le succès reproducteur et minimiser le stress physiologique lié aux appariements incompatibles.

le panda géant représente ainsi une solution fonctionnelle aux contraintes de l'anatomie carnivore opposée à l'alimentation herbivore.

CRÉDITS

AUTEUR(S)/AUTRICE(S)

adama mbaye

après une classe préparatoire bcpst, il a intégré l'école normale supérieure de lyon. curieux de la biologie à toutes ses échelles, il se spécialise en biophysique tout en cultivant un goût pour l'enseignement et la vulgarisation.

RELECTURE SCIENTIFIQUE

géraldine veron

professeur du muséum national d'histoire naturelle et membre de l'institut de systématique, évolution, biodiversité. elle est responsable scientifique des collections de vertébrés du muséum.

RELECTURE ÉDITORIALE ET MISE EN LIGNE

pascal combemorel

agrégé de svt, il est le responsable éditorial du site planet-vie depuis septembre 2016.

LICENCE DU TEXTE DE L'ARTICLE

creative commons - attribution

notes

1 dierenfeld, e. ., hintz, h. ., robertson, j. ., van soest, p. ., & oftedal, o. . (1982). utilization of bamboo by the giant panda. *the journal of nutrition*, *112*, 636-641. http://doi.org/10.1093/jn/112.4.636 (original work published 2026)

2 cuvier, f. ., & saint-hilaire, étienne g. (1825). panda. paris: a. belin.

3 dierenfeld, e. ., hintz, h. ., robertson, j. ., van soest, p. ., & oftedal, o. . (1982). utilization of bamboo by the giant panda. *the journal of nutrition*, *112*, 636-641. http://doi.org/10.1093/jn/112.4.636 (original work published 2026)

4 nie, y. ., wei, f. ., zhou, w. ., hu, y. ., senior, a. m., wu, q. ., … raubenheimer, d. . (2019). giant pandas are macronutritional carnivores. *current biology*, *29*, 1677-1682. http://doi.org/10.1016/j.cub.2019.03.067 (original work published 2026)

5 sponheimer, m. ., clauss, m. ., & codron, d. . (2019). dietary evolution: the panda paradox. *current biology*, *29*, r417—r419. http://doi.org/10.1016/j.cub.2019.04.045 (original work published 2026)

6 zhang, s. ., pan, r. ., li, m. ., oxnard, c. ., & wei, f. . (2007). mandible of the giant panda (ailuropoda melanoleuca) compared with other chinese carnivores: functional adaptation: mandibular structure of the giant panda. *biological journal of the linnean society*, *92*, 449–456. http://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2007.00876.x (original work published 2026)

7 jin, c. ., ciochon, r. l., dong, w. ., hunt, r. m., liu, j. ., jaeger, m. ., & zhu, q. . (2007). the first skull of the earliest giant panda. *proceedings of the national academy of sciences*, *104*, 10932–10937. http://doi.org/10.1073/pnas.0704198104 (original work published 2026)

8 wang, x. ., su, d. f., jablonski, n. g., ji, x. ., kelley, j. ., flynn, l. j., & deng, t. . (2022). earliest giant panda false thumb suggests conflicting demands for locomotion and feeding. *scientific reports*, *12*, 10538. http://doi.org/10.1038/s41598-022-13402-y (original work published 2026)

9 chandrashekar, j. ., hoon, m. a., ryba, n. j. p., & zuker, c. s. (2006). the receptors and cells for mammalian taste. *nature*, *444*, 288–294. http://doi.org/10.1038/nature05401 (original work published 2026)

10 zhao, h. ., yang, j.-r. ., xu, h. ., & zhang, j. . (2010). pseudogenization of the umami taste receptor gene tas1r1 in the giant panda coincided with its dietary switch to bamboo. *molecular biology and evolution*, *27*, 2669–2673. http://doi.org/10.1093/molbev/msq153 (original work published 2026)

11 li, r. ., fan, w. ., tian, g. ., zhu, h. ., he, l. ., cai, j. ., … wang, j. . (2010). the sequence and de novo assembly of the giant panda genome. *nature*, *463*, 311–317. http://doi.org/10.1038/nature08696 (original work published 2026)

12 nie, y. ., speakman, j. r., wu, q. ., zhang, c. ., hu, y. ., xia, m. ., … wei, f. . (2015). exceptionally low daily energy expenditure in the bamboo-eating giant panda. *science*, *349*, 171–174. http://doi.org/10.1126/science.aab2413 (original work published 2026)

13 zhang, w. ., liu, w. ., hou, r. ., zhang, l. ., schmitz-esser, s. ., sun, h. ., … zhang, z. . (2018). age-associated microbiome shows the giant panda lives on hemicelluloses, not on cellulose. *the isme journal*, *12*, 1319–1328. http://doi.org/10.1038/s41396-018-0051-y (original work published 2026)

14 dierenfeld, e. ., hintz, h. ., robertson, j. ., van soest, p. ., & oftedal, o. . (1982). utilization of bamboo by the giant panda. *the journal of nutrition*, *112*, 636–641. http://doi.org/10.1093/jn/112.4.636 (original work published 2026)

15 guo, w. ., chen, y. ., wang, c. ., ning, r. ., zeng, b. ., tang, j. ., … li, y. . (2020). the carnivorous digestive system and bamboo diet of giant pandas may shape their low gut bacterial diversity. *conservation physiology*, *8*, coz104. http://doi.org/10.1093/conphys/coz104 (original work published 2026)

16 xue, z. ., zhang, w. ., wang, l. ., hou, r. ., zhang, m. ., fei, l. ., … zhang, z. . (2015). the bamboo-eating giant panda harbors a carnivore-like gut microbiota, with excessive seasonal variations. *mbio*, *6*, 00022–15. http://doi.org/10.1128/mbio.00022-15 (original work published 2026)

17 bo, t. ., xu, x. ., liu, h. ., tang, l. ., xu, h. ., zhao, s. ., … wang, d. . (2025). convergent gut microbial functional strategies drive energy metabolism adaptation across ursidae species and challenge the uniqueness of giant panda. *the isme journal*, *19*, wraf201. http://doi.org/10.1093/ismejo/wraf201 (original work published 2026)

18 nie, y. ., speakman, j. r., wu, q. ., zhang, c. ., hu, y. ., xia, m. ., … wei, f. . (2015). exceptionally low daily energy expenditure in the bamboo-eating giant panda. *science*, *349*, 171–174. http://doi.org/10.1126/science.aab2413 (original work published 2026)

19 martin-wintle, m. s., shepherdson, d. ., zhang, g. ., zhang, h. ., li, d. ., zhou, x. ., … swaisgood, r. r. (2015). free mate choice enhances conservation breeding in the endangered giant panda. *nature communications*, *6*, 10125. http://doi.org/10.1038/ncomms10125 (original work published 2026)

20 martin-wintle, m. s., shepherdson, d. ., zhang, g. ., zhang, h. ., li, d. ., zhou, x. ., … swaisgood, r. r. (2015). free mate choice enhances conservation breeding in the endangered giant panda. *nature communications*, *6*, 10125. http://doi.org/10.1038/ncomms10125 (original work published 2026)

21 mulot, r. . (2013). sexe, panda et vidéo. *sciences et avenir*. consulté à l'adresse https://www.sciencesetavenir.fr/nature-environnement/sexe-panda-et-video_9912 (original work published 2026)

bibliographie

1 nie, y. ., wei, f. ., zhou, w. ., hu, y. ., senior, a. m., wu, q. ., … raubenheimer, d. . (2019). giant pandas are macronutritional carnivores. *current biology*, *29*, 1677–1682. http://doi.org/10.1016/j.cub.2019.03.067 (original work published 2026)

2 hamilton, n. e., & ferry, m. . (2018). \textbfggtern : ternary diagrams using \textbfggplot2. *journal of statistical software*, *87*. http://doi.org/10.18637/jss.v087.c03

3 a b c d hu, y. ., wu, q. ., ma, s. ., ma, t. ., shan, l. ., wang, x. ., … wei, f. . (2017). comparative genomics reveals convergent evolution between the bamboo-eating giant and red pandas. *proceedings of the national academy of sciences*, *114*, 1081–1086. http://doi.org/10.1073/pnas.1613870114 (original work published 2026)

4 a b zhao, h. ., yang, j.-r. ., xu, h. ., & zhang, j. . (2010). pseudogenization of the umami taste receptor gene tas1r1 in the giant panda coincided with its dietary switch to bamboo. *molecular biology and evolution*, *27*, 2669–2673. http://doi.org/10.1093/molbev/msq153 (original work published 2026)

5 a b c jin, c. ., ciochon, r. l., dong, w. ., hunt, r. m., liu, j. ., jaeger, m. ., & zhu, q. . (2007). the first skull of the earliest giant panda. *proceedings of the national academy of sciences*, *104*, 10932–10937. http://doi.org/10.1073/pnas.0704198104 (original work published 2026)

6 a b c antón, m. ., salesa, m. j., pastor, j. f., peigné, s. ., & morales, j. . (2006). implications of the functional anatomy of the hand and forearm of \textitailurus fulgens (carnivora, ailuridae) for the evolution of the 'false-thumb' in pandas. *journal of anatomy*, *209*, 757–764. http://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2006.00649.x (original work published 2026)

7 a b c wang, x. ., su, d. f., jablonski, n. g., ji, x. ., kelley, j. ., flynn, l. j., & deng, t. . (2022). earliest giant panda false thumb suggests conflicting demands for locomotion and feeding. *scientific reports*, *12*, 10538. http://doi.org/10.1038/s41598-022-13402-y (original work published 2026)

8 a b c salesa, m. j., antón, m. ., peigné, s. ., & morales, j. . (2006). evidence of a false thumb in a fossil carnivore clarifies the evolution of pandas. *proceedings of the national academy of sciences*, *103*, 379–382. http://doi.org/10.1073/pnas.0504899102 (original work published 2026)

9
a
b
nie, y. ., speakman, j. r., wu, q. ., zhang, c. ., hu, y. ., xia, m. ., … wei, f. . (2015). exceptionally low daily energy expenditure in the bamboo-eating giant panda. *science , 349*, 171–174. http://doi.org/10.1126/science.aab2413 (original work published 2026)

10
wang, d. . (2015). low daily energy expenditure enables giant pandas to survive on bamboo. *science china life sciences*, *58*, 925–926. http://doi.org/10.1007/s11427-015-4917-1 (original work published 2026)

11
pontzer, h. ., raichlen, d. a., gordon, a. d., schroepfer-walker, k. k., hare, b. ., o'neill, m. c., … ross, s. r. (2014). primate energy expenditure and life history. *proceedings of the national academy of sciences*, *111*, 1433–1437. http://doi.org/10.1073/pnas.1316940111 (original work published 2026)

12
speakman, j. r., & król, e. . (2010). maximal heat dissipation capacity and hyperthermia risk: neglected key factors in the ecology of endotherms. *journal of animal ecology*, *79*, 726–746. http://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2010.01689.x (original work published 2026)

13
wickham, h. . (2016). *ggplot2: elegant graphics for data analysis* (second edition). cham: springer international publishing.

14
kumar, s. ., suleski, m. ., craig, j. m., kasprowicz, a. e., sanderford, m. ., li, m. ., … hedges, b. . (2022). timetree 5: an expanded resource for species divergence times. *molecular biology and evolution*, *39*, msac174. http://doi.org/10.1093/molbev/msac174 (original work published 2026)