Évolution des perceptions gustatives

Patrick Pasquet, Claude Marcel Hladik, Laurent Tarnaud

▶ **To cite this version:**

Patrick Pasquet, Claude Marcel Hladik, Laurent Tarnaud. Évolution des perceptions gustatives. Biofutur, 2011, 320, pp.38-42. hal-00578671

HAL Id: hal-00578671
https://hal.science/hal-00578671

Submitted on 21 Mar 2011

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.

Texte sous presse en 2011 in : BIOFUTUR 320 : 38-42.

Évolution des perceptions gustatives

P. Pasquet, C. M. Hladik et L. Tarnaud
Eco-Anthropologie et Ethnobiologie (CNRS et Muséum national d'histoire Naturelle)

L'aptitude à discriminer des goûts est apparue chez les vertébrés avant l'émergence des formes terrestres. La co-évolution avec les plantes angiospermes a vraisemblablement joué un rôle essentiel, notamment chez les primates, pour la discrimination des sucres. Mais ces réponses gustatives à la base des comportements alimentaires sont fortement influencées par l'environnement culturel

L'Océan Panthalassique qui s'étendait sur notre planète il y a plus de 700 millions d'années (Ma), a constitué un milieu protecteur où les formes végétales et animales ont pu évoluer. Il y a 400 Ma, la perception des teneurs en sels dissous dans les différents environnements d'eaux salines ou saumâtres a vraisemblablement favorisé la diversification des premières espèces de vertébrés — poissons, puis reptiles. On retrouve encore, chez les poissons, chez le vairon (*Phoxinus phoxinus*) par exemple, cette faculté de percevoir la salinité des eaux, avec un pouvoir de discrimination remarquablement plus élevé que chez l'homme. Des organes de perception très comparables aux bourgeons du goût, implantés uniquement sur la langue chez l'homme, sont en effet répartis sur toute la surface du corps de ce poisson [1].

La capacité à percevoir d'autres substances plus complexes que de simples sels en solution pourrait également remonter à cette période de transition vers les formes terrestres. Il y a environ 350 millions d'années, ni les plantes ni les animaux n'auraient pu sortir du milieu aquatique sans subir une mortelle irradiation par les rayons ultraviolets solaires, notamment les UV-B. De longueur d'onde voisine de 300 nm, ces derniers étaient 10 000 fois plus intenses qu'ils ne le sont aujourd'hui car il n'existait pas alors de couche d'ozone protectrice. Seule l'eau constituait un milieu protecteur filtrant les UV-B. la sortie des eaux devint possible grâce à l'apparition et la sélection de gènes codant la synthèse de nouvelles molécules de plus en plus massives, les phénols et les polyphénols. Ces dérivés des acides aminés aromatiques présents dans les algues, ont permis aux plantes terrestres de résister aux rayonnements. Or s'il n'avaient pas été capables de les percevoir, les vertébrés consommant des plantes auraient eu toutes chances de disparaître. En effet, ces tannins se lient aux protéines et forment des complexes insolubles totalement indigestes. En outre, les enzymes digestives sont également neutralisées par les aliments trop riches en tannins. La faculté de percevoir le goût astringent de ces produits de protection des plantes reste actuellement une base fondamentale de nos choix alimentaires [2]. Cette perception gustative encore très peu étudiée se situe vraisemblablement, avec celle des sels en solution, aux origines de l'évolution de nos sens biochimiques.

L'amer, une défense des végétaux

Les récents travaux sur les bases génétiques des perceptions se rapportent essentiellement à d'autres substances qui ont permis aux végétaux terrestres de résister aux consommateurs. Ils montrent la profondeur des temps géologiques où se sont exercées les pressions de sélection sur le génome des vertébrés [3, 4] C'est le cas, en particulier de la détection des alcaloïdes et des autres substances que nous percevons comme amères, dont la présence constitue une « stratégie de défense » efficace pour les végétaux [5]. Alors que la fabrication de grosses molécules de polyphénols comme les tannins impose un important investissement de matière et d'énergie, l'élaboration de molécules d'alcaloïdes efficaces à petite dose du fait de leur toxicité, implique une dépense énergétique bien moindre.

La multiplicité et la variabilité inter-spécifique du répertoire des gènes codant les récepteurs impliqués dans la perception des produits amers (gènes du répertoire Tas2r : de 3 chez certains poissons à 49 chez la grenouille, 25 chez l'humain) traduisent la grande diversification de ces produits végétaux potentiellement toxiques. Elles permettent aussi de mesurer l'adaptation des espèces animales via l'ensemble des contre-mesures (spécialisation du tractus digestif ou variation de l'acuité gustative) que le filtre de l'évolution darwinienne a retenu ou éliminé dans les diverses lignées de vertébrés terrestres au cours de plusieurs centaines de millions d'années en fonction de la présence ou de l'absence des différentes formes végétales toxiques ou rendues indigestes par la présence de polyphénols [6]. Avec l'augmentation de la consommation de viande et la domestication du feu, cette contrainte sélective se serait relâchée durant l'hominisation. Certains gènes de perception de l'amertume auraient ainsi perdu leur fonction dans notre espèce [3].

Une co-évolution fructueuse

Le répertoire des gènes codant les récepteurs responsables de la perception des produits au goût sucré (TAS1R) est réduit en comparaison de celui de la famille des gènes de l'amertume. Le gène Tas1r2, qui code la perception d'un large spectre de produits sucrés — en dimère avec le gène Tas1r3 qui contribue par ailleurs à la perception du glutamate (umami) — pourrait être aussi ancien que les gènes gènes codant les récepteurs des produits amers. Sa bonne conservation dans de nombreuses lignées des vertébrés traduit l'importance vitale des nutriments sucrés/énergétiques et leur homogénéité dans le milieu [7]. Les chercheurs en écologie des forêts tropicales s'accordent actuellement sur un scénario de l'évolution qui d'une part l'apparition au cours de l'ère tertiaire (-65 à -5 Ma) de divers sucres (fructose, saccharose, glucose) dans la pulpe des fruits des angiospermes et, d'autre part, la sélection continue, durant cette période, d'un gène unique de la perception des produits sucrés, Tas1r2, chez les vertébrés frugivores [4].

Les angiospermes sont des plantes à fleurs qui peuvent produire les fruits à pulpe sucrée comme ceux des rosacées (pommes, cerises, framboise, etc.) ou d'espèces tropicales beaucoup moins connues et extrêmement diversifiées (en Afrique, dans les genres *Santiria, Dacryodes, Trichoscypha*, etc.). Ces plantes dont la teneur en sucres des fruits peut atteindre 88 % du poids sec de la pulpe, ont subi des pressions de sélection vers les variétés renfermant un maximum de glucides solubles. La co-évolution de ces espèces végétales et de leurs consommateurs est tout à fait comparable à la « sélection de masse » que les cultivateurs ont pratiqué pendant des siècles en plantant les formes les plus performantes. En consommant les fruits les plus sucrés qui leur procurent un maximum d'énergie, les animaux frugivores, ont contribué à la dissémination des graines via leurs fèces. Au cours de l'ère Tertiaire, la plupart des primates, aidés des chauves-souris et des oiseaux frugivores, ont permis à la diversification des formes végétales en choisissant les fruits les plus sucrés, dont les semences étaient ainsi disséminées, permettant la régénération des meilleurs. Réciproquement, les espèces de primates les plus performantes pour la détection des sucres étaient avantagées par un accès plus efficace aux fruits qui leur procuraient un maximum d'énergie, au cours de cette longue co-évolution. D'où leurs performances actuelles, en particulier celle des humains extrêmement sensibles aux différents sucres.

Un scénario très comparable s'est vraisemblablement produit sur le continent américain lorsque les plaques continentales se sont séparées, entraînant la séparation des primates platyrhiniens de ceux du reste du monde. Si leur perception des produits sucrés semble assez analogue à celles des primates de l'Ancien Monde, des différences ont toutefois été observées en ce qui concerne celle des « faux sucres » (voir encadré ci-dessous) dont la détection implique des protéines G des récepteurs gustatifs qui ne seraient pas analogues à à celles des primates de l'Ancien Monde dont ils ont divergé.

Les fruits de *Pentadiplandra brazzeana* dont les « faux sucres » pourraient être utilisés dans l'industrie agro-alimentaire (photo C.M. Hladik).

Le « mimétisme biochimique » des faux sucres

La présence de « faux sucres » dans les fruits de certaines espèces africaines tropicales d'angiospermes est un des aspects surprenants de la co-évolution de la perception des sucres et de la diversification des ces fruits. Ces derniers ne ne contiennent pas de glucides mais une saveur sucrée très intense, souvent avec un arrière-goût qui prolonge la durée de la perception.

La sélection et la persistance des gènes des végétaux codant pour de telles substances s'explique dans le cadre du mimétisme Batésien qui consiste à mimer une caractéristique profitable. Elle n'est possible que si le « modèle » est abondant, ce qui est le cas des milliers d'espèces végétales des forêts tropicales produisant des fruits riches en sucres. Une espèce dont les fruits contiennent un produit, protéine ou autre, reconnu par les récepteurs gustatifs va être consommée et ses graines efficacement dispersées par les consommateurs trompés sur la qualité du produit.

La liane *Pentadiplandra brazzeana* (photo ci-dessus) est particulièrement intéressante pour l'industrie agro-alimentaire car son « faux sucre » (brazzéine) est une molécule de faible taille, ce qui la rend relativement stable aux traitements par la chaleur que subissent généralement les aliments sucrés destinés à la vente. L'analyse des ARN de cette plante a permis de déterminer la nature du gène codant le principe actif, lequel a pu être intégré au génome d'un maïs. Un support idéal pour produire des aliments sucrés et allégés. Ces produits n'ont pas encore passé les tests permettant leur mise en vente mais les données semblent montrer qu'une toxicité, même faible, n'aurait pas favorisé la co-évolution.

Une différence notoire des perceptions gustatives entre les primates du Nouveau Monde, qui ont évolué séparément de ceux de l'Ancien Monde, dont l'homme, s'observe dans leurs possibilités percevoir le goût des faux sucres, apparus après la séparation de ces grands blocs continentaux où ont évolué séparément ces deux grandes familles de primates. Des singes d'Amérique du Sud comme les sajous (*Cebus* spp) ou les ouistitis (*Calltithrix* spp) ne perçoivent pas le goût de composés comme la brazzéine ou la monelline (protéine issue de la liane *Dioscoreophyllum cumminsii*), qui ont, pour l'homme, ont une saveur extrêmement sucrée et peuvent être utilisés comme additifs dans les boissons et aliments à faible teneur calorique.

La liane
Dioscoreophyllum cumminsii

L'ontogenèse des perceptions

Les organes du goût se développent rapidement au cours de la vie intra-utérine. Chez l'homme, ils apparaissent vers la 7ème semaine de gestation. Ils seront fonctionnels au cours du quatrième mois de vie fœtale. C'est ce que montre l'expérience consistant à injecter, chez la brebis, une substance sucrée dans la poche amniotique, qui provoque une augmentation de la fréquence de succion du fœtus, ainsi que l'a montré Benoist Schaal, directeur du Centre enropéen des sciences du goût. Dès le stade fœtal, l'individu est soumis à une multitude de saveurs dont la variété dépend de l'alimentation maternelle.

L'étude des réactions faciales des nouveaux nés à la présentation de solutions sucrées, acides amères et salées montre que ces derniers sont capables de les discriminer [8]. La maturation des récepteurs semblent cependant se poursuivre jusqu'à 7 mois pour la perception du sel [9].
Les premières expositions aux saveurs issues du régime alimentaire de la mère au travers du liquide amniotique puis du lait orienteraient les futures préférences alimentaires de l'individu, notamment lorsque le régime maternel inclut des produits à odeur très forte. Il a été montré que les préférences des jeunes adultes sont fortement corrélées à celles qu'ils présentaient à l'âge de deux ou trois ans [10].

Test de réponses gustatives d'un jeune maki (*Lemur catta)* à des solutions de produits purs, réalisé sur le terrain au sud de Madagascar (photo L. Tarnaud)

De nombreuxprocessus adaptatifs partagés par l'ensemble des primates, réorientent les préférences gustatives de l'individu : exposition répétée à certains goûts, conditionnement aux flaveurs et conditionnement calorique (expliquant les préférences pour les produits sucrés et gras), interactions sociales facilitant l'acceptation des nouveaux goûts malgré l'apparition de la néophobie alimentaire génétiquement déterminées (certains individus étant plus réticents que d'autres à consommer des aliments nouveaux). Au contact de ses parents et des proches, l'enfant est soumis à une socialisation des réactions au goût en fonction des aliments présents dans son environnement et de leur disponibilité variable selon la saison et, chez l'homme, selon le contexte économique, les pratiques et rites du groupe social d'appartenance.

Les observations sur les enfants et les jeunes primates non humains montrent que les expériences gustatives précoces renforcent les perceptions mais aussi que le jeune individu est plus actif que supposé dans ce processus d'acquisition. Les jeunes primates non-humains de différents taxons (lémurien brun : *Eulemur fulvus* et Macaque japonais : *Macaca fuscata*) montrent que les jeunes individus présentent en effet

Un jeune macaque japonais (*Macaca fuscata*) observant sa mère avec attention pendant une phase d'alimentation (photo L. Tarnaud)

une variabilité des sélections alimentaires solides par rapport à l'adulte juste avant leur sevrage (lémurien) ou dans les mois suivants (macaque) [12]. Ce comportement se rapporte à une exploration alimentaire (léchage, flairage...) au cours de laquelle un aliment solide peut être ingéré. Les jeunes manipulent ainsi des aliments communément consommés par les adultes mais aussi des aliments nouveaux dont le nombre selon les espèces étudiées représentent une proportion substantielle de l'ensemble des nourritures ingérées [11]. Cette flexibilité alimentaire disparaît ensuite presque totalement et les sélections alimentaires des jeunes s'apparentent à celles des adultes. Il a aussi été observé que les jeunes macaques, au cours de leur première année de vie, montrent un intérêt marqué pour les aliments mangés par les adultes (photo ci-dessus). Ils cherchent à les flairer ou s'en saisir pour les consommer. Avant le sevrage, cet intérêt concerne tous les aliments manipulés par les adultes, puis uniquement ceux qui sont rares dans l'environnement [12].

La flexibilité alimentaire comme les explorations portant sur les nourritures rares ou difficiles à acquérir et consommées par les adultes met l'individu en contact avec des substances et des combinaisons de substances sapides nouvelles ou peu fréquentes. De telles expériences gustatives lui permettent de s'adapter, à la fois, aux besoins associés à sa croissance et aux changements de l'environnement (saisonnalité, migration), favorisant ainsi, à chaque stade de son développement, ses chances de survie. Chez les mammifères, ces expériences gustatives sont d'autant plus importantes que le jeune doit, au moment du sevrage, passer d'un régime uniquement lacté à un régime alimentaire solide.

Et l'homme dans tout ça ?

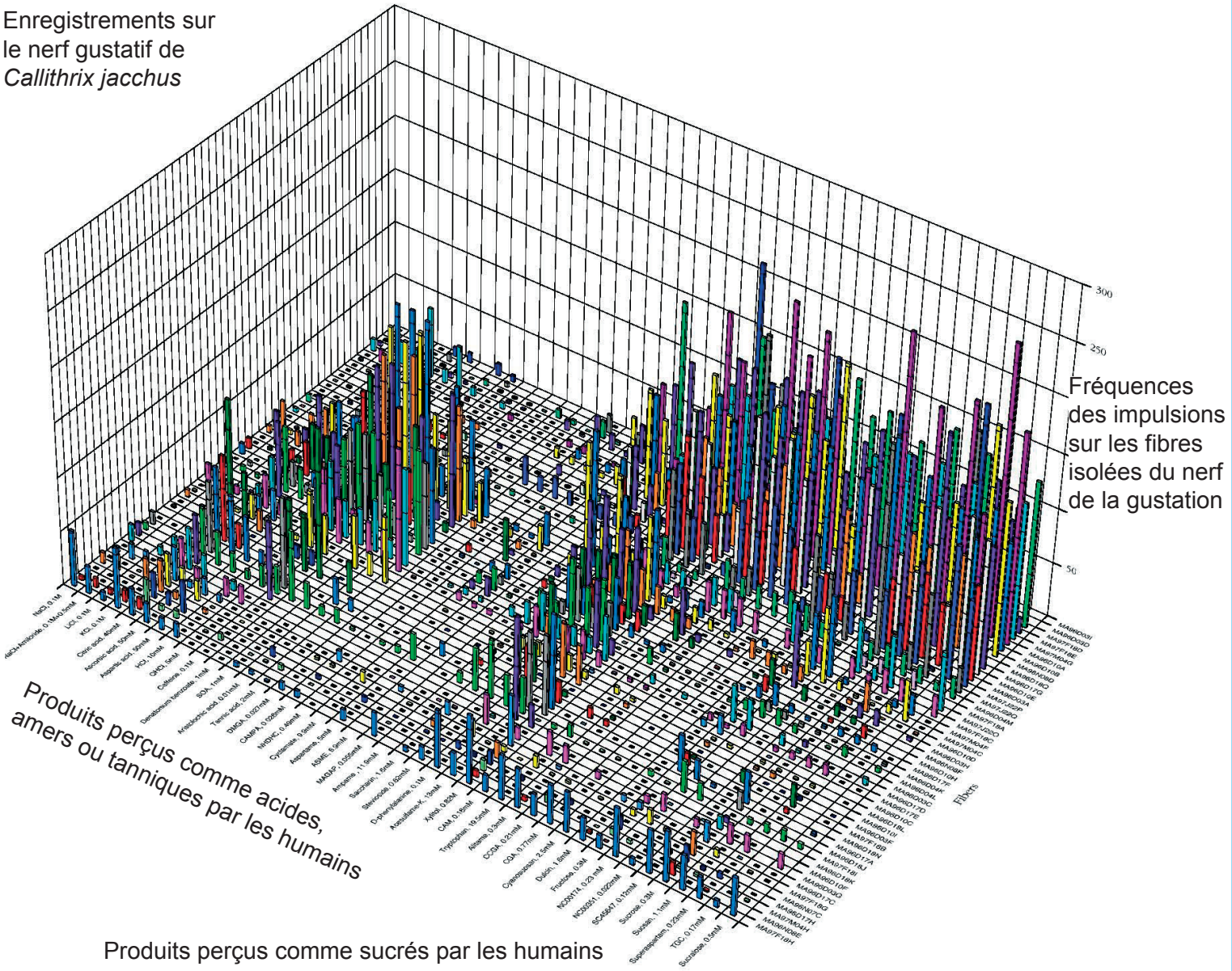
Alors que les perceptions gustatives chez les primates résultent d'une longue co-évolution et ne pourraient varier rapidement lorsque de nouveaux aliments sont disponibles, d'autres voies d'évaluation sensorielles sont utilisées par l'organisme pour orienter les choix alimentaires. Ces processus adaptatifs associent sélection des aliments par apprentissage, basés notamment sur l'avantage énergétique qu'ils confèrent, aux retours sensoriels qui suivent leur consommation et s'appuie sur un équipement sensoriel dont le degré de diversification et de spécialisation a été sélectionné au cours de l'histoire évolutive des espèces. Les tendances actuelles vers des régimes trop riches en sucres et en graisses, avec les risques liés à l'obésité dans la plupart des pays industrialisés, mettent en évidence que nos origines favorisent des choix peu adaptés aux sociétés d'abondance. Ils justifient les mesures préventives par voie d'annonce prônant, par exemple, la consommation de cinq fruits et légumes par jour.

Références

[1] Kasumyan AO, Døving KB (2003). *Fish and Fisheries* 4, 289-347
[2] Hladik CM, Pasquet P (2004). *Primatologie* 6**,** 193-211
[3] Wang X *et al*. (2004). *Hum Mol Gen* 13, 2671–2678
[4] Zhao *et al*. (2010). *Mol Biol Evol* 27, 2642–2650
[5] Lebreton P (1982). *Rev Ecol* 36*,* 539-572
[6] Dong et al (2009. *BMC Evol Biol* 9, doi: 10.1186/1471-2148-9-12.
[7] Shi P, Zhang J (2006). *Mol Biol Evol* 23, 292-300
[8] Rosenstein D, Oster H. (1997). In Ekman P, Rosenberg E. *What the face Reveals*. Oxford University Press, 302-327
[9] Beauchamp GK *et al*. (1998). *Develop Psychobiol* 27, 353-365
[10] Nicklaus S *et al.* (2004). *Food Qual Pref* 15, 805-818
[11] Tarnaud L (2008). *Int J Primatol* 29, 1687-1695
[12] Tarnaud L, Yamagiwa J. (2008). *Am J Primatol* 70, 1103-1113.
[13] Hellekant G, Danilova V (2004). *Primatologie* 6, 47-85.
[14] Hladik CM (2011). In: J.MacClancy & A.Fuentes (eds), Centralizing fieldwork: critical perspectives from primatology, biological and social anthropology. pp. 170- 185. Oxford & New York, Berghahn.

Mesurer et comparer les perceptions gustatives des primates

Pour étudier l'évolution de la perception gustative, Göran Hellekant et Vicktoria Danilova, de l'Université du Wisconsin, ont enregistré les impulsions electrophysiologiques de 50 fibres du nerf gustatif de primates non humains — le ouistiti (*Callithrix jacchus*), le macaque rhésus (*Macaca mulatta*) et le chimpanzé commun (*Pan troglodytes*) — en réponse à une série de stimuli gustatifs sucrés, salés, acides, amers et astringents déposés sur la langue [13].



Impulsions enregistrées sur les fibres isolées du nerf gustatif d'un primate : *Calltithrix jacchus* en réponse à une variété de stimuli gustatifs.

Ces données ont été comparées aux mesures psychophysiques (mesure du seuil de reconnaissance gustatif) obtenues chez 412 adultes européens et africains invités à goûter de différentes solutions de produits purs (fructose, saccharose, chlorure de sodium, acide citrique, acide tannique, tannin de chêne, quinine et 6-n-propyl-thio-uracyl) sélectionnés parmi les produits testés sur les singes. La reconnaissance verbale permettant de définir le seuil au cours d'une séance de présentation des solutions à concentration croissante [14].

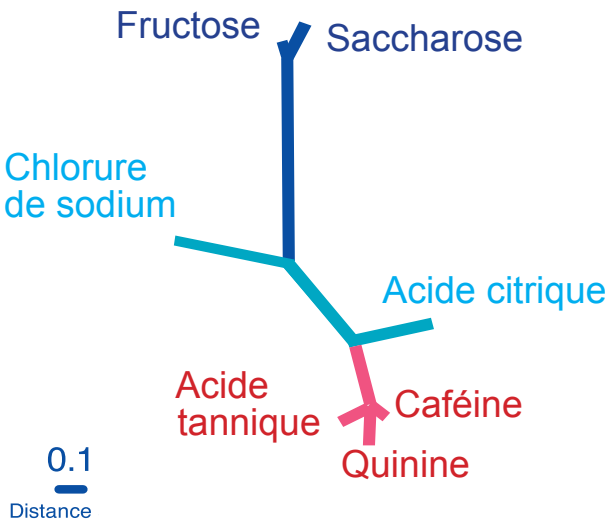
Les résultats mettent en évidence la co-évolution qui a accentué les différences entre des produits procurant de l'énergie (les sucres) et celles de substances potentiellement toxiques ou rendant la nourriture indigeste (alcaloïdes et tannins). Les similarités et dissimilarités entre les réponses pour les différents produits sont très

comparables d'une espèce à l'autre, en dépit de la spécificité des méthodes utilisées pour l'approche psychophysique et l'électrophysiologie.

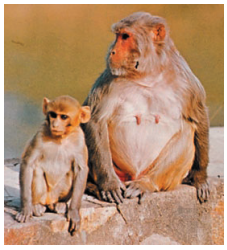
Chez l'homme, la corrélation entre la perception des deux sucres (fructose et saccharose) indique que les signaux perçus ne diffèrent que très légèrement. Dans le cas des perceptions du goût amer de la quinine et du goût des tannins les corrélations significatives montrent que plusieurs récepteurs périphériques sont communs à ces perceptions. Les réactions aux tannins et aux alcaloïdes (caféine, quinine) covarient chez toutes les espèces testées.

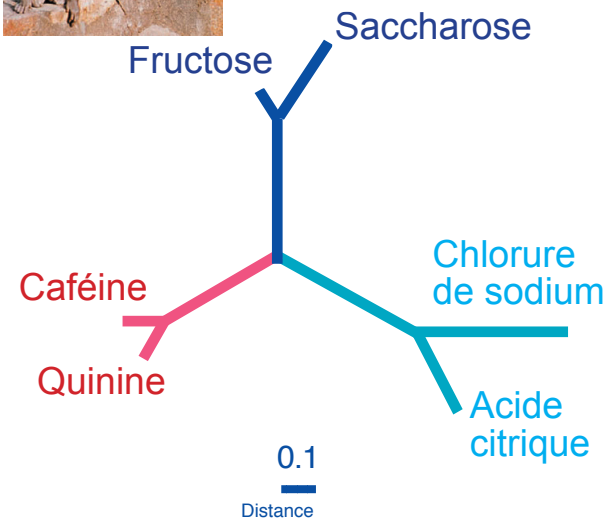
Dans tous les cas, il existe une corrélation négative entre ces deux ensembles de signaux, correspondant respectivement à des substances bénéfiques (les sucres, source d'énergie) et à des produits que les primates doivent éviter (à effet toxique, comme beaucoup d'alcaloïdes, ou anti-nutriment, comme les tannins). En témoignent les réflexes gusto-faciaux analogues chez les nouveau-nés humains et primates non humains.

Ce que perçoit un ouistiti (*Callithrix jacchus*)

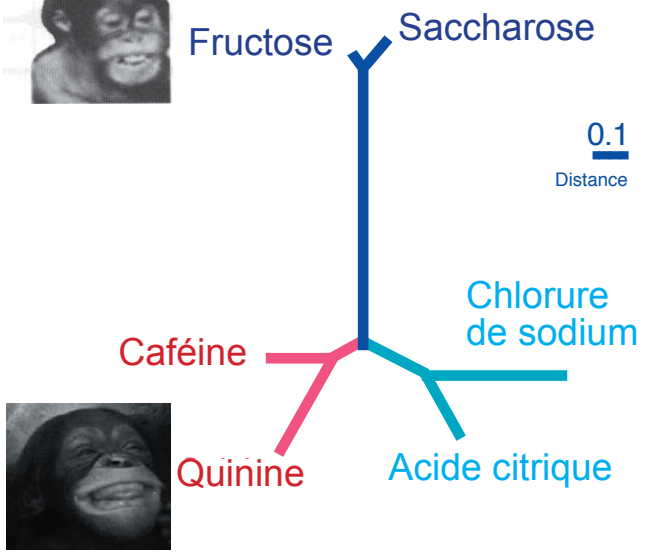
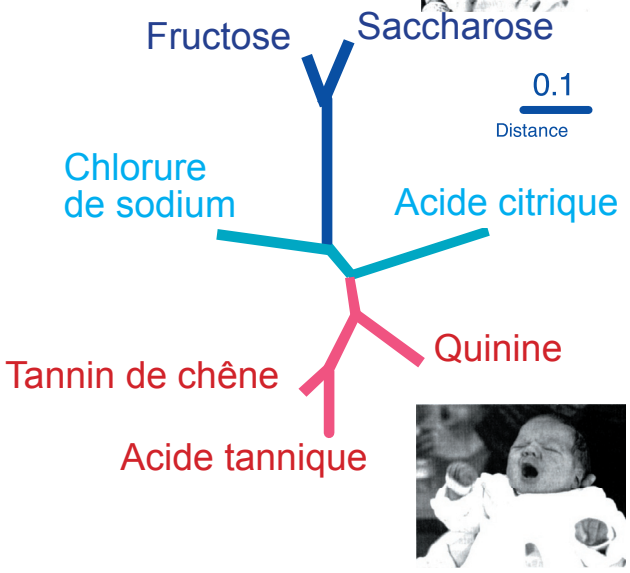


Ce que perçoit un macaque rhésus (*Macaca mulatta*)





Ce que perçoit un chimpanzé (*Pan troglodytes*)



Ce que perçoit un humain (*Homo sapiens*)