



HAL
open science

Comprendre l'odorat : Anatomie, physiologie et neuroplasticité

Camille Ferdenzi

► **To cite this version:**

Camille Ferdenzi. Comprendre l'odorat : Anatomie, physiologie et neuroplasticité. Rééducation orthophonique, 2025. <hal-05361545>

HAL Id: hal-05361545

<https://hal.science/hal-05361545v1>

Submitted on 14 Nov 2025

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.



HAL Authorization

Comprendre l'odorat : Anatomie, physiologie et neuroplasticité

Camille Ferdenzi
Chargée de Recherche CNRS
Centre de Recherche en Neurosciences de Lyon
Université Claude Bernard Lyon 1, CNRS UMR 5292, INSERM U1028
camille.ferdenzi@cns.fr

Résumé

L'odorat humain, longtemps négligé par les scientifiques, est une modalité sensorielle pourtant essentielle dans notre vie quotidienne et pour notre équilibre affectif. L'étude de ce sens chimique est relativement récente et sa compréhension reste encore incomplète. Cet article donne les principales clés disponibles à ce jour pour en comprendre le fonctionnement. Tout d'abord, une présentation anatomique est proposée, qui détaille les différentes voies d'accès des odeurs au système olfactif, le rôle du flairage, et distingue l'olfaction des autres sens chimiques (gustation, sensations trigéminales). Ensuite, les mécanismes périphériques de la perception olfactive sont présentés, impliquant la muqueuse olfactive avec notamment les neurones sensoriels et les récepteurs olfactifs. Puis les mécanismes centraux sont détaillés. Une attention particulière est accordée à la plasticité du système olfactif, une propriété très utile pour aider les personnes souffrant d'atteintes olfactives à récupérer l'usage de ce sens. Enfin, les spécificités de l'olfaction sont soulignées, incluant ses multiples fonctions ainsi que son lien étroit avec les émotions et la mémoire. Ce dernier point permet non seulement de mieux comprendre l'impact de la perte olfactive, mais aussi d'envisager des pistes pour rééduquer d'autres fonctions affectives et cognitives grâce aux odeurs.

Mots-clés

Orthonasal/Rétronasal, flairage, épithélium olfactif, cortex olfactif, plasticité.

Understanding olfaction

Abstract

The human sense of smell, long neglected by scientists, is an essential sensory modality in our daily lives and for our emotional balance. The study of this chemical sense is relatively recent and its understanding is still incomplete. This article provides the main keys available to date to understanding how it works. First, an anatomical presentation details the different pathways by which odors enter the olfactory system, the role of sniffing, and distinguishes olfaction from the other chemical senses (gustation, trigeminal sensations). This is followed by peripheral mechanisms of olfactory perception, involving the olfactory mucosa, in particular sensory neurons and olfactory receptors. Then the central mechanisms are detailed with particular attention to the plasticity of the olfactory system, a very useful property to help people suffering from olfactory damage to recover the use of this sense. Finally, the specific features of olfaction are highlighted, including its multiple functions and its close link with emotions and memory. This last point not only provides a better understanding of the impact of olfactory loss, but also points the way to use odors in the rehabilitation of other affective and cognitive functions.

Key words

Orthonasal/Retronasal, sniffing, olfactory epithelium, olfactory cortex, plasticity.

1. INTRODUCTION

L'olfaction est une des modalités sensorielles qui nous connecte à notre environnement, souvent de manière émotionnelle et peu conscientisée. Pourtant, dans l'éventail de nos sensorialités, l'olfaction figure parmi les moins étudiées. Probablement parce que l'être humain a été d'abord catégorisé comme un organisme microsmate, c'est-à-dire dont l'odorat est peu performant, par opposition aux organismes macrosmates que sont par exemple la souris ou le chien. Cette catégorisation proposée initialement par Broca puis affinée par Turner à la fin du XIX^{ème} siècle, était principalement basée sur une comparaison neuroanatomique des espèces. Chez l'humain, les aires cérébrales olfactives ont effectivement une taille réduite proportionnellement au reste du cerveau, notamment par rapport au lobe frontal associé à la cognition complexe. A cette époque, certains penseurs considéraient le système olfactif humain comme une structure vestigiale, dont la fonction initiale s'était perdue. D'autres comme Freud étaient convaincus que les comportements humains orientés vers les odeurs relevaient de la pathologie, en connectant les individus à leur animalité et en les éloignant des êtres civilisés et doués de raison qu'ils étaient censés être. Plus récemment, des arguments génétiques sont venus alimenter cette idée reçue : une importante perte de fonctionnalité des gènes olfactifs serait survenue au cours de l'évolution, en particulier lors de l'apparition de la vision trichromatique, ne laissant à l'être humain qu'un peu moins de 40% de gènes fonctionnels codant pour les récepteurs olfactifs.

La revue de McGann en 2017 détaille cet historique et démontre ensuite pourquoi la microsmatie de l'humain n'est finalement qu'un mythe. En effet, les considérations mentionnées ci-dessus sont demeurées déconnectées de toute évaluation des capacités olfactives des êtres humains et de l'influence des odeurs sur leurs comportements. Les recherches menées depuis la fin du XX^{ème} siècle ont apporté de nombreuses preuves que l'humain possède un sens de l'odorat extrêmement développé, avec des capacités de détection et de discrimination très fines, et que les odeurs ont un fort impact comportemental. L'attribution en 2004 du prix Nobel de médecine à Buck et Axel pour leurs travaux sur le fonctionnement de l'odorat, et en particulier pour leur découverte des gènes codant pour les récepteurs olfactifs, illustre l'essor pris par les recherches dans ce domaine. On sait aujourd'hui, grâce à de nombreux travaux scientifiques en psychologie et en neurosciences, que les odeurs remplissent des fonctions essentielles pour notre survie, notre santé et notre bien-être. Elles nous permettent de détecter des dangers comme un départ de feu ou une fuite de gaz ; elles ont un rôle essentiel dans notre prise alimentaire et notre état nutritionnel ; et elles constituent une part non négligeable du plaisir sensoriel procuré par notre environnement physique et social. Dans le regard du grand public aussi, l'importance de ce sens est maintenant mieux appréhendée. La pandémie de Covid-19 en 2020 a déclenché une prise de conscience à grande échelle, chez les nombreux patients atteints de pertes olfactives mais aussi chez leurs proches et leurs soignants.

L'objectif de ce chapitre est d'introduire l'odorat humain et son fonctionnement. L'anatomie du système olfactif sera d'abord présentée, avant de détailler les mécanismes périphériques et centraux de l'olfaction (Doty, 2009; Dikeçligil and Gottfried, 2024). Il est à noter que de nombreux éléments de connaissance sont tirés d'études chez l'animal (le rongeur en particulier) et ont été extrapolés à l'humain sans avoir nécessairement pu être confirmés, par manque de techniques adaptées. Enfin, quelques caractéristiques remarquables de l'odorat humain seront présentées. Une attention particulière est accordée 1) à la plasticité du système olfactif de manière à comprendre quels sont les leviers d'action possibles dans les rééducations de l'odorat, et 2) aux spécificités de ce sens qui en font une modalité de choix à solliciter pour améliorer le bien-être des patients ainsi que leurs fonctions cognitives.

2. LE SYSTEME OLFACTIF

2.1. Anatomie et localisation

La réception des odeurs s'effectue tout en haut des fosses nasales, dans la fente olfactive, sur une surface spécialisée de la muqueuse nasale appelée épithélium olfactif (Fig. 1). Cette surface d'environ 2.5 cm² de chaque côté (5 cm² au total) est tapissée de mucus, dans lequel baignent les extrémités dendritiques ciliées des neurones olfactifs. Les molécules odorantes s'y fixent grâce à des protéines (récepteurs olfactifs) présentes à la surface des cils, ce qui déclenche un signal électrique transmis ensuite au cerveau par les axones des neurones olfactifs.

Ces axones traversent les fines perforations de la lame criblée de l'os ethmoïde (Fig. 1) pour atteindre le bulbe olfactif, premier relais cérébral de l'information olfactive. Cette petite structure cérébrale possède une forme ovoïde et mesure environ 1 cm de long pour 0,5 cm de large. Elle est accolée à la surface ventrale du cerveau et est reliée à celui-ci grâce au tractus olfactif, une structure allongée qui serpente au creux d'un long repli appelé sillon olfactif. Le bulbe olfactif est constitué de plusieurs types de cellules nerveuses, en particulier : les neurones olfactifs (ou plus exactement leurs axones), les cellules mitrales avec lesquels les neurones olfactifs forment des synapses au niveau de sous-structures sphériques appelées glomérules, et les interneurons situés entre les cellules mitrales.

Les axones des cellules mitrales convergent ensuite dans le tractus olfactif pour se projeter dans d'autres régions cérébrales formant le cortex olfactif primaire (notamment le cortex piriforme). Depuis ces régions, l'information olfactive est transmise à d'autres régions cérébrales constituant le cortex olfactif secondaire (voir Section 4 pour plus de détails).

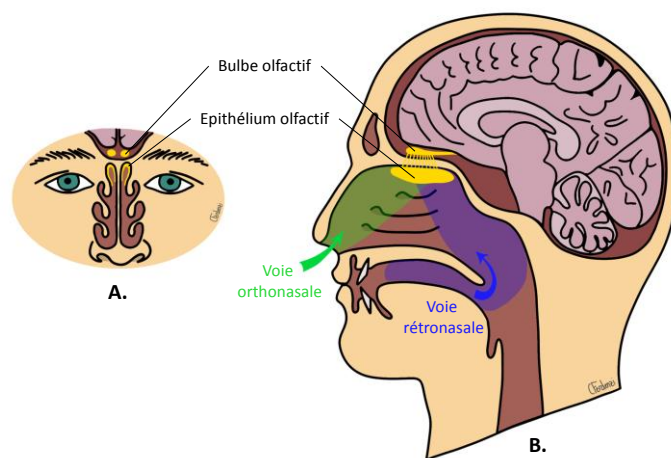


Fig. 1 Anatomie du système olfactif, vue de face (A) et de profil (B).

2.2. Voies d'accès des molécules odorantes

Il existe deux voies d'accès des molécules odorantes au niveau de l'épithélium olfactif. La première est la voie orthonasale, qui est sollicitée lorsque nous inspirons par les narines. Par cette voie, les molécules odorantes présentes à l'extérieur, ainsi que tous les composés et particules qui cohabitent avec elles dans l'air ambiant, pénètrent dans les narines. Cet air, une fois débarrassé des particules retenues par les poils à l'entrée des narines, finit par atteindre le haut des fosses nasales après un passage sinueux dans les circonvolutions formées par les cornets inférieurs, moyen et supérieur. Ces derniers sont des lames osseuses enroulées, recouvertes d'un tissu très vascularisé, dont la fonction est de réchauffer et humidifier l'air inspiré.

La seconde voie d'accès est la voie rétronasale. Elle concerne une catégorie bien particulière de molécules odorantes : les arômes alimentaires libérés lors de la mastication des aliments solides ou de l'ingestion d'une boisson. Lors de l'expiration, l'air buccal, chargé en molécules odorantes issues de l'alimentation, remonte par le pharynx jusque dans la cavité nasale et l'épithélium olfactif, où ces arômes vont alors stimuler le système olfactif. Dans ce cas, les types d'odeurs perçues sont moins variées que celles véhiculées par la voie orthonasale, en raison de leur caractère alimentaire. Lors d'un repas, les deux voies peuvent être sollicitées simultanément : les odeurs de l'aliment avant la mise en bouche parviennent à l'épithélium par la voie orthonasale, et celles libérées lors de la mise en bouche, par la voie rétronasale.

2.3. Rôle du cycle nasal et du flairage

Le flux d'air est indispensable pour véhiculer les molécules odorantes jusqu'à l'épithélium olfactif. Si la circulation de l'air est rendue impossible dans la cavité nasale, par exemple dans le cas de la laryngectomie, il n'y a pas de perception olfactive possible à moins de restaurer cette circulation. Le flux d'air atteignant la fente olfactive a été estimé à moins de 15% du flux d'air total inspiré, et les caractéristiques de ce flux peuvent avoir une influence sur la manière dont les odeurs sont perçues. Il a été montré par exemple que les caractéristiques anatomiques de la cavité nasale pouvaient influencer la détection des odeurs. Considérons par exemple le cycle nasal. Il désigne un léger gonflement des cornets, plus important dans une narine que dans l'autre, et qui alterne plusieurs fois par jour entre le côté droit et le côté gauche. Il peut être objectivé par rhinomanométrie ou plus grossièrement en expirant sur un miroir placé sous le nez et en observant la taille des auréoles de buée. Des études indiquent que la détection des odeurs serait meilleure du côté où le volume est plus important (Masala et al., 2019), tandis que d'autres suggèrent que cela dépend des odeurs et notamment de leurs propriétés d'absorption sur la muqueuse olfactive (Sobel et al., 1999). Par ailleurs, des spécialistes de la dynamique des fluides ont montré qu'il est possible d'améliorer la perception olfactive en modifiant le trajet de l'air par des dispositifs intra- ou extra-nasaux, de manière à favoriser l'accès à la fente olfactive (Formanek et al., 2025).

Le flairage, qui est la composante motrice de l'olfaction et consiste en l'échantillonnage actif d'informations olfactives, a une importance capitale dans la perception des odeurs. Le flairage est plus bref et plus vigoureux qu'une inspiration normale. Il améliore certainement la perception des odeurs en augmentant le taux de molécules odorantes qui accèdent à l'épithélium olfactif. De plus, le simple fait de flairer sans qu'aucune odeur ne soit présente suffit à activer le cortex olfactif, ce qui a probablement comme effet de préparer le système olfactif au traitement de stimulations odorantes. On sait également que le flairage est modulé par les caractéristiques des odeurs, notamment leur concentration mais aussi leur valence (caractère agréable/désagréable) : le flairage est moins important pour les odeurs fortes et pour les odeurs désagréables, ce qui a probablement pour fonction de limiter la quantité de molécules entrantes. Cette adaptation du flairage est un phénomène extrêmement rapide (environ 200 ms).

2.4. Flaveur et interaction avec les autres sens

La perception des odeurs est fréquemment associée à d'autres perceptions sensorielles. Une première modalité sollicitée par certaines molécules odorantes est la sensibilité trigéminal. Il s'agit d'une sensibilité chimique responsable des sensations de fraîcheur, chaleur, douleur et irritation, et qui passe par la stimulation de branches sensibles du nerf trijumeau (branches 1, 2 et 3 du CN V ou « Cranial Nerve V »). En effet de nombreuses molécules ont à la fois des propriétés olfactives et trigéminales. C'est le cas du menthol par exemple, qui possède une odeur de menthe tout en produisant une sensation de fraîcheur. Les perceptions trigéminales peuvent se produire dans les cavités nasale et buccale. En effet, la cavité nasale est innervée par le nerf maxillaire (CN V2) et par le nerf nasociliaire qui est la branche terminale médiale du nerf ophtalmique (CN V1). La cavité buccale est également innervée par le nerf maxillaire (CN V2) au niveau du palais, et par le nerf buccal qui est une branche du nerf mandibulaire (CN V3). D'autres modalités plus connues sont sollicitées lors de l'ingestion des aliments. Il s'agit tout d'abord de la gustation. Les aliments contiennent des molécules

odorantes stimulant l'olfaction via la voie rétronasale, mais aussi des molécules sapides qui se lient aux récepteurs du goût au niveau de la langue. Il en existe cinq types : récepteurs au sucré, au salé, à l'acide, à l'amer et à l'umami. La somesthésie est également sollicitée, et permet une perception fine de la texture, de la consistance et de la température des aliments. Enfin, la vue joue bien entendu un rôle important, et de nombreux travaux s'intéressent aux interactions entre l'olfaction et les autres sens. L'ensemble des sensations multimodales se produisant lors de la mise en bouche d'un aliment est appelée flaveur.

2.5. Organe voméronasal et Ganglion de Grüneberg

Le système olfactif tel que décrit plus haut correspond à ce que l'on nomme chez les mammifères le système olfactif principal, par opposition au système olfactif dit « accessoire » présent chez de nombreuses espèces. Ce dernier, connectant un organe spécifique, l'organe voméronasal ou organe de Jacobson, à un bulbe olfactif accessoire, permet la perception d'odeurs ayant généralement une fonction sociale (phéromones, par exemple). Chez l'humain, si une petite partie des individus possède bel et bien cet organe (à l'entrée des narines, près du septum), ce dernier n'est toutefois pas fonctionnel et ne possède de connexions avec aucune structure cérébrale dédiée. Si l'existence de phéromones n'a pas été démontrée chez l'humain, une communication chimique entre individus est à l'œuvre et passe probablement par le système olfactif principal tel décrit dans les sections précédentes. Notons enfin qu'un autre organe sensoriel appartenant au système olfactif, le ganglion de Grüneberg, serait également responsable du traitement signaux émis par des congénères chez la souris, mais sa présence et sa fonctionnalité restent à ce jour méconnues chez l'humain.

3. MECANISMES PERIPHERIQUES DE L'ODORAT

3.1. Les molécules odorantes

Un « odorant » est une substance chimique qui active le système olfactif, et produit dans le cerveau une perception que l'on appelle « odeur ». Pour avoir des propriétés odorantes, les molécules doivent notamment avoir un poids moléculaire modéré et une volatilité qui leur permet d'être véhiculées par l'air parcourant nos cavités nasales et buccales. La plupart des odeurs sont produites par des mélanges de dizaines de composés. Le lien entre les propriétés physico-chimiques d'un odorant et l'odeur qu'il produit est une question qui fait débat. Il semblerait que les propriétés physico-chimiques de la molécule soient des prédicteurs – au moins partiels – du caractère agréable de l'odeur. On sait par exemple que les molécules possédant des groupements amines (putrescine, cadavérine) ou soufrés (sulfure d'hydrogène) sont généralement désagréables. En revanche, il est possible que des odeurs très similaires (des odeurs florales par exemple) soit produites par des molécules de familles chimiques différentes.

3.2. Le rôle de l'épithélium

L'épithélium olfactif (Fig. 2) est constitué de trois types de cellules : 1) les cellules de soutien qui assurent la structure de la muqueuse ; 2) les neurones olfactifs, dont l'extrémité dendritique ciliée baigne dans le mucus tapissant l'épithélium, et dont l'autre extrémité (axonale) traverse la lame criblée de l'os ethmoïde avant rejoindre le bulbe olfactif ; 3) les cellules basales, qui sont des cellules souches responsable du renouvellement cellulaire de la muqueuse olfactive. On trouve également dans cet épithélium les glandes de Bowman sécrétant le mucus.

Après leur trajet ascendant dans la cavité nasale, les molécules odorantes – généralement hydrophobes – doivent traverser le milieu aqueux constitué par le mucus. Pour ce faire, elles sont aidées par des protéines de transport spécialisées, les OBP (Odorant Binding Proteins). Ces protéines sont également impliquées dans le nettoyage de la muqueuse, en contribuant à dégrader les odorants. Elles se lient ensuite aux protéines présentes à la surface de l'extrémité ciliée des neurones olfactifs, les récepteurs olfactifs. Chaque neurone n'exprime qu'un type de récepteur parmi les quelques 400 récepteurs

fonctionnels identifiés chez l'humain. Il a toutefois la capacité à se lier à plusieurs molécules odorantes. Par ailleurs, chaque molécule odorante possède une affinité plus ou moins marquée avec plusieurs récepteurs. Ainsi, on parle de « codage combinatoire » : on peut l'imaginer comme un accord sur un piano de 400 touches, dans lequel chaque note correspondrait à un récepteur olfactif activé. Il s'agit d'un processus d'une grande complexité, car la plupart des odeurs sont composées d'un mélange de molécules odorantes. Ces patterns d'activation nous permettent de discriminer un grand nombre de molécules odorantes différentes. On comprend également que la moindre perturbation dans le fonctionnement d'un ou plusieurs récepteurs peut modifier l'odeur perçue / l'accord joué.

Lorsqu'une molécule odorante se lie à une protéine réceptrice, un phénomène de transduction se produit. Un changement de conformation du récepteur génère des mouvements ioniques transmembranaires. Ceci résulte en un signal électrique, le potentiel d'action, qui se propage dans le neurone sensoriel jusqu'à sa terminaison dans le bulbe olfactif. Les axones des neurones olfactifs convergent en faisceaux, formant le nerf olfactif qui traverse la lame criblée de l'os ethmoïde (Fig. 2). Les neurones possédant un même type de récepteur convergent vers seulement un à deux glomérules, sous-structure sphérique du bulbe olfactif. En réponse à une odeur, un codage spatial se produit au niveau de la couche glomérulaire du bulbe olfactif. Dans les glomérules du bulbe, les neurones olfactifs font synapse avec les cellules mitrales dans lesquelles se propage le signal électrique (après modulations par d'autres cellules, notamment les interneurons).

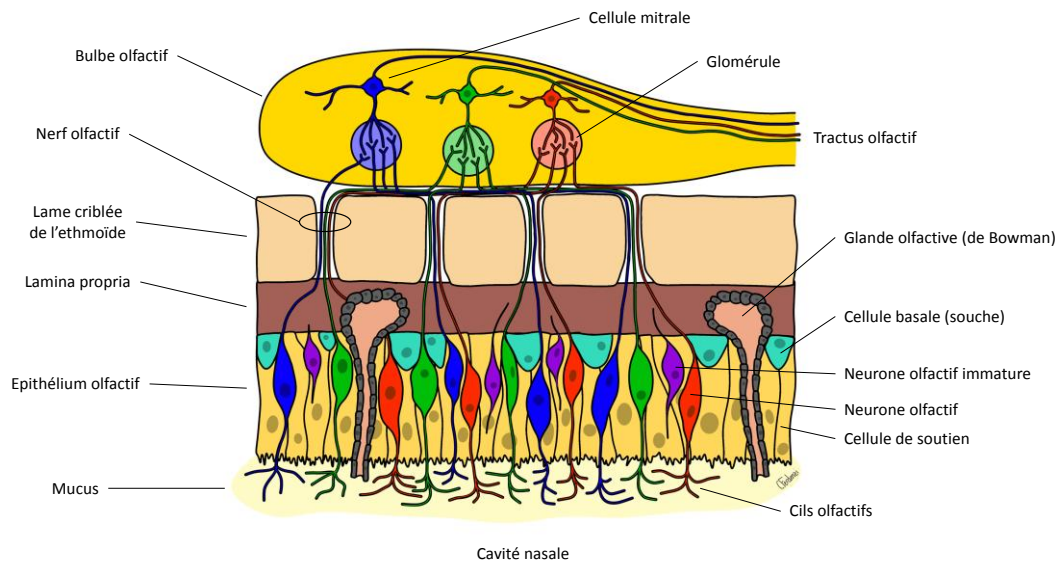


Fig. 2 Détail de l'épithélium et du bulbe olfactif.

3.3. Les récepteurs olfactifs

Les récepteurs olfactifs sont des protéines transmembranaires codées par une grande famille génétique d'environ 900 à 1000 gènes, dont une bonne moitié sont des pseudogènes ne donnant pas de protéines fonctionnelles : nous possédons donc environ 400 gènes olfactifs fonctionnels. Cette famille génétique a été décrite par Buck et Axel (1991), qui ont reçu le prix Nobel en 2004 pour cette découverte. Il existe des polymorphismes, c'est-à-dire différentes versions de certains récepteurs, qui peuvent être à l'origine de différences perceptives entre les individus. Dans certains cas, cela cause ce qu'on appelle une anosmie spécifique, à savoir une incapacité à percevoir une molécule particulière. Des variations importantes de sensibilité ont ainsi été mises en évidence en lien avec des pertes de fonction de récepteurs particuliers, par exemple pour les molécules d'androsténone (composé de l'odeur corporelle), de beta-ionone (odeur de violette) ou encore de cis-3-hexénol (herbe coupée). Il s'agit là d'un phénomène héréditaire et naturel, donc non pathologique, par opposition à l'anosmie qui désigne une perte générale de l'olfaction sans distinction de molécules.

3.4. Plasticité et modulation du traitement périphérique

Une particularité du système olfactif réside dans le fait que les neurones sensoriels sont en contact direct avec l'extérieur. Même s'ils sont localisés très profondément dans les fosses nasales, ils restent très exposés aux agressions extérieures, comme des substances toxiques (polluants) ou des pathogènes (virus, bactéries). Ces neurones olfactifs constituent même une porte d'entrée pour l'invasion d'agents pathogènes vers le cerveau. Le mucus et les cellules de soutien jouent un rôle protecteur non négligeable, mécanique mais aussi physiologique (phagocytose de composés étrangers par les cellules de soutien). Malgré ces mécanismes de protection, les atteintes sont inévitables et les neurones olfactifs ont une durée de vie limitée : cette durée a été estimée à environ 3 mois chez l'animal. Cette particularité est contrebalancée par le fait que le système olfactif est capable de neurogenèse. Ainsi, les cellules souches présentes à la base de l'épithélium olfactif (cellules basales) ont la capacité de donner naissance à des cellules progénitrices qui prolifèrent pour former de nouvelles cellules de soutien ou de nouveaux neurones olfactifs. Elles assurent donc un renouvellement nécessaire en cas de dégâts importants dans l'épithélium, mais aussi de manière continue pour assurer un turn-over régulier (estimé de 2 à 4 mois chez l'humain). Ainsi se forment continuellement de nouvelles synapses dans les glomérules du bulbe olfactif, entre les axones des neurones olfactifs néoformés et les dendrites des cellules mitrales.

Il est à noter que dans le cas de la Covid-19, le virus ne s'attaque pas directement aux neurones olfactifs : il atteint les cellules de soutien, créant un déséquilibre structurel et fonctionnel de l'épithélium qui entraîne la mort cellulaire des neurones olfactifs. Cependant, dans les cas les plus graves le virus peut aussi toucher les cellules basales ce qui compromet les capacités naturelles de renouvellement de l'épithélium et peut entraîner une perte olfactive plus durable (Cooper et al., 2020). Enfin, il a été montré chez l'animal que la régénération neuronale dans l'épithélium olfactif est moins efficace chez le sujet âgé (Kobayashi et al., 2025), ce qui se traduit entre autres par une diminution de l'épaisseur de l'épithélium olfactif. Au fil des années, l'épithélium olfactif subit des dégradations liées aux agressions extérieures, qui sont plus difficilement palliées par le renouvellement naturel de l'épithélium. Ces altérations sont observables surtout sur sa partie antérieure, correspondant aux régions stimulées par le flux d'air orthonasal, la partie postérieure davantage impliquée dans la rétro-olfaction étant généralement mieux conservée avec l'âge.

Outre ces phénomènes de neurogenèse, d'autres phénomènes périphériques peuvent contribuer à la plasticité du système olfactif. Notamment, l'expression des gènes codant pour les récepteurs olfactifs pourrait être modulée par l'exposition aux odeurs. Ce mécanisme pourrait par exemple être impliqué dans l'acquisition de la sensibilité à un odorant non détecté, suite à une exposition répétée (phénomène mis en évidence pour l'androsténone par exemple, Wysocki et al., 1989).

Une modulation périphérique de la perception olfactive est possible, par exemple via le phénomène naturel de saturation des récepteurs olfactifs. Lorsque les récepteurs sont liés à des molécules odorantes, ils ne peuvent en recevoir d'autres avant que les premières se détachent. Les objets odorants étant composés de molécules différentes qui chacune activent plusieurs récepteurs différents, on imagine aisément que s'exposer dans un temps court à plusieurs odeurs complexes et fortes entraîne ce phénomène de saturation. Enfin, certains facteurs environnementaux affectent le fonctionnement périphérique de l'odorat. C'est le cas de la consommation de tabac qui est maintenant connue pour altérer les capacités olfactives, bien que cet impact délétère soit réversible après l'arrêt de la consommation (Ajmani et al., 2017). La pollution atmosphérique a également un impact délétère sur la fonction olfactive, possiblement parce qu'elle causerait de l'inflammation et/ou des dommages structurels dans l'épithélium olfactif (Ramirez et al., 2025).

4. TRAITEMENT CENTRAL DES ODEURS

4.1. Le bulbe olfactif

Ce premier relais cérébral de l'information olfactive, introduit plus haut, est une petite région dont l'activité reste difficile à imager chez l'humain. Elle est le siège de premiers traitements déjà très élaborés de l'information olfactive : l'étude des patterns d'activation de la couche glomérulaire du bulbe olfactif chez l'animal ont permis de montrer que l'identité de l'odeur, mais aussi son intensité sont codées dans cette région. La valence de l'odeur (caractère agréable/désagréable) y fait également l'objet d'un codage antéro-postérieur.

4.2. Les cortex olfactifs

A partir du bulbe olfactif, les signaux électriques générés par la stimulation olfactive se propagent dans le tractus olfactif et sont transférés directement aux cortex olfactifs primaires, que sont principalement le noyau olfactif antérieur, le tubercule olfactif, le cortex piriforme, le cortex entorhinal, et l'amygdale. Ensuite, l'information olfactive est transmise à d'autres régions cérébrales qualifiées de cortex olfactifs secondaires, que sont notamment l'hippocampe, l'insula, le cortex cingulaire et le cortex orbitofrontal (Fig. 3). L'information olfactive est transmise de manière directe, sans passer par le thalamus comme c'est normalement le cas pour les autres voies sensorielles, aux cortex olfactifs primaires et donc aux régions clé de la mémoire (hippocampe) et des émotions (amygdale). Cette particularité neuro-anatomique confère à l'olfaction des liens étroits avec la mémoire et les émotions.

En ce qui concerne les fonctions des différents cortex olfactifs, on sait par exemple que le cortex piriforme (le plus étudié des cortex olfactifs primaires) encode des représentations de l'identité, la qualité et la familiarité de l'odeur. L'amygdale répond à l'intensité d'odeurs qui ont une signification émotionnelle forte pour l'individu (qu'elle soit positive ou négative). Le cortex entorhinal est impliqué dans l'apprentissage et la mémoire des odeurs. Le cortex orbitofrontal est impliqué quant à lui dans des traitements de haut niveau comme la mémoire associative et la reconnaissance des odeurs, et il a un rôle important dans le traitement de la valence hédonique (caractère agréable / désagréable des odeurs).

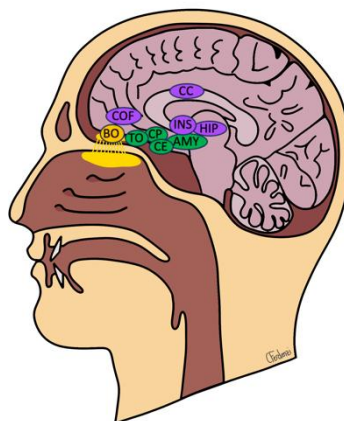


Fig. 3 Principales structures et aires cérébrales impliquées dans le traitement de l'information olfactive. BO : Bulbe Olfactif. Les cortex olfactifs primaires sont représentés en vert (AMY : Amygdale ; CE : Cortex Entorhinal ; CP : Cortex Piriforme ; TO : Tubercule Olfactif). Les cortex olfactifs secondaires sont représentés en violet (CC : Cortex Cingulaire ; COF : Cortex Orbito-Frontal ; HIP : Hippocampe ; INS : Insula).

4.3. Plasticité et modulation du traitement central

Le phénomène de neurogenèse, à savoir la formation de nouveaux neurones, a été évoqué plus haut au niveau périphérique, dans l'épithélium olfactif. Il est probable que ce phénomène existe aussi au niveau central. Chez l'animal, il a été montré que plusieurs régions cérébrales font l'objet d'un renouvellement neuronal, notamment le bulbe olfactif : le blocage de ce renouvellement chez le rongeur entraîne une altération de l'apprentissage olfactif. Chez l'humain, faute de techniques applicables, ce phénomène n'a pour l'instant pas été mis en évidence dans le bulbe olfactif (il l'a toutefois été dans l'hippocampe ; Bergmann et al., 2015). Ainsi, cette question reste à ce jour débattue.

Malgré tout, une grande plasticité est observée dans le bulbe olfactif humain (Huart et al., 2019). Par exemple, des variations significatives du volume du bulbe sont observées en fonction du statut olfactif, avec un volume diminué chez les patients dysosmiques par rapport aux sujets normosmiques, ainsi que chez les sujets âgés chez qui le bulbe présente également des anomalies structurelles (telles que des fibres olfactives mal acheminées). Ce phénomène semble réversible chez les patients puisqu'une récupération des fonctions olfactives s'accompagne d'une augmentation du volume de cette structure cérébrale (Gudziol et al., 2009). Par ailleurs, la privation sensorielle, par exemple suite à une laryngectomie, induit une atrophie du bulbe (Veyseller et al., 2012).

Au niveau comportemental, on connaît de nombreux exemples de plasticité de l'odorat. D'abord la simple exposition répétée aux odeurs : lorsqu'on présente une odeur de manière répétée sur un temps court, un phénomène d'adaptation se produit, c'est-à-dire que la sensibilité à l'odeur présentée diminue. Il s'agit d'un mécanisme périphérique lié à une baisse de réponse des récepteurs olfactifs. Un phénomène comparable, mais qui relève d'un processus central de traitement de l'information, est l'habituation, soit la diminution de l'attention et de la réponse à l'odeur. Dans certains cas enfin, c'est le phénomène inverse qui peut se produire et une sensibilisation à l'odeur peut être observée. Il semblerait que le contexte d'exposition ait un rôle à jouer dans la survenue de l'une ou l'autre modification : dans une étude où trois odeurs différentes sont présentées comme étant soit neutre, soit relaxante, soit dangereuse, l'odeur associée à la croyance de danger entraîne une sensibilisation (quelle que soit l'odeur concernée) alors que les deux autres entraînent une habituation (Dalton, 1996).

De nombreux travaux montrent l'importance des associations faites avec les odeurs dans la manière dont nous percevons celles-ci. Par exemple, il existe des conditionnements appétitifs ou aversifs. On parle de conditionnement appétitif par exemple lorsqu'on apprend à aimer une odeur – initialement plutôt désagréable – parce qu'elle est associée à un aliment culturellement très valorisé (par exemple, les fromages forts en France, le durian en Asie du Sud Est). Si, à l'inverse, vous ne pouvez plus supporter l'odeur / le parfum d'un collègue qui vous est particulièrement antipathique, il s'agit d'un conditionnement aversif. Ainsi, l'appréciation des odeurs est extrêmement malléable en fonction de l'expérience, des usages, et des croyances, associés à ces odeurs. On peut citer comme autre exemple celui de l'odeur de la plante nommée gaulthérie, qui déclenche des réactions distinctes en Europe, où cette plante rentre dans la composition de médicaments et huiles de massage, et en Amérique du Nord, où elle est utilisée dans des bonbons et des sodas. Ces apprentissages olfactifs modulant nos préférences sont par ailleurs extrêmement précoces puisque des préférences olfactives se forment dès la vie utérine lorsque le fœtus est exposé aux substances ingérées par sa mère, et s'expriment dans des tests comportementaux après la naissance.

Enfin, on sait que l'état interne et certaines caractéristiques individuelles modulent la perception des odeurs. La sensibilité aux odeurs est meilleure lorsqu'on a faim que lorsqu'on est rassasié. Les filles et les femmes sont généralement plus attentives aux odeurs, les identifient et les mémorisent mieux que les garçons et les hommes. Elles sont aussi plus facilement sensibilisées à une odeur présentée de manière répétée, sans que ceci ait pu être clairement relié à des facteurs physiologiques (hormonaux). Lors de la grossesse, une hypersensibilité subjective et des aversions à certaines odeurs sont rapportées, bien que cela soit difficile à objectiver scientifiquement. La personnalité des individus semble également influencer la manière dont les odeurs sont perçues, en inscrivant plus globalement la

personne dans un mode d'interaction avec son environnement en fonction de ses prédispositions affectives (Ferdenzi, 2013).

5. CONCLUSION : LES SPECIFICITES DE L'ODORAT

Un sens aux multiples fonctions

En analysant les recherches menées sur les capacités olfactives humaines, sur l'impact de la perte d'odorat et sur les fonctions de l'odorat chez d'autres mammifères, Stevenson (2010) a dégagé trois grandes fonctions de l'odorat humain. La première fonction est l'alarme : parfois, les odeurs sont le seul indicateur de danger perceptible, en présence d'une fuite de gaz, d'un départ de feu ou d'un aliment avarié, et ne pas avoir accès à ces informations peut exposer la personne anosmique à un risque mortel. La seconde est l'alimentation, puisque les odeurs contribuent à stimuler l'ingestion, participent aux phénomènes de satiété, et ont un rôle puissant dans le plaisir lié à l'aliment (que ce soit avant l'ingestion, via la voie orthonasale, ou lors de la mise en bouche, par la voie rétronasale). La perte olfactive peut ainsi entraîner une altération de l'état nutritionnel des patients dysosmiques. La troisième fonction concerne les interactions sociales. Il existe une communication chimique d'informations entre les individus, grâce aux odeurs véhiculées par le corps (Loos et al., 2025). Celle-ci impacte fortement nos affects, que ce soit en termes d'attirance sexuelle, d'attachement pour son enfant ou son parent, ou plus généralement de modulation de l'approche / évitement d'autrui. On peut ajouter à ce tableau une fonction un peu moins utilitaire et plus esthétique, qui est la fonction hédonique des odeurs : celle de procurer du plaisir, un plaisir sensoriel pur (quoi de plus extraordinaire que le parfum d'une rose dans un matin frais, ou celui des genêts tiédis par le soleil) ou lié au fait que les odeurs sont des marqueurs de lieux, de temps (de l'enfance par exemple) et d'évènements de la vie.

Un sens lié aux émotions et à la mémoire

En comparaison des autres sens, une particularité neuro-anatomique a été évoquée ci-dessus : l'absence de relais thalamique, et donc des connexions très directes avec les aires cérébrales des émotions d'une part – l'amygdale – et celles de la mémoire d'autres part – l'hippocampe (structures faisant partie d'un réseau plus large appelé système limbique). Cette spécificité explique pourquoi les odeurs sont des stimuli très émotionnels, au sens où ils procurent des émotions puissantes, qui sont déclenchées très rapidement (votre toute première réaction lorsque vous sentez une odeur est généralement hédonique, c'est-à-dire « j'aime » / « j'aime pas »). C'est seulement dans un second temps que d'autres traitements, comme l'identification de la source odorante, se produisent. Les odeurs sont également étroitement liées à la mémoire autobiographique. Le meilleur exemple est tiré de la littérature (Proust, 1887) : la perception rétronasale de l'arôme de la petite madeleine agit comment un indice de rappel et fait ressurgir un souvenir enfoui, celui d'une situation familiale vécue pendant l'enfance. Ici, souvenir autobiographique lointain et émotion puissante se combinent. Ce lien solide et automatique entre odeurs et souvenirs autobiographiques a fait l'objet d'études (Larsson and Willander, 2009). Ainsi, les odeurs sont utilisées dans l'accompagnement thérapeutique de patients avec des problématiques cognitives comme la maladie d'Alzheimer, où cette modalité semble être particulièrement efficace.

En somme, même si certains mécanismes de l'odorat chez l'humain sont toujours à l'étude, il apparaît que c'est un sens sophistiqué qui influence grandement nos comportements. La perception olfactive possède une dimension émotionnelle forte, du fait d'un lien neuroanatomique direct entre les structures dédiées à l'odorat et le système limbique. Comprendre cela permet à tout un chacun de prendre la mesure de l'impact d'une perte olfactive sur la vie quotidienne. Ce sens étant éminemment plastique, il offre des possibilités thérapeutiques très encourageantes, se basant notamment sur la stimulation des capacités naturelles de régénération du système olfactif (par la stimulation répétée, par exemple). Enfin, les odeurs ont aussi un potentiel thérapeutique extrêmement intéressant dans d'autres pathologies et peuvent être mobilisées par exemple pour améliorer le bien-être, atténuer la douleur, réduire le stress, et stimuler les fonctions cognitives.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ajmani, G.S., Suh, H.H., Wroblewski, K.E., and Pinto, J.M. 2017. Smoking and olfactory dysfunction: A systematic literature review and meta-analysis. *Laryngoscope*. 127:1753–1761.
- Bergmann, O., Spalding, K.L., and Frisén, J. 2015. Adult neurogenesis in humans. *Cold Spring Harb Perspect Biol*. 7:a018994.
- Buck, L., and Axel, R. 1991. A novel multigene family may encode odorant receptors: a molecular basis for odor recognition. *Cell*. 65:175–187.
- Cooper, K.W., Brann, D.H., Farruggia, M.C., Bhutani, S., Pellegrino, R., Tsukahara, T., Weinreb, C., Joseph, P.V., Larson, E.D., Parma, V., et al. 2020. COVID-19 and the chemical senses: supporting players take center stage. *Neuron*. 107:219–233.
- Dalton, P. 1996. Odor perception and beliefs about risk. *Chem Senses*. 21:447–458.
- Dikeçligil, G.N., and Gottfried, J.A. 2024. What does the human olfactory system do, and how does it do it? *Annu Rev Psychol*. 75:155–181.
- Doty, R.L. 2009. The olfactory system and its disorders. *Semin Neurol*. 29:74–81.
- Ferdenzi, C. 2013. Parce qu'on nez différents. Variabilité interindividuelle et développementale des réponses affectives aux odeurs. In: B. Schaal, C. Ferdenzi, and O. Wathélet, eds. *Odeurs et Émotions Le Nez a Ses Raisons...* Editions Universitaires de Dijon. pp. 169–187.
- Formanek, V.L., Spector, B.M., Zappitelli, G., Wu, Z., and Zhao, K. 2025. Designing novel “Smell-Aids” to improve olfactory function in post COVID-19 era. *BMC Medicine*. 23:169.
- Gudziol, V., Buschhüter, D., Abolmaali, N., Gerber, J., Rombaux, P., and Hummel, T. 2009. Increasing olfactory bulb volume due to treatment of chronic rhinosinusitis—a longitudinal study. *Brain*. 132:3096–3101.
- Huart, C., Rombaux, P., and Hummel, T. 2019. Neural plasticity in developing and adult olfactory pathways - focus on the human olfactory bulb. *J Bioenerg Biomembr*. 51:77–87.
- Kobayashi, M., Nishida, K., Yamakata, K., and Takeuchi, K. 2025. Aging inhibits olfactory recovery from traumatic olfactory system injury. *Neuroscience*. 577:64–70.
- Larsson, M., and Willander, J. 2009. Autobiographical odor memory. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1170:318–23.
- Loos, H.M., Schaal, B., Pause, B.M., Smeets, M.A.M., Ferdenzi, C., Roberts, S.C., Groot, J. de, Lübke, K.T., Croy, I., Freiherr, J., et al. 2025. Past, present, and future of human chemical communication research. *Perspect Psychol Sci*. 20:20–44.
- Masala, C., Käehling, C., Fall, F., and Hummel, T. 2019. Correlation between olfactory function, trigeminal sensitivity, and nasal anatomy in healthy subjects. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 276:1649–1654.
- McGann, J.P. 2017. Poor human olfaction is a 19th-century myth. *Science*. 356:eaam7263.
- Proust, M. 1887. *Du côté de chez Swann*.
- Ramirez, V., Ha, S., Parma, V., Dalton, P., Mainland, J., and Reed, D. 2025. Ambient air pollution and smell function: evidence from the National Geographic Smell Survey.
- Sobel, N., Khan, R.M., Saltman, A., Sullivan, E.V., and Gabrieli, J.D. 1999. The world smells different to each nostril. *Nature*. 402:35.
- Stevenson, R.J. 2010. An initial evaluation of the functions of human olfaction. *Chem Senses*. 35:3–20.
- Veyseller, B., Ozucer, B., Aksoy, F., Yildirim, Y.S., Gürbüz, D., Balıkcı, H.H., and Ozturan, O. 2012. Reduced olfactory bulb volume and diminished olfactory function in total laryngectomy patients: a prospective longitudinal study. *Am J Rhinol Allergy*. 26:191–193.
- Wysocki, C.J., Dorries, K.M., and Beauchamp, G.K. 1989. Ability to perceive androstenone can be acquired by ostensibly anosmic people. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 86:7976–7978.