

Odeurs et représentations mentales

Pierre-Marie Lledo est directeur de recherche au CNRS et directeur du département de Neurosciences à l'Institut Pasteur¹ de Paris. Il a été professeur invité à l'Université de Harvard aux États-Unis de 2008 à 2015.

1 Le sens olfactif, un sens longtemps méconnu et méprisé

L'olfaction est une sensibilité moléculaire qui repose nécessairement sur le contact physique des molécules libérées par une substance avec des récepteurs situés dans l'organe olfactif. Cette sensibilité concerne les molécules odorantes qui, entraînées par le courant d'air de la respiration ou du flairage, atteignent la muqueuse sensorielle située dans la cavité nasale. Par la suite, ces molécules se dissolvent dans un milieu aqueux, le mucus, avant d'atteindre les membranes des cellules sensorielles (milieu lipidique). Aussi, parmi les conditions physico-chimiques que les molécules odorantes doivent nécessairement

satisfaire pour induire la perception d'odeurs figurent : 1) une bonne solubilité dans l'eau et les graisses ; 2) un faible poids moléculaire ; 3) la capacité d'établir des liaisons de faible énergie (car réversibles) avec leur récepteur. Ces conditions sont réunies pour un très grand nombre de molécules (naturelles ou synthétisées) : ainsi, de dix à cent mille substances sont qualifiées d'odorantes.

1.1. Un sens utile à l'humain et relié à son état d'esprit

On confond souvent la nature d'un objet ou d'une sensation et sa représentation mentale. Cela s'applique au sens olfactif. On parle souvent d'odeur quand on parle de molécule chimique, alors qu'en fait, l'odeur n'est pas dans le verre de vin, elle est dans notre tête.

1. www.pasteur.fr

Cette représentation mentale naît d'une stimulation olfactive selon deux trajets bien distincts. En effet, le bouquet d'un bon vin tient autant à la perception que l'on peut avoir à partir des odeurs perçues en sentant le liquide dans notre verre (voie dite ortho-nasale) que la perception des arômes libérés par le liquide contenu dans la bouche (voie rétro-nasale) (*Figure 1*).

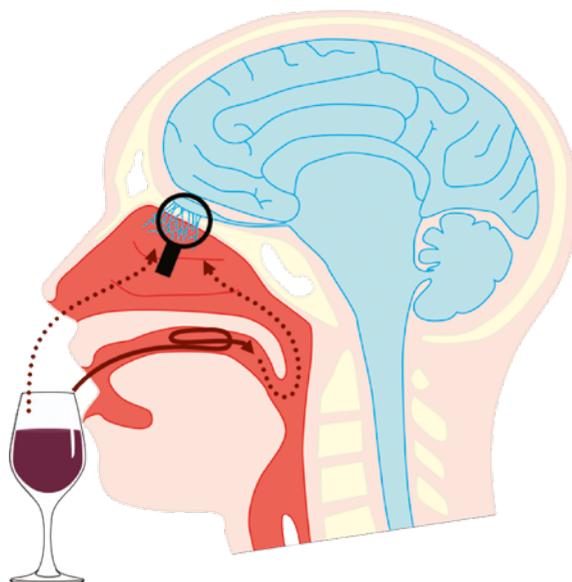
1.2. Un sens instinctif, puissant et fonctionnel dès l'embryon

L'idée très fautive selon laquelle le sens olfactif humain n'est pas important – « un sens dégradé » – est complètement battue en brèche par les études scientifiques modernes qui le réhabilitent. Aujourd'hui, le sens olfactif est même promu à l'état d'outil pour la médecine

Figure 1

Le bouquet d'un verre de vin, fruit de l'analyse par le cerveau de stimulations gustatives et olfactives.

La voie ortho-nasale correspond au trajet des molécules odorantes de la narine à l'épithélium olfactif qui tapisse la cavité nasale (flèche de gauche provenant du verre), tandis que la voie rétro-nasale associe une sensation olfactive aux sensations gustatives lorsqu'un aliment est ingéré, les deux mécanismes se différenciant l'un de l'autre par la nature de la voie empruntée pour l'obtention des sensations olfactives.



LE SENS OLFACTIF COMME OUTIL POUR LA MÉDECINE

Dans trois centres cliniques, les centres psychiatriques de Saint-Anne, de Créteil ou du Kremlin-Bicêtre à Paris, nous avons mis au point des tests pour mesurer l'acuité et les performances olfactives. D'autres centres hospitaliers recherchent au travers de tests olfactifs des marqueurs pour *diagnostiquer les maladies neurodégénératives**, bien plus tôt qu'on ne peut le faire avec toutes les formes d'imagerie disponibles pour accéder à l'imagerie mentale.

Avec la psychiatrie, l'objectif est de *diagnostiquer des troubles de l'humeur*. Cette pratique rencontre l'idée que derrière le sens chimique se cache le bien-être mental. Effectivement derrière des troubles de l'olfaction on peut diagnostiquer des troubles de l'humeur. Grâce à l'utilisation de critères olfactifs, on peut mesurer, sur une échelle de 0 à 10, la sévérité du trouble de l'humeur : anxiété, stress chronique, dépression, burn-out. Cette méthode est de plus en plus répandue.

* Maladie neurodégénérative : pathologie se caractérisant par des lésions, souvent irréversibles, sur le cerveau, le système nerveux, la moelle épinière, etc.

(**Encart: «Le sens olfactif comme outil pour la médecine»**).

On sait aujourd'hui que l'odorat se met en place dès la formation de l'embryon, bien avant la naissance (**Figure 2**). Il forme donc l'avant-garde de la sensorialité du sujet. Ainsi, il est remarquable de constater que les voies de l'odorat dans le cerveau sont les plus précocement ouvertes durant le développement de l'organisme (que l'on nomme ontogenèse) ; elles offrent au nourrisson l'occasion de sa confrontation inaugurale avec le monde. Le nouveau-né est capable de reconnaître dans l'odeur du lait de sa mère des composés sentis durant sa vie fœtale. Un continuum peut donc être établi à travers le placenta puis lors de l'allaitement. Le nouveau-né garde un souvenir olfactif du premier milieu dans lequel il baigne, c'est-à-dire le liquide amniotique. Nul doute que tous les comportements fondamentaux de l'espèce qui seront transmis du nouveau-né à l'adulte demeurent profondément associés aux signaux

olfactifs précoces. Lorsque le nouveau-né sera expulsé, confronté au monde extérieur, il sera alimenté par le colostrum² et ne subira pas de rupture olfactive. Ce qu'il va retrouver dans le lait maternel, c'est ce qu'il a connu comme ingrédients dans le placenta.

Chez la maman, on sait par ailleurs très bien que le lien materno-infantile est établi très tôt par le canal olfactif, comme peut l'illustrer le jugement de Salomon (**Figure 3**) : rappelons que lorsque le roi Salomon s'apprête à couper en deux le bébé dont deux femmes se disputent la maternité afin qu'elles puissent repartir chacune avec une moitié, la véritable mère qui reconnaît son bébé par l'odorat s'écrit : « *Ah non, ce n'est pas le mien !* » afin que ce nourrisson échappe à une mort certaine. C'est ainsi que Salomon put reconnaître la véritable mère de l'usurpatrice.

2. Colostrum : liquide de couleur jaune, sécrété par la maman avant la montée du lait.



Figure 2

L'embryon et le fœtus, des êtres vivants déjà capables de perceptions olfactives.

Sources : Fotolia.com - unlimit3d, Sebastian Kaulitzki.



Figure 3

Le jugement de Salomon est un mythe où le lien olfactif materno-infantile peut avoir permis à une mère de reconnaître son enfant sans ambiguïté.

Source : Wikipédia, licence CC-NY-SA-3.0, User:Fb78.



Figure 4

L'odorat est un sens culturel et un leitmotiv artistique.
Tableau de Hans Makart (1872-1879).



Figure 7

La démocratisation des odeurs au Siècle des Lumières.
Habit de parfumeur,
de Nicolas de Larmassin.



Figure 5

L'Égypte Antique, une civilisation dans laquelle les odeurs faisaient partie intégrante des coutumes et de la mythologie.

1.3. Un sens culturel et historique

L'Histoire montre que le sens olfactif a été indispensable pour former les sociétés (Figure 4).

Les Égyptiens (Figure 5), déjà, communiquaient au travers des odeurs. C'était une façon de communiquer avec ceux qui avaient quitté la Terre et se trouvaient dans « l'au-Delà ». Il en reste quelque chose : le terme parfum usité aujourd'hui provient du terme *perfume* (par la fumée).

À l'ère de la Chrétienté (Figure 6), au Moyen-Âge, il y a eu répression, non pas du sens olfactif seulement, mais de la sensorialité en général.



Figure 8

Les fragrances au XIX^e siècle, des mixtures conservées dans des récipients raffinés.



Figure 6

La Chrétienté a longtemps réprimé la sensorialité.
L'expulsion d'Adam et Ève,
Devonshire collection, Chatsworth,
The Bridgeman Art Library.

On pourrait percevoir une renaissance de la sphère olfactive dès le Moyen-Âge, mais ce qui est remarquable, c'est le véritable renouveau des odeurs qui survient au XVIII^e siècle, le Siècle des Lumières (Figure 7). Des sortes de marchands d'odeur déambulent dans les villes et proposent tissus et fragrances.

Le XIX^e siècle sera probablement l'apogée de cette culture qui lie des liens très étroits avec les odeurs, avec tous ces récipients que l'on fabrique alors pour contenir des molécules odorantes (Figure 8). Mais un frein va y être apporté.

Sur le plan scientifique, l'idée que l'olfaction humaine est un sens appauvri est un mythe du XIX^e siècle. C'est le célèbre neuro-anatomiste français Paul Broca (1824-1880), père spirituel de Sigmund Freud, qui le premier a désigné l'olfaction comme « un sens inutile pour l'humain » (Figure 9A). Broca a comparé

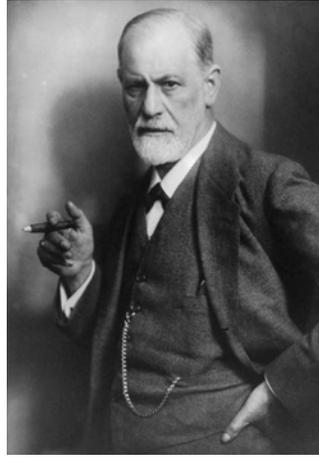


Figure 9

Paul Broca (1824-1880) puis Sigmund Freud (1856-1939), avec sa théorie du refoulement, ont contribué à disqualifier le sens olfactif.

l'anatomie du système olfactif de l'homme et de différentes espèces. Il s'est notamment intéressé à l'anatomie du bulbe olfactif, qui est la première région du cerveau à traiter l'information olfactive. En 1879, Broca observe que chez l'homme, le bulbe olfactif était relativement petit. De plus, nos comportements semblaient bien moins dictés par les odeurs que ceux des autres mammifères. Broca en a déduit que la taille réduite de nos bulbes olfactifs était associée à l'expression de notre libre-arbitre, assuré par nos lobes frontaux. Déjà à son époque, le philosophe Kant ne considérait-il pas le nez comme un organe « contraire à la liberté » ?

Freud viendra développer ses théories sur le refoulement (Figure 9B), que nous aurions tous, au quotidien, de façon à quitter l'animalité et devenir des êtres humains. Pour ce faire, l'odorat, trop animal, serait négligé, abandonné, pour privilégier d'autres modalités sensorielles, et notamment le visuel. Ce refoulement permettrait à

l'humain de s'épanouir en animal social, d'accepter certains codes notamment appuyés sur le langage ou par le visuel, pour favoriser ainsi la relation à l'Autre. On réfrènerait ainsi l'olfactif considéré comme un sens archaïque, important pour la survie du sujet mais contraire à l'établissement de liens sociaux.

Cette thèse s'est même nourrie, un temps, de la théorie de Darwin. À la fin du XIX^e siècle, alors que les études d'anatomie et de physiologie³ comparées étaient à la mode, on portait sur des planches anatomiques les cerveaux de différentes espèces pour les comparer entre eux. La Figure 10 montre une comparaison des territoires qui reçoivent directement les informations issues de la cavité nasale (région bleue qui dénote le bulbe olfactif). Par cette comparaison, on s'aperçoit qu'en effet, plus on s'approche des primates et

3. Physiologie : branche de la biologie qui étudie les fonctions et les propriétés des organes et des tissus des êtres vivants.

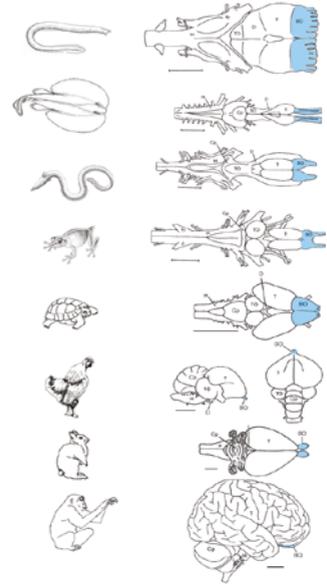


Figure 10

À la fin du XIX^e siècle, la variation du rapport des territoires dédiés à l'olfaction sur l'ensemble des territoires disponibles a été un indicateur, au cours de l'évolution, de l'importance accordée à l'olfaction.

plus la taille du bulbe olfactif se réduit, suggérant ainsi une certaine régression du sens olfactif lors du passage des invertébrés aux vertébrés.

Ce n'est qu'au début du ^{xxi} siècle que l'on a compris que ce raisonnement était erroné. Les travaux de phénoménologie⁴ de l'olfaction ont expliqué que ce n'est pas la taille de la partie concernée du cerveau qui compte mais le nombre de neurones dédiés au sens olfactif. La disqualification de l'olfaction n'avait donc plus lieu d'être. De fait, nous savons aujourd'hui que nos bulbes olfactifs contiennent autant de neurones que ceux des autres mammifères.

1.4. Un sens analysé et compris que récemment

Le lien entre le stimulus qui excite le cerveau et la sensation perçue par le sujet se fait selon un « code ». Newton a ainsi découvert le code de la couleur : notre cerveau sait si nous sommes exposés à une lumière bleue, verte ou rouge, en fonction de la position des cellules sensorielles qui sont stimulées. Il en est de même pour l'audition, le goût ou le toucher. Il y a, dans toutes ces modalités sensorielles, un code très simple (**Figure 11**) : le cerveau peut coder l'information qui nous parvient de l'extérieur en fonction de la position de la cellule sensorielle qui aura été activée par cette même stimulation ; il s'agit donc d'un codage spatial.

4. Phénoménologie : étude descriptive de la succession des phénomènes et/ou d'ensembles de phénomènes.

Cependant, lorsque l'on étudie l'olfaction, on s'aperçoit qu'il n'existe pas de disposition spatiale particulière des différents récepteurs dans l'épithélium olfactif.

Les récepteurs pour une même molécule odorante sont dispersés de manière aléatoire sur la surface de la muqueuse. En revanche, les projections de l'épithélium olfactif vers le bulbe olfactif semblent se faire selon une organisation précise. L'odeur s'inscrit donc matériellement dans la surface sensorielle olfactive comme l'image tactile d'un objet s'inscrit à la surface de la peau. Seulement, dans le cas de l'image olfactive, les deux dimensions de la surface sensorielle ne reproduisent pas les dimensions spatiales du stimulus, qui ne possède pas de telles dimensions. En fait, l'espace ne structure en rien la sensation olfactive. L'image olfactive n'est donc pas la projection physique du monde olfactif sur l'organe mais plutôt un codage de position qui utilise les dimensions spatiales de l'épithélium pour représenter des dimensions non spatiales du stimulant.

2 La perception et l'analyse des sensations olfactives : des mécanismes complexes

Les mécanismes de la perception et de l'analyse des sensations sont complexes, et leur compréhension fait appel à de nombreux domaines scientifiques comme la biologie moléculaire, la biologie cellulaire, la neurophysiologie, la biophysique, la biochimie ou l'éthologie.

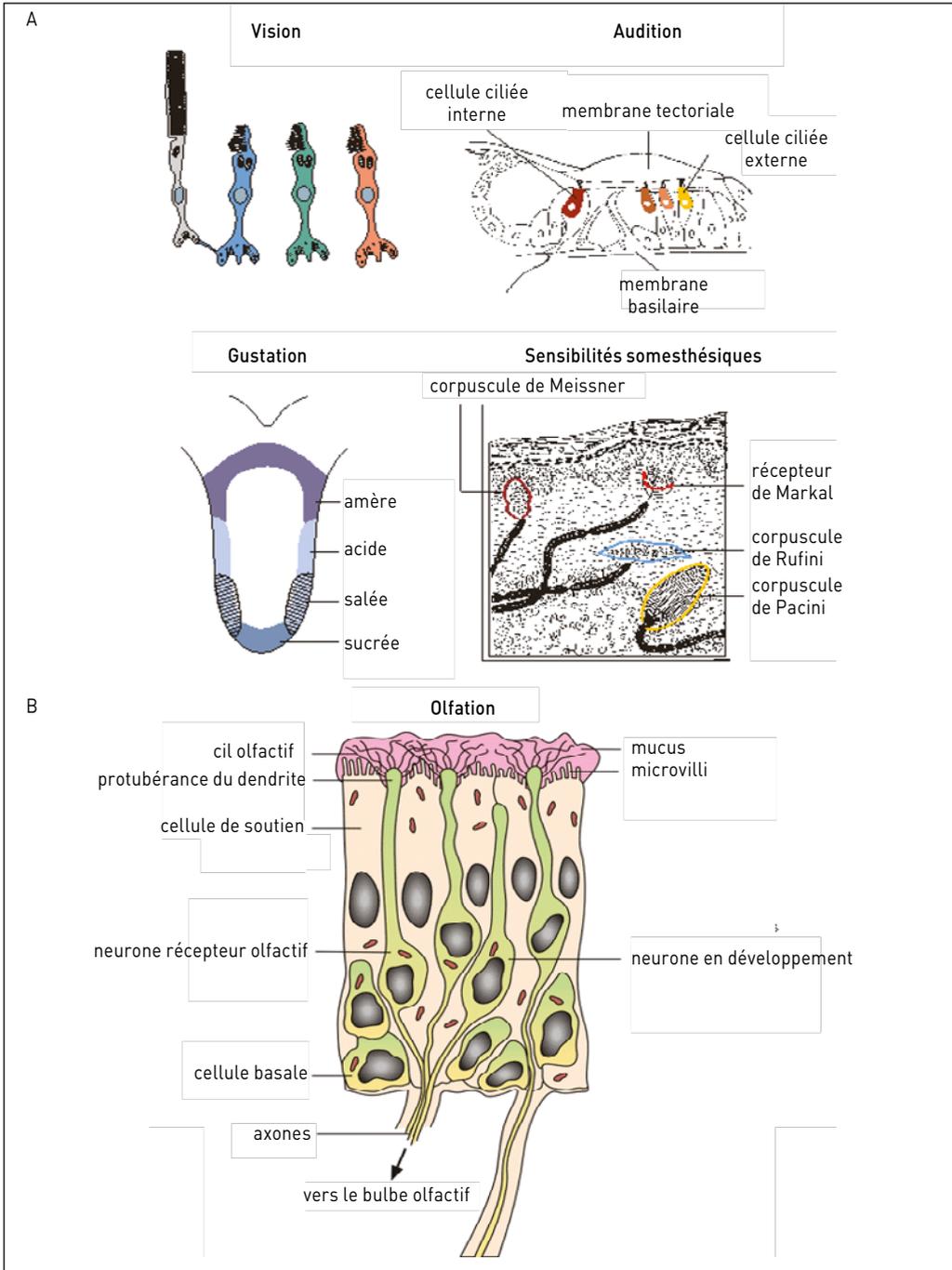


Figure 11

A) La vision, l'audition, la gustation et les sensations somesthésiques sont des modalités sensorielles répondant à un code spatial, issu du repérage, par le cerveau, de la cellule sensorielle activée par la stimulation ; B) l'odorat est un sens pour lequel l'obtention d'une représentation spatiale des perceptions reçues n'est pas immédiate puisqu'un grand nombre de récepteurs sont activés plus ou moins spécifiquement.

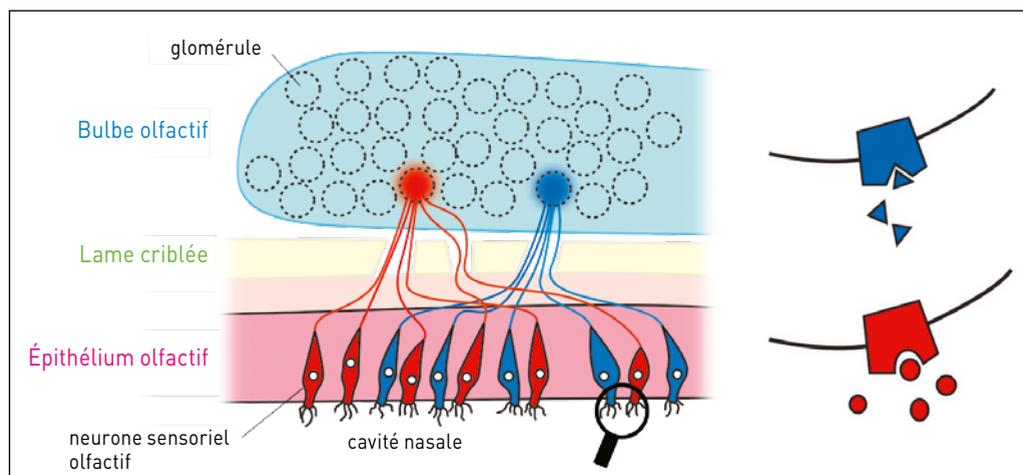


Figure 12

Les récepteurs olfactifs : les « serrures » de l'odorat. Les récepteurs olfactifs de l'odorat sont des cellules terminées par des cils, qui détectent les molécules volatiles.

2.1. La biologie moléculaire, pour comprendre la nature de nos récepteurs olfactifs

La cavité nasale est tapissée de cellules sensorielles qui comportent des cils (*Figures 11 et 12*).

Un grand nombre de molécules appartenant à des familles chimiques très différentes sont des stimuli olfactifs potentiels. Très généralement, ces stimuli sont des molécules organiques produites par le métabolisme des animaux et des végétaux, parfois issus de la transformation par des micro-organismes. Celles-ci sont ensuite transportées en phase gazeuse jusqu'à l'épithélium olfactif. Fait remarquable, aucun caractère physico-chimique ne permet avec certitude d'attribuer le statut de « *molécule odorante* » à un composé. Pour être olfactivement active, une molécule doit être volatile afin d'atteindre une concentration

suffisante dans l'air qui pénètre les fosses nasales. Le poids moléculaire d'une substance odorante est donc un facteur important. Un poids trop élevé s'accompagne d'une trop faible tension de vapeur de la molécule, mais un poids trop faible ne permet pas à la molécule de s'associer de façon optimale à son récepteur. D'autres paramètres physiques comme la capacité à donner ou à recevoir des liaisons hydrogène, la polarisabilité électronique, la solubilité dans les lipides, conditionnent l'aptitude des molécules à activer l'organe sensoriel. Puisque les conditions physico-chimiques à remplir pour qu'une molécule soit perçue olfactivement ne sont pas drastiques, nous sommes capables de percevoir olfactivement jusqu'à cent mille molécules.

Contrairement à la longueur d'onde pour l'audition ou la

vision, la stimulation olfactive n'est pas un paramètre physique qui varie de façon continue. L'espace olfactif est plutôt représenté par la combinaison stérique particulière de groupements atomiques. Le stimulus olfactif est constitué par une molécule ou, plus exactement, par la configuration tridimensionnelle des sites de liaisons de faible énergie que la molécule-ligand est capable de réaliser avec son récepteur. Les travaux de Richard Axel et Linda Buck (prix Nobel de physiologie ou médecine en 2004) nous ont appris que la réception d'une substance odorante par son récepteur est essentiellement une affaire de reconnaissance moléculaire. Le stimulus ne peut, de ce fait, être caractérisé physiquement par un unique paramètre variant de façon continue comme peut l'être la longueur d'onde pour les stimuli auditifs et visuels. Comme nous le décrirons, les propriétés moléculaires pertinentes sont très nombreuses et, de plus, interactives. On dira donc que l'espace des stimuli olfactifs⁵ est multidimensionnel. Ce dernier est représenté par la combinaison stérique particulière de groupements atomiques qualifiée d'odotope, par analogie avec un épitope, déterminant immunologique. En somme, les découvertes de Richard Axel et Linda Buck nous

5. La notion d'espace des stimuli olfactifs est utilisée pour désigner l'ensemble organisé des molécules qui agissent sur l'organe olfactif. C'est une notion formelle qui présente un intérêt pour la comparaison avec les autres systèmes sensoriels.

apprennent que le système olfactif se distingue nettement des autres systèmes sensoriels. Il s'apparente davantage au système immunitaire qui, comme lui, utilise une grande diversité de molécules afin de reconnaître, puis neutraliser, les innombrables antigènes présents dans la nature.

Une molécule odorante peut donc interagir avec plusieurs récepteurs ; placée devant les 400 récepteurs olfactifs, elle interagira avec un grand nombre d'entre eux. Notre nez reconnaît en permanence plusieurs molécules qui vont activer plusieurs récepteurs (Figure 13). Une odeur est faite d'un grand nombre de molécules et chacune de ces molécules excite un grand nombre de récepteurs. Pour donner du sens à ce monde chimique, le cerveau utilise une approche combinatoire.

Le fonctionnement de la rétine est une référence importante pour comprendre

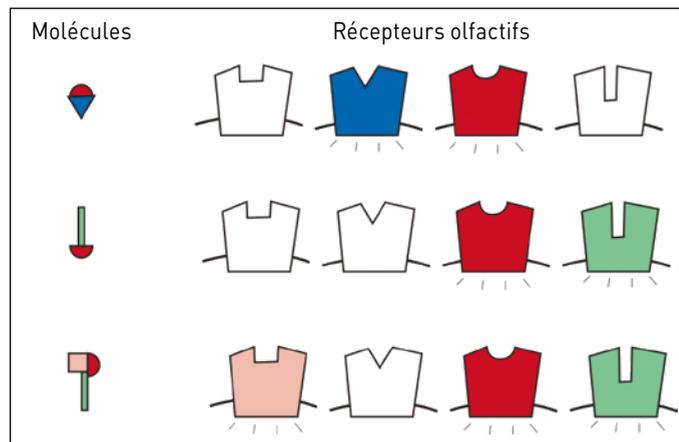


Figure 13

Le codage combinatoire des odeurs. La reconnaissance des molécules chimiques par les cils des récepteurs est un mécanisme analogue à celui d'une clé correspondant à une serrure, pour un motif constitutif donné.

Figure 14

A) La vue est un sens permettant le discernement d'un million de couleurs à partir de trois pigments ; B) l'odorat est capable, à partir de 400 récepteurs différents, de permettre la reconnaissance de plusieurs milliards de molécules chimiques !

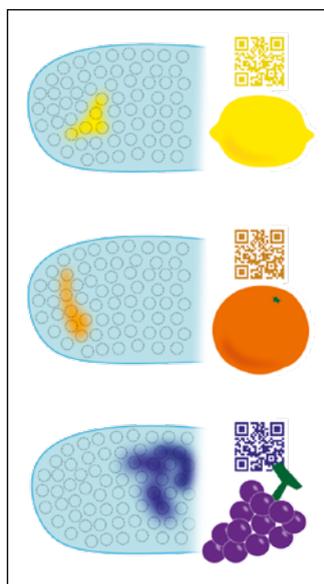
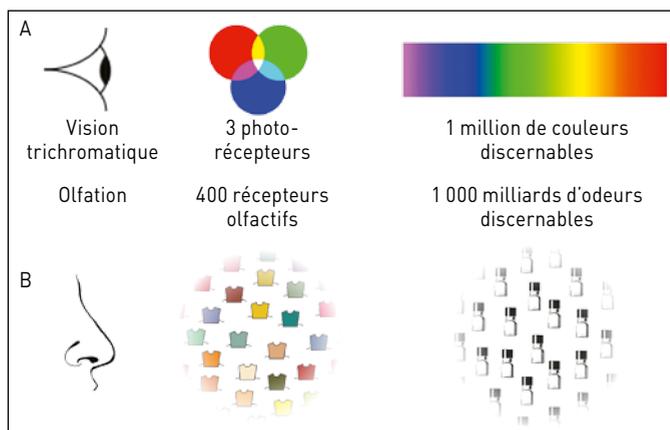


Figure 15

Exemples de « cartes olfactives ». Les représentations mentales des sensations olfactives traduisent des cartes dynamiques constituées par la stimulation d'une combinaison de neurones activés simultanément (code couleur). Le cerveau permet la recombinaison des sensations olfactives reçues, et compare les odeurs en comparant les cartes. La formation de ces cartes est également utile pour conserver une trace mnésique de nos expériences sensorielles.

le jeu des récepteurs. À partir de la vision trichromatique (de trois pigments), on perçoit toute une palette d'environ un million de couleurs (Figure 14A). Avec les 400 récepteurs du système olfactif, en extrapolant, on peut estimer que nous sommes capables de reconnaître, en théorie au moins, plusieurs milliards de molécules chimiques (Figure 14B). Donc, sens archaïque, l'olfaction ? On va voir qu'il s'agit plutôt d'un sens très précis, qui reconnaît les molécules chimiques en nombre quasi infini, moins restreint que le monde visuel.

2.2. Le code spatial de l'olfaction, un code complexe

Le fonctionnement des cellules sensorielles, tel qu'il est schématisé sur la Figure 12, montre comment il se concilie avec la représentation spatiale qui relie le stimulus initial du récepteur à la stimulation du cerveau. Les multiples récepteurs sensoriels analogues de l'épithélium

sont liés au même neurone olfactif et convergent vers un territoire précis du bulbe olfactif ; ils contribuent à la construction d'une carte. Le cerveau va saisir l'excitation, provoquée par exemple par le menthol⁶, seulement par la position précise dans le cerveau de l'activation de certains neurones.

Mais il ne s'agit encore là que de la première étape de la perception du signal olfactif. Les molécules en fait reconnaissent non pas un récepteur, mais une combinaison de récepteurs. L'information fournie au cerveau est donc décomposée comme un code barre en plusieurs lignes. Plusieurs points vont être sollicités par exemple par l'odeur de citron, plusieurs autres par l'odeur de mandarine, d'autres régions vont être activées par le raisin (Figure 15). L'ensemble des régions activées constitue finalement une « carte olfactive » plus ou moins grande et qui sera « dynamique »,

6. Menthol : molécule que l'on trouve dans l'essence de menthe poivrée.

dépendant par exemple de la concentration et de l'expérience du sujet vis-à-vis de cette même odeur complexe.

Ces cartes donnent naissance à des « représentations mentales » (voir plus loin), qui dépendent des caractéristiques de chaque individu. Elles sont le substrat physique de la mémoire car même en l'absence de stimulation, elles peuvent se réactiver.

Pour résumer, nous avons une première série de signaux qui décompose le monde extérieur sous forme de cartes portées par le bulbe olfactif. Ces informations sont ensuite transférées au cortex olfactif (recomposition) sous formes codées (qui rappellent les codes barres) où est traitée l'information olfactive produisant une représentation mentale (Figure 16).

Du fait de cette décomposition suivie d'une recombinaison, il faut considérer le sens olfactif comme un

sens holistique⁷ : nous ne décortiquons pas, quand nous sentons la fraise, les 200 ou les 300 composés odorants individuels qu'elle contient, nous disons : « ça sent la fraise » – il y a une synthèse qui est faite et nous sentons un « tout » plutôt que la somme des parties. Cette synthèse se fait dans les structures cérébrales (cortex olfactif) placées juste après le premier relais central (Figure 16C). C'est là où se joue la recombinaison, et c'est là où nous sommes tous uniques puisque cette reconstruction se fait en fonction de trois dimensions du sujet : ses expériences passées, son état affectif au moment où il perçoit cette sensation, et ses attentes (cerveau projectif).

7. Holistique : issue du grec *holos* signifiant entier, propriété qui considère le corps ou la spécificité comme faisant partie d'un tout, d'un ensemble.

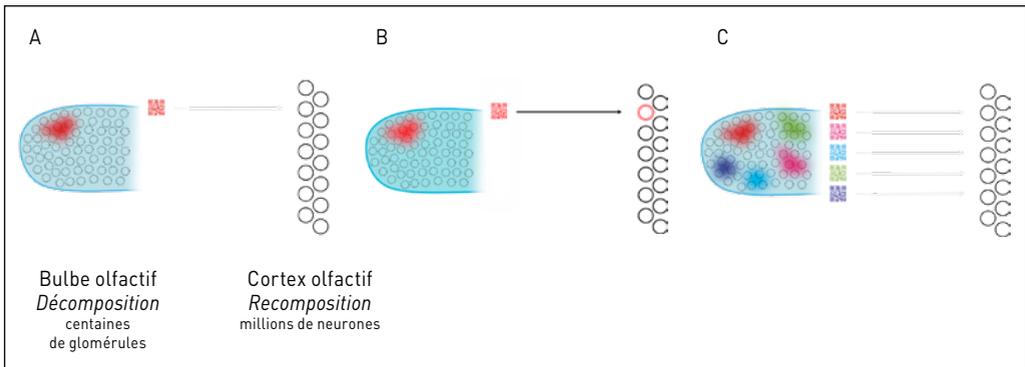


Figure 16

A) La « décomposition » est la première étape vers l'élaboration d'une représentation mentale à partir des stimulations olfactives perçues ; B) la « recombinaison » permet en retour d'associer l'activation d'un territoire donné du bulbe olfactif à un type de représentation mentale ; ceci va permettre l'identification de la sensation olfactive analysée ; C) l'analyse des cartes mentales est synthétique, et s'effectue dès que les représentations mentales sont obtenues.

2.3. L'analyse des perceptions olfactives : de la représentation mentale au jugement des sensations perçues

La représentation mentale d'une odeur est affaire de l'histoire du sujet, peut-être d'acquis génétiques, mais surtout de son vécu (Figure 17A). L'analyse des cartes mentales se fait de façon synthétique, par un processus dit de synthèse corticale⁸ (Figure 17B).

Notre cerveau enregistre des cartes dynamiques olfactives et, en fonction de ses paramètres personnels, construit les représentations olfactives mentales. Ensuite, il leur affecte des valences : « j'aime » ou « je n'aime pas ». C'est la première réaction que l'on a devant une nouvelle odeur ; avant de dire « ça sent ceci, ou cela », c'est d'abord : « j'aime » ou « je n'aime pas » (Figure 18). Incidemment,

c'est une des raisons pour laquelle on utilise les tests olfactifs dans le monde de la clinique psychiatrique ; c'est une façon puissante de pénétrer dans le monde affectif d'une personne où règne le « j'aime » ou « je n'aime pas », qualifié d'hédonisme, de plaisir, etc. Rappelons que l'odorat joue un rôle majeur dans notre orientation hédonique vers les odeurs positives, florales, esthétiques et surtout alimentaires où, associées au goût (salé, sucré, acide, amer), elles contribuent à l'appréciation et à l'identification des aliments.

2.4. Les représentations mentales de l'olfaction et la formation dynamique des cartes olfactives sont spécifiques à chacun

Les représentations mentales des odeurs dépendent de l'expérience du sujet, de son vécu, de ses apprentissages, car les cartes sensorielles sont dynamiques, elles s'enrichissent

8. Synthèse corticale : synthèse effectuée dans l'aire corticale, qui gère notamment les perceptions sensibles conscientes.

Figure 17

A) L'analyse des cartes mentales est propre à chaque individu ; B) l'analyse des cartes mentales se fait par synthèse corticale, et cette analyse va ensuite être envoyée à d'autres territoires cérébraux comme ceux qui sont relatifs aux émotions.

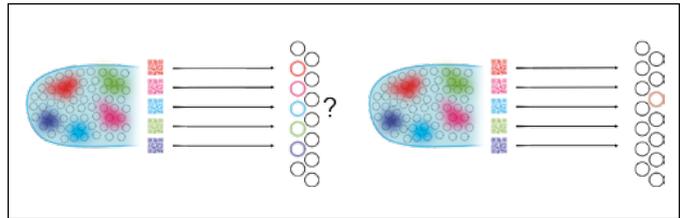
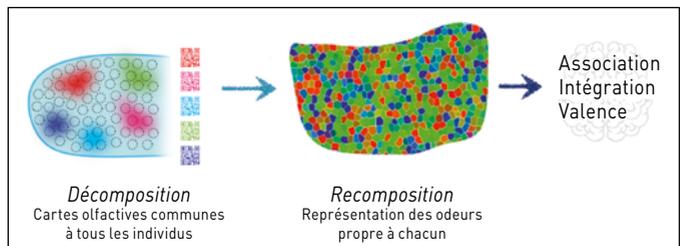
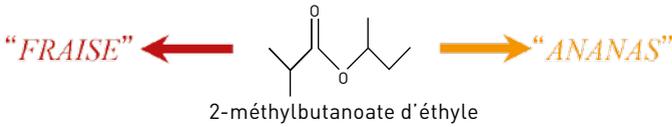


Figure 18

A) L'appréciation de l'odeur analysée est effectuée de manière spontanée par le sujet. Le processus mental associé donne accès à la perception du plaisir par le sujet, et peut être utilisé en clinique.





lorsque différents territoires cérébraux s'activent successivement. La plasticité cérébrale⁹ joue un grand rôle dans ces processus, stimulée par l'expérience de chacun et la dimension culturelle qui le caractérise. Devant un échantillon de 2-méthylbutanoate d'éthyle (Figure 19), certains lèveront la main en disant : « ça sent la fraise », et d'autres : « ça sent l'ananas », et ce, sans ambiguïté.

3 La voie empruntée par les stimulations olfactives dans le cerveau : une voie singulière et novatrice

3.1. Sentir, remémorer, apprécier une odeur : que se passe-t-il dans le cerveau ?

L'imagerie cérébrale permet de visualiser les régions du cerveau qui s'excitent quand on ressent telle ou telle odeur. Un des apports des études d'imagerie a été de mettre en évidence le fait que les territoires cérébraux mis en jeu sont les mêmes quand on ressent une odeur ou quand on se souvient d'une expérience antérieure. C'est la « madeleine de Proust » refaite en version scientifique. Ces observations sont un outil pour comprendre

la mémorisation des odeurs. Elles sont une clé, plus généralement, pour étudier toutes les questions que l'on se pose sur les mécanismes cérébraux de l'olfaction.

3.2. La valence d'appréciation, un jugement effectué simultanément avec la reconnaissance de l'odeur

Derrière ce qu'on pourrait penser être des réactions affectives, résumées en olfaction par le « concept de valence », se trouvent aussi des mécanismes cérébraux. Pour commander les jugements comme « j'aime » ou « je n'aime pas », ce sont des territoires cérébraux différents qui interviennent (Figure 20). Ces territoires sont engagés avec d'autres structures qui apprécient l'intensité, l'échelle, du signal olfactif en jeu.

L'expérience (en cuisine, en parfumerie...) nous a appris que les appréciations des goûts dépendent beaucoup des échelles d'intensité. Pour certaines substances concentrées, comme la putrescine¹⁰ ou les polyamines¹¹ : la réaction est aversive, mais à de très basses concentrations, éventuellement infinitésimales ; elles apportent des

10. Putrescine : substance organique qui se forme dans la putréfaction des cadavres.

11. Polyamine : molécule composée de plusieurs groupes amine (-NH₂), qui donnent à la molécule une odeur désagréable et âcre.

Figure 19

Le 2-méthylbutanoate d'éthyle est un exemple de molécule volatile dont l'appréciation est fonction du sujet : goût de frais pour les uns, goût d'ananas pour d'autres.

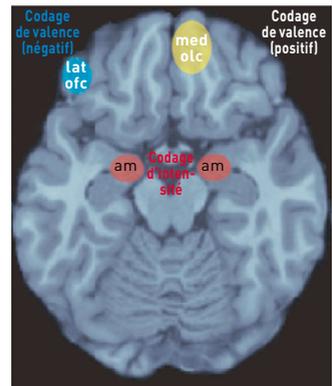


Figure 20

À chaque type de valence est associée une stimulation cérébrale différente.

9. Plasticité cérébrale : concept qui décrit la capacité du cerveau à se remodeler et à se réorganiser de manière interne en fonction du vécu, des traumatismes, etc.

notes qu'on ne rejettera pas – on déroute l'information vers « j'aime ».

En collaboration avec les œnologues de Bordeaux, on a cherché à identifier les images mentales qui naissent dans la tête d'un sommelier. La première chose qui frappe est que la perception d'un bouquet dans la bouche stimule une myriade de territoires cérébraux. Certains peuvent avoir rapport avec le souvenir de l'odeur de la cave, de la maison, du fruit, peut-être du château qu'on a déjà vu. Les territoires cérébraux mis en jeu par la perception du goût ou de l'olfaction sont multiples et contingents ; l'expertise ou l'apprentissage peut bien sûr les modifier.

3.3. La dualité voie consciente/voie inconsciente empruntée par le sens olfactif

Les modalités sensorielles utilisent, pour pénétrer dans le cerveau, un chemin à deux voies. La stimulation initiale fait parvenir l'information dans une zone du cerveau située au centre de celui-ci que l'on nomme thalamus et qui sert de « gare de triage ». De là, cette information parvient au cortex¹² où elle génère une « représentation

mentale », et peut-être un souvenir. Pour toutes les sensations (sauf l'olfaction), il faut, pour ce processus, que le sujet soit éveillé et conscient ; s'il est endormi, l'information venant de la « gare de triage » ne parviendra jamais au cortex (**Figure 21**). Selon la seconde voie, l'information sensorielle sera transférée à d'autres structures impliquées dans la genèse de nos émotions.

L'odorat plus que tout autre sens a partie liée avec la mémoire. Il suffit d'évoquer à ce propos le rôle des souvenirs olfactifs dans la genèse des comportements fondamentaux de l'espèce comme la reproduction ou l'alimentation, et de rappeler que les structures nerveuses qualifiées de « rhinencéphaliques » sont au cœur des processus mnésiques dans notre cerveau. Que des images visuelles du présent évoquent des images du passé, quoi de plus naturel ! La mémoire des êtres visuels que nous sommes est chargée d'une infinité d'images que nous évoquons sans effort et sans surprise. Plus rare est la rencontre d'une odeur qui ne convoque pas seulement le souvenir d'une sensation identique mais d'un moment du passé avec un cortège de représentations multisensorielles, voire même d'affects. Pour les humains, les odeurs sont en quelque sorte des signes qui renvoient à d'autres objets du monde (la source de ces odeurs le plus souvent).

Cette forte intrication entre odeur et mémoire provient, entre autres, du cheminement assez particulier du

12. Cortex : d'origine latine qui signifie écorce, le cortex est aussi appelé matière grise ou substance grise. C'est la couche la plus externe du cerveau d'une épaisseur d'environ 5 millimètres, qui recouvre les hémisphères cérébraux. Contrairement aux régions sous-corticales, les neurones du cortex se définissent par des neurones disposés en six couches superposées.

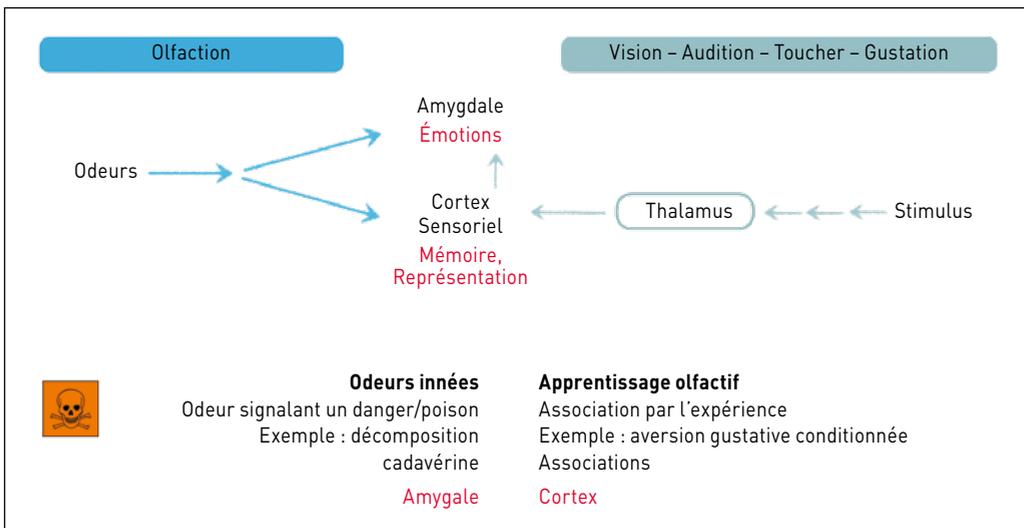
message odorant. Celui-ci n'est pas relayé par le thalamus. L'information odorante passe directement des fosses nasales aux circuits diffus de la mémoire et de l'émotion, sans aucun relais ni représentation directe dans le cortex cérébral. Notre cerveau est donc organisé de telle manière que, percevant une odeur, il éveille une impression diffuse, mise en forme par un souvenir. On comprend mieux pourquoi l'olfaction qui active les circuits d'un tiers du cerveau et s'associe à toutes les représentations a si mauvaise réputation : il s'agit d'une pénétration réelle qui évoque tout ce qu'il y a de délicieusement trouble dans notre intimité.

L'impact de la perception d'une odeur est parfois inconscient. C'est ce qui explique la capacité innée des humains de répondre à des odeurs, même en dormant. Si un feu se déclare dans notre appartement, nous serons réveillés et nous pourrons alors nous enfuir.

Même en dormant, vous pouvez aider quelqu'un qui souhaite arrêter de fumer, simplement en exposant ses narines pendant qu'il dort, à l'odeur de tabac dans un contexte particulier. Ainsi, en 2014, l'équipe de Noam Sobel, à l'Institut Weizmann (Israël), en a livré une preuve frappante. L'étude a été réalisée chez 66 volontaires qui voulaient arrêter de fumer. Pendant qu'ils dormaient, les chercheurs ont diffusé près d'eux une odeur de tabac, suivie de l'exposition à une autre odeur, celle de la putrescine, universellement reconnue comme extrêmement aversive. En une seule nuit, ce conditionnement olfactif, dont ces personnes n'ont gardé aucun souvenir, a permis de diminuer leur consommation tabagique de 30 %. Ainsi, comme l'affirmait Nietzsche « *Tout mon génie est dans mes narines* ». C'est le pouvoir magique des odeurs, d'agir aussi bien sur la sphère consciente que sur

Figure 21

Le stimulus olfactif se distingue des autres stimuli. Il emprunte une voie « innée » d'accès au centre des émotions sans passer par le thalamus.



nos comportements et choix inconscients !

3.4. Accéder au vécu par l'analyse des stimulations olfactives perçues ?

Quand nous sentons, nous avons cette capacité de stimuler plusieurs territoires cérébraux simultanément : d'une part, enfouie au cœur de notre cerveau, la région qui gère nos émotions que l'on nomme système limbique¹³, et d'autre part la région qui fait que consciemment on peut identifier ce que l'on sent, réaliser par exemple qu'une odeur est associée à une récompense, l'autre à une punition. En somme, lorsque nous sentons une rose, ces deux voies sont sollicitées simultanément.

L'odeur perçue consciemment parvient à des territoires orbitaux-frontaux¹⁴, situés dans la partie avant du cerveau, qui, incidemment, est celle qui qualifie l'humain car c'est elle qui nous engage dans le futur : le désir siège dans ces lobes frontaux. C'est une machine qui fait en permanence des calculs sur le futur (ce qu'on appelle, une « machine bayésienne¹⁵ » : « *si tu fais ça, tu auras ça* »). Selon cette vision, l'activité de notre cerveau peut se définir par un biologisme non déterministe

13. Système limbique : ensemble de territoires cérébraux jouant un grand rôle dans la mémoire et les réactions comportementales d'ordre social.

14. Territoire orbital-frontal : région du cortex cérébral jouant un rôle important sur la prise de décision.

15. Machine bayésienne : machine dont le fonctionnement est basé sur des évaluations de probabilité et l'établissement d'hypothèses.

qui repose sur les inférences bayésiennes, c'est-à-dire l'utilisation des probabilités et du raisonnement inductif.

On notera en passant que l'hémisphère gauche de notre cerveau est celui dédié à l'initiation du langage, tandis que la destinée des informations olfactives est l'hémisphère droit. D'où la difficulté de verbaliser les odeurs et donc la nécessité de recourir à la métaphore. Si un sommelier dit : « *ben ce vin, il y a le goût des fruits de bois, etc., etc.* », en fait, il est en train d'utiliser des métaphores, il n'est pas capable de vous dire : « *ça sent l'aldéhyde avec sept carbones* », par exemple. Il est très difficile de pouvoir verbaliser nos sensations olfactives.

En bout de chaîne des processus qui concourent à traiter l'information sensorielle, sont notamment les systèmes de la récompense qui sont les centres qui nous invitent à recommencer nos actions ou nos expériences. Pour cela, ces centres gèrent la genèse du plaisir.

3.5. Des échanges internes d'information au sein du cerveau

La différence entre les **Figures 22A** et **22B** est la présence, dans la seconde, de flux allers-retours entre les différentes régions du cerveau impliquées par les informations sensorielles olfactives. Ainsi, le cerveau ne doit plus être considéré comme un simple organe où l'information pénètre de l'extérieur vers l'intérieur en suivant des trajets ascendants. La majeure

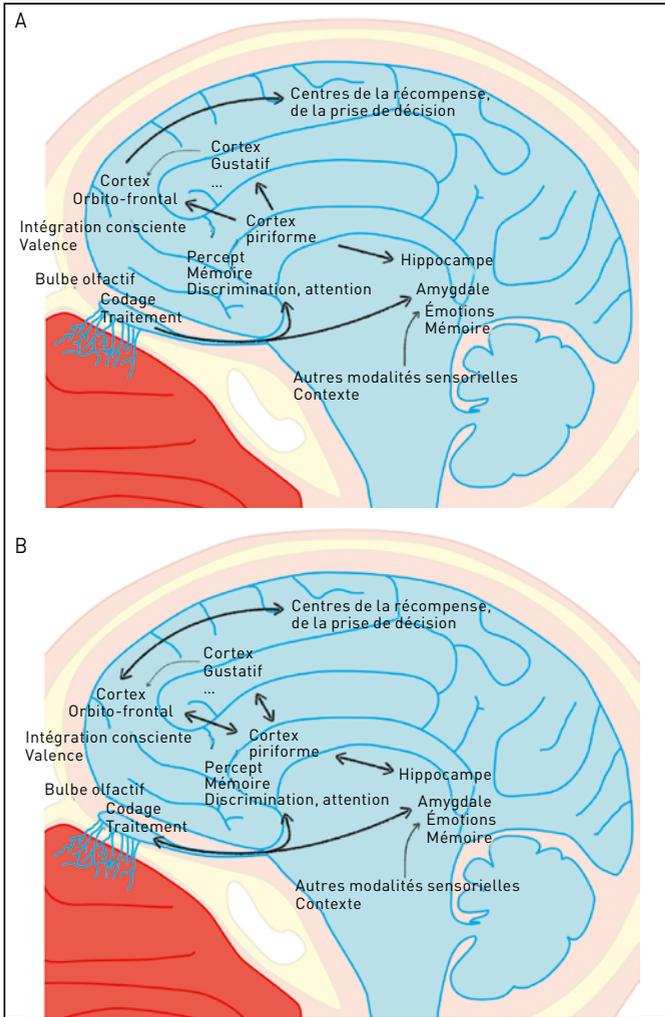


Figure 22

De la carte olfactive à la mémoire des odeurs. A) Les informations sensorielles olfactives vont exciter de nombreux territoires cérébraux ; B) un processus d'interaction en allers-retours entre informations sensorielles incidentes et informations stockées (expériences passées) construit les émotions et la mémoire olfactives.

partie de l'activité mentale vient en fait, de façon spontanée, par des échanges d'intérieur à intérieur, et donne ainsi du sens aux informations qui proviennent de l'extérieur.

Avant de sentir un objet, on le voit et on a déjà des attentes. L'objet est en fait un percept¹⁶.

16. Percept : entité cognitive, constituée d'un ensemble d'informations sélectionnées et structurées en fonction de l'expérience antérieure, et qui sont mobilisées dans une perception particulière.

Le premier relais de l'information dans le cerveau sera autant impacté par ce que l'on sent dans ses narines que par l'attente du cerveau vis-à-vis de cette odeur : le cerveau participe activement à la construction des images mentales.

Tout cela est illustré par d'intéressantes expériences qui montrent combien on peut tromper notre sens olfactif. Par exemple : on fait sentir du vin blanc à des œnologues,

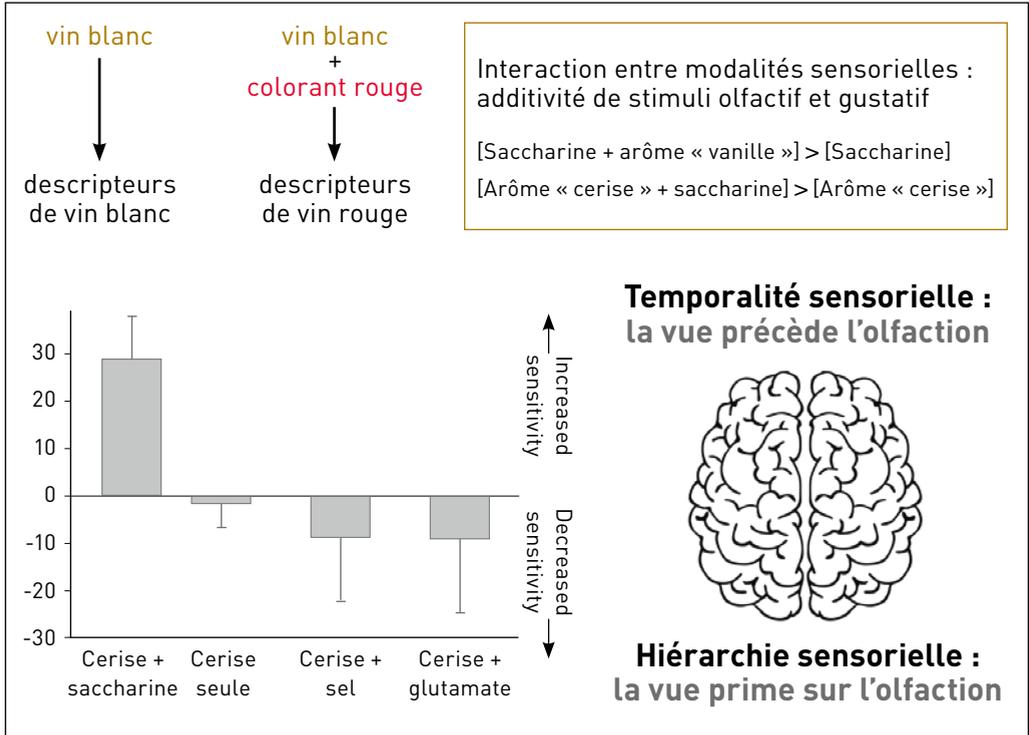


Figure 23

Les interactions entre modalités sensorielles peuvent induire un changement radical de la perception. Des hiérarchies existent entre sens. On voit ainsi comme la vue détermine le ressenti olfactif.

puis dans un second temps, on introduit dans ce même vin blanc un peu de poudre colorée sans goût. Quand le verre contient le vin blanc, les premiers descripteurs qui arrivent à l'esprit des œnologues, c'est la vanille, le beurre, la noix de coco. Et puis après coloration, d'un seul coup les descripteurs du vin changent radicalement et deviennent plutôt ceux attribués aux fruits rouges. Pourtant il s'agit du même vin !

Le sens olfactif se construit avec d'autres modalités sensorielles. Bien sûr, la vue précède l'olfaction (Figure 23A) et notre sens olfactif peut se tromper parce qu'il y a

co-construction qui ne peut s'affranchir des impressions d'autres sens, comme le visuel par exemple. En fait, il existe une véritable hiérarchie sensorielle que des expériences permettent de révéler : on montre par exemple que l'arôme de la cerise associé à la saccharine¹⁷ a toujours le goût de cerise, mais l'arôme de la cerise associé au sel ou au glutamate¹⁸ perd

17. Saccharine : édulcorant artificiel, c'est-à-dire une molécule conférant une saveur sucrée. C'est le premier édulcorant artificiel ayant été synthétisé.

18. Glutamate : molécule issue de l'acide glutamique, qui est un acide aminé neurotransmetteur.

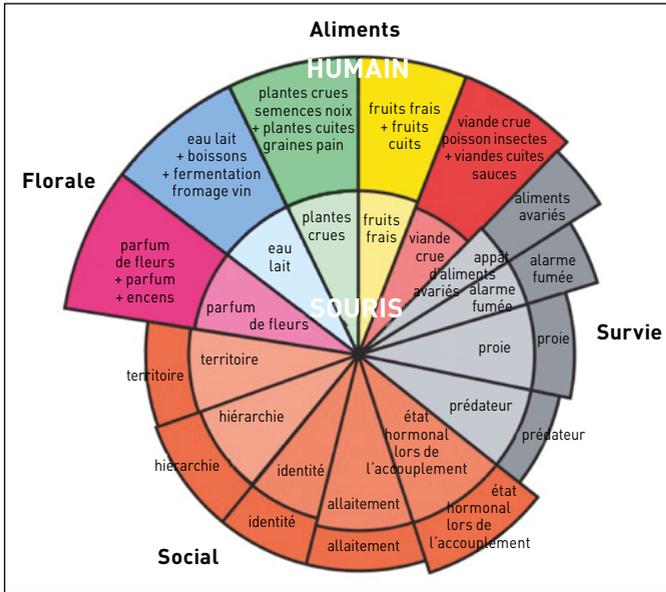


Figure 24

L'importance accordée au sens olfactif et la diversité de ses utilisations varie selon l'espèce considérée, de la souris à l'homme.

totalemment le goût de la cerise (Figure 23B).

3.6. Un sens éminemment social

L'histogramme de la Figure 24 compare les situations des humains avec celles des rongeurs en ce qui concerne l'olfaction. On voit pour les humains l'importance de la dimension sociale, telle que représentée ici par l'alimentation. On peut en l'occurrence renvoyer à Claude Levy-Strauss, et en particulier à son ouvrage intitulé *Le cuit et le Cru*, où il montre combien l'invention du feu et de la cuisson a été un

événement fédérateur pour que la société puisse émerger, et que lorsque vous partagez un plat, c'est un moment où l'on échange socialement, où l'on partage nos émotions : « j'aime » ou « je n'aime pas », « ça sent ces herbes », etc.

On voit aussi l'importance pour la survie où l'olfaction donne des signaux d'alerte : une femme enceinte refusera un plat où elle considère que la viande est avariée. Son seuil de détection a été modifié sous l'action de certaines hormones, pour assurer la survie, non pas peut-être de la maman, mais surtout de l'embryon ou du fœtus qu'elle porte en elle.

L'olfaction : un sens majeur et méconnu !

Ce chapitre a pour objectif de rétablir la place du sens olfactif pour l'homme, en dépit de l'ancienne réputation qui le considère comme un sens mineur.

Laissons la conclusion à Michel de Montaigne : « *Quelque odeur que ce soit, c'est merveille comme elle s'attache à moy, et combien j'ay la peau preste à s'en abreuver. Celuy qui se plaint de nature, de quoy elle a laissé l'homme sans instrument à porter les senteurs au nez, a tort : car elles s'y portent d'elles mesmes. Mais à moy particulièrement, les moustaches, que j'ay pleines, m'en servent : si j'en approche mes gans ou mon mouchoir, l'odeur y tiendra tout un jour ; elles accusent le lieu d'où je viens. Les estroits baisers de la jeunesse, savoureux et gourmans, s'y colloient autrefois et s'y tenoient plusieurs heures après.* » M. Montaigne, dans *Les Essais*, I, LVI.