

## **L'univers olfactif : une exploration de l'invisible.**

**Thierry BRASSAC**  
**Espace de Culture Scientifique**  
**Université des Sciences**  
**Montpellier**

**MOTS CLES :** OLFACTION, COMMUNICATION CHIMIQUE, CULTURE, EDUCATION.

**RESUME :** Analyse des potentialités pédagogiques de l'étude de l'odorat : un sujet privilégié de transmission de multiples notions de biologie (évolution, neurobiologie, communication chimique...).

**ABSTRACT :** Overview of pedagogic opportunities related to Olfaction : a convenient subject to teach many biology topics (evolution, neurobiology, chemical communication...).

Lecteur, as-tu quelquefois respiré  
Avec ivresse et lente gourmandise  
Ce grain d'encens qui remplit une église,  
Ou d'un sachet le musc invétéré ? [...]

*Le Parfum, Charles Baudelaire*

## 1. INTRODUCTION.



Ce dessin de Quino illustre à merveille la nature énigmatique du concept de communication chimique chez l'homme. Nous émettons et recevons de l'information grâce à des molécules chimiques de manière permanente, mais quelle conscience en avons-nous, et quelle capacité d'interprétation de ces messages sommes-nous capables de réaliser?

Depuis 60 millions d'années, les primates se sont mis à développer considérablement leurs capacités sensorielles et sont progressivement devenus des prédateurs visuels. Pour repérer des fruits et se déplacer dans les arbres, l'odorat va progressivement jouer un rôle secondaire mais essentiel.



## 2. LE MONDE DES ODEURS ET DE LA COMMUNICATION OLFACTIVE.

La communication olfactive est toutefois, de manière évidente, une modalité sensorielle qu'il est impossible de négliger dans le monde animal ; elle peut véhiculer des signaux de nature extrêmement différents.

A titre d'exemple, il peut s'agir de :

**(i) communication alimentaire :** les dialogues chimiques entre insectes et fleurs en sont l'archétype. Un champignon (le clathre), produit une gelée à odeur fétide qui attire irrésistiblement certaines mouches afin qu'elles disséminent ses spores. Les fruits des arbres ne deviennent généralement odorants que lorsqu'ils sont prêts à être consommés. Les fruits (ovules non fécondés) du gingko Biloba tombés à terre dégagent une odeur repoussante de fermentation (acide butyrique) : ceci évite qu'ils ne soient consommés avant que la fécondation de l'ovule ait eu lieu. Par ailleurs, les nourrissons reconnaissent dès la naissance l'identité olfactive du lait maternel.

**(ii) communication émotionnelle :** les personnes ayant peur des chiens sont par exemple les plus susceptibles de se faire mordre ; il s'agit d'une erreur d'analyse olfactive des chiens qui interprètent les signaux de panique émis comme étant de l'agressivité.

**(iii) communication territoriale :** les chats domestiques se frottent sur les jambes de leur maître uniquement pour y déposer leur odeur afin de les marquer comme faisant partie de leur territoire. Les habitudes de marquage de territoire des félins domestiques ne sont pas à démontrer, et peuvent même induire la radicale « diminution » chirurgicale des animaux afin de faire cesser ce comportement.

**(iv) communication sexuelle :** celle-ci semble la plus évidente ; la belette peut détecter une femelle à 3km ; les cochons femelles sont attirés par l'odeur d'hormone sexuelle mâle que dégagent les truffes ; les souris sont capable de déterminer le patrimoine génétique de leurs partenaires sexuels afin de ne s'accoupler qu'avec les plus complémentaires et d'engendrer ainsi une descendance vigoureuse. Il est scientifiquement prouvé que les femmes synchronisent leurs cycles d'ovulation lorsqu'elles vivent en collectivité. Ce phénomène a pour support des molécules émises par la transpiration.

On a récemment identifié un récepteur olfactif exprimé dans la muqueuse nasale mais aussi présent sur les spermatozoïdes humains. Un ligand de ce récepteur (le bourgeonnal, odeur présente dans les extraits de muguet) a la capacité d'accélérer et d'orienter le déplacement des spermatozoïdes. Il est suggéré que l'ovule utilise des molécules semblables (pour le moment inconnues) afin d'attirer « olfactivement » les spermatozoïdes.

**(v) communication stratégique :** certaines araignées synthétisent des phéromones sexuelles de papillon pour attirer les mâles dans leurs toiles. La tique est alertée de la présence de mammifères par l'odeur de l'acide butyrique, présent dans leur transpiration. Les abeilles déposent de l'acétate d'isoamyle (odeur de banane et phéromone d'alarme et d'agressivité) lors de leurs piqûres afin de signaler à leurs semblables la présence d'un individu dangereux. Les mouffettes (skunks) et les punaises se défendent par des odeurs agressives, et les mongols harnachent leurs chevaux des plus sales de leurs chaussettes pour les protéger des attaques nocturnes des loups.

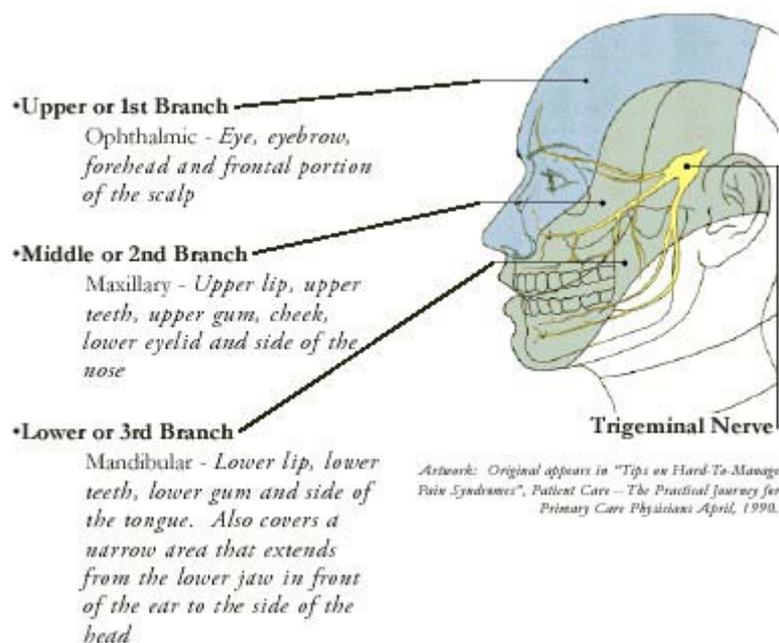


**Le langage des odeurs** se révèle avoir un lexique très pauvre ; Pour tout un chacun, deux catégories d'odeurs semblent co-exister : les odeurs agréables et les odeurs repoussantes. La mise en mots d'une impression olfactive est excessivement difficile : il suffit pour s'en rendre compte de tenter de

décrire verbalement une odeur de framboise, d'anis ou de miel. Pour décrire des odeurs, une stratégie consiste à utiliser des adjectifs faisant appel à d'autres modalités sensorielles : on peut ainsi parler d'odeurs pointues, lourdes, moelleuses, grinçantes, vertes, acidulées ou sucrées... Les professionnels de la parfumerie ont déterminé 7 odeurs fondamentales qui sont utilisées pour classer les compositions parfumées : orientale, chypre, cuir, hespéridée, fougère, boisée et florale.

Il est important de noter les **synergies sensorielles** qui s'opèrent dans la sphère bucco-nasale ; les odeurs représentent environ 75% de la sensation gustative (phénomène évident en cas de rhume ou lorsque l'on mange tout en se bouchant le nez). Les aliments pénètrent dans la cavité buccale, s'humidifient et se réchauffent avant de progresser vers la muqueuse olfactive via la voie rétro-nasale. Certaines odeurs (fraise, vanille) ont un pouvoir sucrant, et influencent l'évaluation du contenu en sucre lors de tests d'analyse sensorielle. Si l'on odorise la nourriture de rats de laboratoires, ceux-ci vont s'habituer à ce paramètre. Lorsque l'on diminue expérimentalement la quantité d'odorant ajouté aux rations alimentaires, les animaux vont augmenter leur prise de nourriture. Il semble donc y avoir un « compteur » de stimulations olfactives qui régule la prise de nourriture.

Des composés stimulent également la **voie trigéminal**, responsable de la sensation d'irritation, qui détecte les molécules lors de leur passage dans la muqueuse nasale (moutarde, ammoniacque, soufre, poivre, nicotine...). D'autres composés peuvent interagir avec les récepteurs du froid (menthol) ou de la chaleur/acidité (capsaïcine du piment).

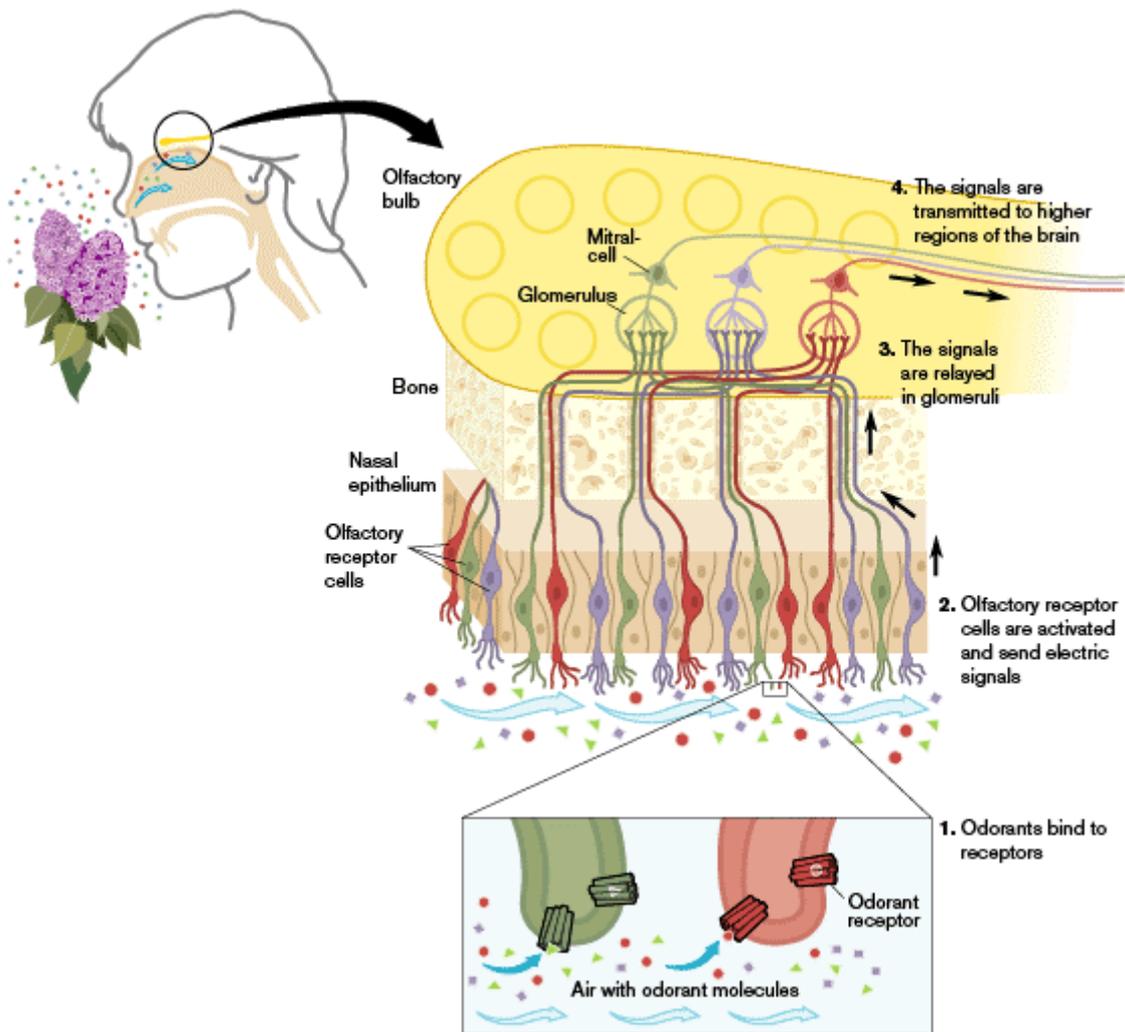


Un exemple frappant d'interaction sensorielle entre la vision et l'odorat est l'expérience de coloration artificielle de vin blanc par des molécules rouges (inodores et insipides). Les descripteurs utilisés pour caractériser le vin blanc (litchi, pamplemousse, pêche, miel) correspondent majoritairement à des objets clairs, contrairement à ceux utilisés pour définir les vins rouges (chocolat, griotte, cannelle). L'utilisation de vin « maquillé » induit par conséquent des erreurs de jugement, y compris chez les spécialistes de la dégustation.

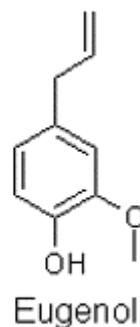
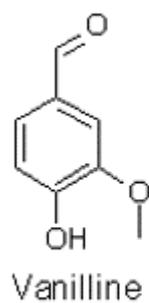
La capacité de reconnaissance de mélanges d'odeurs est tout à fait réduite pour un individu non entraîné. Des mélanges très simples peuvent éventuellement être analysés comme l'arôme artificiel de pistache qui est composé de benzaldéhyde (odeur d'amande) et de vanilline. Au delà d'un mélange bi-moléculaire, l'exercice se complexifie rapidement. Seuls les professionnels entraînés peuvent prédire la qualité olfactive d'un mélange de composés dont on connaît individuellement les odeurs respectives. La complexité olfactive des mélanges peut se comprendre aisément à l'aide de l'exemple de l'eau de rose ; composé d'environ 400 molécules, 7 d'entre elles représentent 83% de l'odeur. Parmi celles-ci, une molécule ultra-minoritaire (0.14% du poids total) est responsable de 70% de l'odeur de rose.

Les neurones olfactifs sont les seuls en contact avec le milieu extérieur : un bout de notre cerveau « renifle » directement les odeurs au niveau de notre muqueuse nasale. Ces neurones sont en régénération constante. Ils ont une durée de vie d'environ 30 jours. A l'extrémité de ces neurones, des cils membranaires portent les récepteurs olfactifs. Ces protéines ne sont connues que depuis les années 1990, grâce aux travaux de Linda Buck et Richard Axel. Cette découverte majeure (récompensée par l'attribution du prix Nobel de médecine en 2004), permet de révéler la plus grande famille de gènes de l'organisme humain ; sur le millier de gènes de récepteurs répertoriés, seulement 350 sont fonctionnels et exprimés à la surface des neurones olfactifs. Ils nous permettent de discriminer non moins de 10 000 odeurs distinctes. Chaque neurone olfactif ne comporte qu'un seul type de récepteur à sa surface.

L'interaction entre les molécules olfactives et leurs récepteurs est codée de façon floue : un même récepteur va fixer des molécules dont la structure chimique peut être très différente, et une molécule olfactive donnée se fixera sur plusieurs récepteurs différents. Il y a d'une part une sélectivité qualitative des récepteurs qui dépend de la structure des molécules, et d'autre part un effet quantitatif : les divers récepteurs ont un seuil d'activation variable pour une même molécule odorante. A titre d'exemple, le camphre active 10% des récepteurs à faible concentration et 90% des récepteurs à plus forte concentration.



Il est étonnant de remarquer que la structure de la vanilline et de l'eugénoïl (odeur de clou de girofle) sont très similaires, bien que l'impression olfactive qu'ils procurent soit tout à fait distincte. Par ces quelques précisions, on remarquera que les règles d'interaction entre les molécules olfactives et les récepteurs sont loin d'être comprises.



Les caractéristiques essentielles des récepteurs olfactifs sont :

(i) une **sensibilité exceptionnelle** : jusqu'à 10 000 fois supérieure à celle du goût, bien supérieure à la plupart des « nez » électroniques ; l'homme peut détecter 0.00019 ppm (parties par millions) d'éthyl mercaptan (odeur de chou pourri utilisée pour odoriser artificiellement le gaz de ville), et 0.000026 ppm de thiophénol (odeur d'aïl).

(ii) un **pouvoir discriminatoire** important : la taille de certaines molécules influe sur leur odeur (un aldehyde peut sentir la pêche ou la noix de coco en fonction du nombre d'atomes de carbone dont il est constitué). Quelquefois, la fonction chimique de la molécule est caractéristique d'un type d'odeurs (les odeurs d'agrumes révèlent la présence d'esters). Les énantiomères (molécules dont l'unique différence réside dans la symétrie spatiale) peuvent être discriminées dans certains cas : la carvone est le constituant principal de l'huile essentielle de carvi (épice proche du cumin utilisé en Afrique du Nord). Son image dans un miroir (énantiomère) a l'odeur caractéristique de la menthe verte (reconnue généralement comme l'arôme artificiel de chewing-gum à la chlorophylle). La discrimination des énantiomères, bien qu'étant un procédé très subtil, peut donc être effectué dans certains cas par les récepteurs olfactifs.

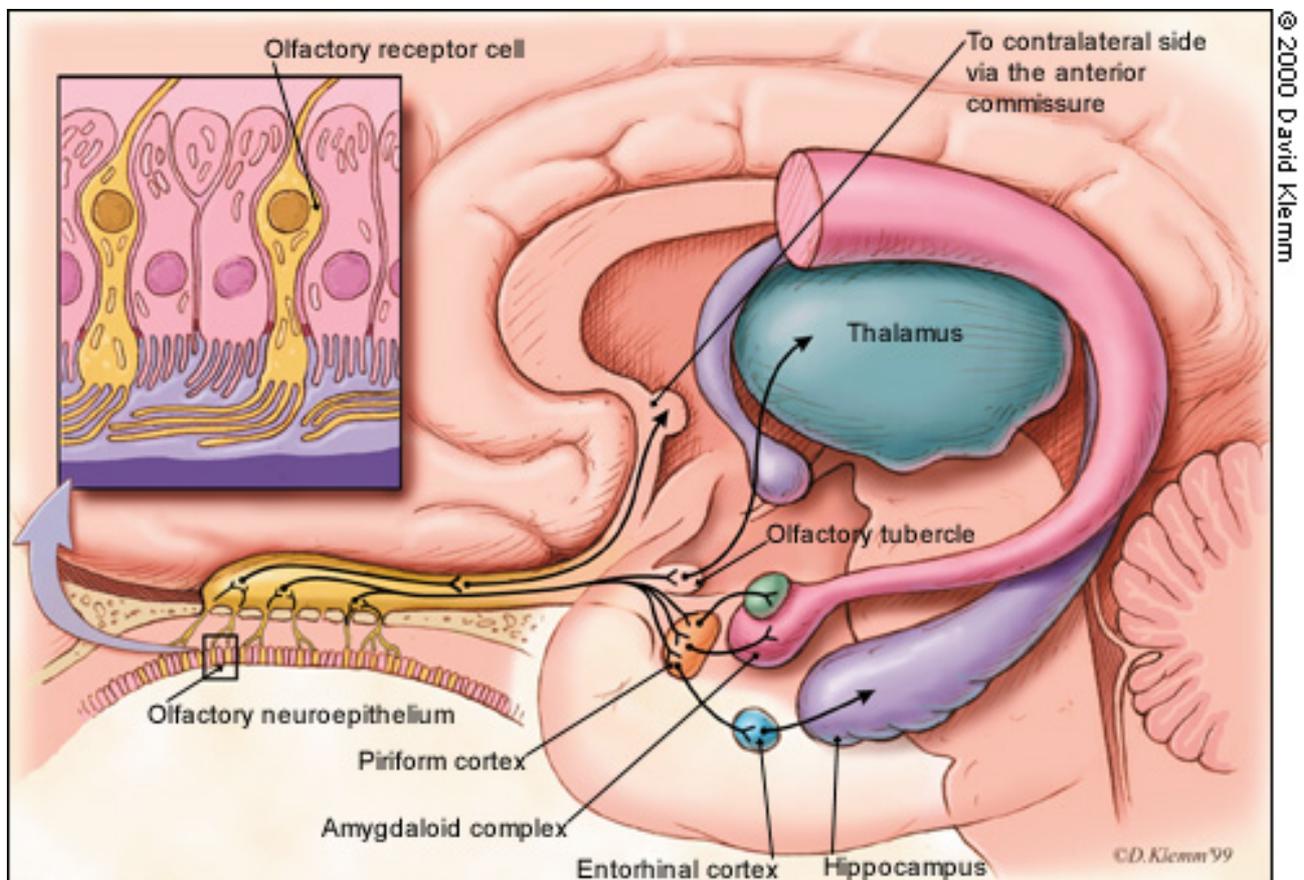


Lorsque qu'une molécule d'odeur se fixe sur son récepteur, celui-ci s'active et engendre l'ouverture de canaux à ions membranaires (ou micro vannes électrochimiques), qui vont entraîner la naissance d'un influx nerveux. En fonction de la nature des molécules, le délai d'activation, la fréquence des influx électriques et la durée de l'activation sont variables. Ces paramètres constituent la base du codage de l'information olfactive qui circule à destination du cerveau via des fibres nerveuses à conduction lente. Ces fibres se connectent directement au système limbique (amygdale, thalamus, hippocampe) avant même de se connecter à un cortex particulier : le rhinencéphale (« cerveau du nez » qui constitue la quasi majorité du cortex des mammifères non primates).

Les caractéristiques du système limbique sont :

(i) la **mémorisation holistique** : les odeurs sont encodées comme un tout fortement contextualisé (exemple de la madeleine de Proust), de manière très stable dans le temps et ce, dès la première confrontation. Ceci explique la forte capacité des odeurs à réveiller des souvenirs enfouis, même s'ils sont difficiles à verbaliser. Les souvenirs olfactifs peuvent ressusciter avec fidélité et force l'intégralité d'une ambiance surgissant soudainement du passé d'un individu. Dans des tests de verbalisation d'odeurs très courantes (vanille, agrumes, menthe, camphre...), on n'obtient en moyenne qu'une identification très médiocre de l'ordre de 50%. Les liens entre le cerveau limbique (fonctions primitives et non logiques) et le cortex (verbalisation) sont en effet très ténus.

(ii) la **puissance émotionnelle** : le système limbique régit les fonctions primordiales des mammifères (recherche d'aliments, de partenaires sexuels, instinct de conservation). Les émotions sont un moyen privilégié de piloter et diriger la survie de l'espèce par l'inflexion des comportements individuels. Il est bien connu que les odeurs ont une capacité tout à fait remarquable de modulation de nos états émotionnels. Ce qui sent bon nous procure du plaisir (la réciproque étant vraie). D'autre part, l'odeur de fauves fait partie intégrante de l'éveil émotionnel et du plaisir que nous ressentons à fréquenter zoos et cirques (si ces lieux sentaient la fraise, ils seraient probablement moins visités).



Les odeurs sont codées dans un espace à deux dimensions dans le cerveau ; les deux « modalités » ou paramètres utilisés sont l'**intensité** et la **valence** (puissance d'attraction positive ou négative). L'intensité de l'odeur active proportionnellement l'amygdale ; deux régions du cortex orbito-frontal s'activent en fonction de la qualité hédonique accordée aux odeurs : l'hémisphère gauche réagit aux odeurs désagréables et l'hémisphère droit aux odeurs agréables. D'autre part, les odeurs ne sont pas traitées de façon tout à fait équivalente dans les deux hémisphères cérébraux. La narine gauche envoie des informations dans l'hémisphère cérébral gauche (contrairement à la vision qui dirige ses connexions de manière contra-latérale). Il apparaît plus aisé de décrire verbalement les émotions engendrées par des odeurs lorsqu'elles sont perçues par la narine gauche. En revanche, nous mémorisons mieux les odeurs perçues par la narine droite. Au cours de notre respiration (et sans en avoir conscience), nous alternons régulièrement le flux d'air dans l'une et l'autre des narines. Il est à noter que les mauvaises odeurs déclenchent une réaction plus violente mais aussi plus fugace que les bonnes odeurs. Ce phénomène d'adaptation est évident dans la vie quotidienne : les boulangers ne perçoivent pas l'odeur de pain chaud que se dégage de leur lieu de travail.

### **3. IMPLICATIONS CULTURELLES ET EDUCATIVES.**

L'étymologie du champ sémantique des mauvaises odeurs nous renvoie directement à des notions d'hygiène et de santé pouvant se résumer ainsi : « ce qui sent bon n'est pas toxique ». Les termes comme miasmes (effluves des maladies infectieuses), empester, malaria (« mauvais air »), puer (être gâté, corrompu), en sont une bonne illustration. Les médecins du Moyen-âge se prémunissaient des relents malsains des malades par des masques dans lesquels l'air était « purifié » par des herbes aromatiques (romarin, lavande, hysope).

Culturellement, depuis la Mésopotamie, le nauséabond est associé aux forces démoniaques et le suave aux divinités bienfaisantes. L'encens est utilisé par toutes les religions du monde comme un moyen privilégié et symbolique d'interaction et de dialogue avec les divinités. En Chine, les paroles et tout ce qui se rapporte au Bouddha sont assimilés à du parfum. Parmi les pratiques spirituelles et esthétiques du Japon, on distingue trois disciplines majeures : la voie du thé, la voie des fleurs et la voie de l'encens. Dans cette dernière, appelée « Kô o kiku » (qui signifie littéralement « écouter l'encens »), on s'attache à respirer de l'encens afin de reconstituer des ambiances éphémères (paysages, œuvres littéraires, saisons...). Une telle séance peut par exemple consister à évoquer le froid de l'hiver avec successivement un encens exprimant le gel, la neige, la glace puis enfin la lune. Les encens japonais sont réputés pour leur subtilité et leur douceur raffinée, contrairement aux encens indiens souvent plus corsés et puissants à base de bois de santal, musc, ambre et patchouli.

Les odeurs axillaires sont un motif de réforme au service militaire au Japon. L'excision des glandes est une pratique relativement courante. L'adaptation génétique au climat fait que les asiatiques transpirent beaucoup moins que les occidentaux de façon générale. Ces derniers sont d'ailleurs qualifiés de Bata Kusai ou « pue le beurre », probablement en raison de l'odeur de beurre rance (acide butyrique) qui émane des sécrétions de la peau suite aux fermentations et transformations bactériennes. Certaines odeurs réprimées dans un contexte social sont au contraire tolérées, voire exacerbées dans un contexte culinaire : c'est le cas pour certains fromages (Munster), fruits (le durian en Asie qui dégage une odeur de vomi) ou pour la viande faisandée.

Comme nous venons de le décrire brièvement, les odeurs constituent une voie privilégiée d'interaction avec les émotions, l'intimité, l'individualité et la mémoire. Les perspectives éducatives de thèmes gravitant autour de la neurobiologie de l'olfaction sont donc multiples. Les matières centrales pouvant exploiter ce domaine sont la biologie (neurobiologie, génétique, alimentation, hygiène), la physique (procédés de nébulisation, détecteurs de fumée, analyse spectrale) et la chimie (extraction, parfums de synthèse, séparations chromatographiques). Le monde des odeurs permet également d'aborder des notions plus transdisciplinaires, élargissant considérablement le champ d'investigations pédagogiques. Il est possible d'envisager d'aborder ces notions au travers le prisme de l'histoire-géographie (la route des épices), de l'écologie (ressources naturelles, pollution de l'air et de l'eau), de l'évolution (interactions plantes/animaux, prédateurs/proies), de l'expression et du développement de la sensibilité artistique (travail sur le langage, poésie, création de parfums, initiation à l'analyse sensorielle).

Il est finalement important de réaliser la part essentielle des odeurs dans notre environnement quotidien ; nous sommes baignés dans un univers olfactif omniprésent, technologique et impossible à éviter : produits ménagers, arômes alimentaires, lieux odorisés (supermarchés, boutiques de luxe, parkings souterrains, stations de métro...), produits cosmétiques... Les odeurs sont utilisées pour modifier notre comportement de multiples manières : les senteurs d'agrumes réduisent le stress des patients des cabinets dentaires, les emballages plastiques peuvent diffuser des odeurs perçues inconsciemment mais favorisant l'achat des produits ainsi conditionnés (odeur de pain chaud pour des grille-pains), certains adoucissants doivent leur succès à l'ajout de musc dans leur formulation, les carburants automobiles sont parfumés à la vanille et aux fruits pour les rendre moins désagréables, le papier à lettre d'agences de voyage peut inviter au voyage par une légère note de monoï, le menthol utilisé dans certaines cigarettes permet d'en diminuer la sensation de nocivité relative à la fumée chaude, des procédés de micro-diffusion vont permettre de produire des sous-vêtements odorants (chaussettes à la menthe...).



#### 4- CONCLUSION.

Devant le double constat de l'ubiquité des odeurs dans notre environnement et de leur faculté particulière à moduler nos comportements, une éducation à l'art de bien sentir peut être le terreau d'une éducation à l'art de bien se sentir. Cette éducation peut également être un moyen d'explorer un espace sensoriel alternatif à l'hyper-stimulation visuelle dont nous faisons l'objet dans notre société de consommation, de spectacle et de communication.

#### BIBLIOGRAPHIE

Marc Spehr et al, Science, 2003, vol 299 p2054-2058 : *Identification of a testicular odorant receptor mediating human sperm chemotaxis* .

Stephan Hamann, 2003, Nature Neuroscience, vol 6 n°2 p: *Nosing in on the emotional brain*.

Garnt B. Dijksterhuis et al, 2002, Brain and cognition, vol50 p 272-281 : *Gender and handedness effects on hedonicity of laterally presented odours*.

Jean-Pierre Royet et Jane Plailly, 2004, chemical senses, vol 29, p 731–745 : *Lateralization of Olfactory Processes*.

F. Brochet, publication de l'Académie Amorim 2001 : *La dégustation : étude des représentations des objets chimiques dans le champ de la conscience*.

André Holley, Editions Odile Jacob, 1999 : *Eloge de l'odorat*.

Sous la direction de Robert Duleau et Jean-Robert Pitte, 1997, Editions l'Harmattan, coll Géographie et cultures : *Géographie des odeurs*.