

CHRONO X SCIENCES

Matthew Cobb

# L'ODORAT

edp sciences

Matthew Cobb

# L'ODORAT

L'odorat est notre sens le plus énigmatique. Que se passe-t-il dans notre cerveau lorsque nous sentons quelque chose ? En quoi les processus olfactifs humains diffèrent-ils de ceux des mammifères, des oiseaux et des insectes ? Pourquoi les odeurs se révèlent-elles plus efficaces que les images pour éveiller des souvenirs ?

Malgré son importance fondamentale dans l'existence des animaux et des humains, notre compréhension scientifique de la façon dont fonctionne l'odorat reste encore aujourd'hui limitée.

Ce livre décrit les toutes dernières recherches scientifiques sur le sujet et explore sa place dans la culture et l'histoire. Il examine également les troubles de l'odorat, et imagine le rôle des odeurs dans un monde robotisé.

Matthew Cobb est professeur de zoologie à l'université de Manchester. Il est diplômé en psychologie et étudie l'odorat des asticots et d'autres animaux depuis plus de trente ans. Depuis 2004, il enseigne à Manchester la communication chimique chez les animaux.

 edp sciences  
[www.edpsciences.org](http://www.edpsciences.org)

ISBN : 978-2-7598-2625-4



9 782759 826254

L'odorat



CHRONO X SCIENCES

# L'odorat

Matthew Cobb

*Traduit de l'anglais par Alan Rodney*

edp sciences

## ChronoSciences

Collection destinée à un large public qui invite le lecteur à découvrir de façon très complète mais de manière abordable un sujet ou une thématique précise.

« Dans la même collection »

*L'Intelligence artificielle*, Margaret A. Boden, mai 2021

*La Théorie quantique*, John Polkinghorne, mai 2021

*Les Marées*, David George Bowers et Emyr Martyn Roberts, juin 2021

*L'Anthropocène*, Erle C. Ellis, octobre 2021

*Smell: a very short introduction, first edition* was originally published in English in 2020. This translation is published by arrangement with Oxford University Press. [*Smell: a very short introduction, first edition* a été initialement publiée en anglais en 2020. Cette traduction est publiée avec l'autorisation d'Oxford University Press.]

© Matthew Cobb, 2020 – © Pour la traduction française, EDP sciences, 2021.

Composition et mise en page : Desk ([www.desk53.com.fr](http://www.desk53.com.fr))

Imprimé en France

ISBN : 978-2-7598-2625-4

Ebook : 978-2-7598-2626-1

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés, réservés pour tous pays. La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (alinéa 1<sup>er</sup> de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du code pénal.



# Sommaire

Remerciements .....	7
1. Comment sentons-nous les odeurs ? .....	9
2. Sentir avec les gènes.....	33
3. Signaux olfactifs.....	55
4. Odorat, localisation et mémoire.....	85
5. Écologie de l'odorat.....	99
6. Odorat et culture.....	119
7. Avenir de l'odorat.....	141
Références bibliographiques .....	155
Lectures supplémentaires.....	161
Index.....	163







## Remerciements

Voilà plus de 30 ans que j'étudie l'odorat, principalement chez les insectes – d'abord au Centre national de la recherche scientifique (CNRS) en région parisienne, puis, depuis 2002, à l'université de Manchester. Au cours de cette période, de nombreux collègues et amis du monde entier m'ont beaucoup appris – dans les laboratoires, lors de conférences, dans leurs livres et articles scientifiques, et lors de discussions informelles. Leur influence collective est perceptible dans les pages qui suivent.

Je tiens à remercier tout particulièrement Tristram Wyatt et Kara Hoover pour leurs commentaires détaillés sur le manuscrit, ainsi que Catherine McCrohan, Krishna Persaud et Leslie Vosshall, tant pour leur aide spécifique que pour leurs nombreuses discussions au fil des ans. Ma longue collaboration de recherche avec Catherine McCrohan – une électrophysiologiste experte – sur l'odorat des asticots a joué un rôle fondamental dans l'élaboration de ma réflexion sur la détection précoce des odeurs. Depuis 2004, j'enseigne à Manchester un cours de dernière année de licence intitulé « Chemical Communication in Animals » [La communication chimique des animaux], qui a été suivi par plus de 1 000 étudiants. Ces jeunes gens m'ont maintenu bien éveillé : en somme une inestimable caisse de résonance pour les idées que je présente ici. Si l'un d'entre vous lit ces lignes aujourd'hui, je lui dis, merci !

Ce livre est dédié à deux amis et collègues : Jean-Marc Jallon (1945-2019), qui m'a poussé à étudier l'olfaction, bien contre mon gré, et le Dr Victoria Henshaw (1971-2014), dont le travail de pionnier sur l'odeur dans les environnements urbains a été une véritable source d'inspiration. Tous deux nous manquent cruellement.

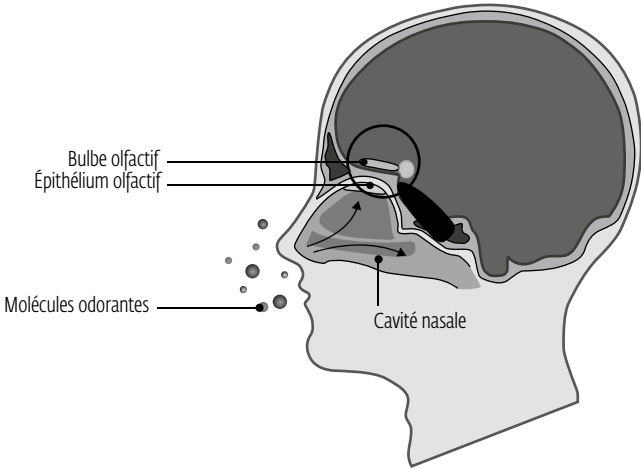


# 1

## Comment sentons-nous les odeurs ?

Quelle est votre odeur préférée ? Assez souvent les gens choisissent le pain qui cuit, le café fraîchement préparé ou le zeste d'orange. Pour ma part, j'opterais pour l'odeur du péttrichor (l'odeur produite par la pluie sur un sol sec), l'odeur vivifiante des forêts de pins ou, surtout, l'odeur chaude et réconfortante de l'arrière de la tête d'un bébé. La perception de chacune de ces odeurs fait revivre les expériences qui leur sont associées, mais d'une manière qui n'est pas aussi riche pour la vision ou le son, par exemple. L'odorat est spécial.

L'odorat – ou l'olfaction, pour lui donner son nom scientifique – est probablement le sens le plus ancien. Les organismes étaient capables de détecter les substances chimiques présentes dans leur environnement et de réagir directement bien avant de pouvoir voir ou toucher, bien que les mécanismes impliqués aient depuis longtemps profondément changé. Les animaux utilisent l'odorat pour toute une série de fonctions essentielles, comme la recherche de nourriture, l'évitement des prédateurs, la localisation d'un abri, trouver un partenaire ou comme élément fondamental de la mémoire. Pour détecter ces odeurs, ils utilisent une variété de structures. Les vertébrés font entrer les odeurs dans leur corps par les narines ou la bouche (cf. figure 1), tandis que les insectes et les crustacés utilisent des antennes pour capter les odeurs (d'autres animaux comme les vers ou les escargots ont des organes spécialisés sur la tête qui remplissent la même fonction). Dans tous les cas, ces organes sont directement reliés au cerveau, ce qui permet à l'animal d'identifier rapidement une odeur et sa localisation, et de réagir de manière appropriée.



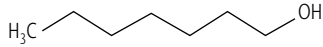
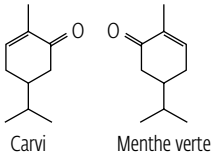
**Fig. 1** ▶ Voici comment nous sentons les odeurs. Les molécules odorantes sont détectées haut dans les fosses nasales, à peu près au niveau de nos yeux.

Malgré son caractère fondamental pour tous les animaux, y compris pour les Hommes, l'odorat reste un sens mystérieux. Nous en savons beaucoup moins sur lui que sur la vision, le toucher, le goût ou l'ouïe. L'énigme de l'olfaction peut être mise en évidence en essayant de décrire une odeur – les mots que nous utilisons font généralement référence à d'autres odeurs ou, peut-être, à un terme multi sensoriel comme « vert ». En termes techniques, quelle est la dimensionnalité de l'odeur ? Nous pouvons définir les stimuli visuels et auditifs en termes de longueur d'onde et d'intensité. Mais les odeurs résistent à la catégorisation verbale. Il existe quelques exceptions à cette règle (« moisi », « âcre », « froid et humide ») mais en règle générale, nous n'avons pas de mots pour désigner les odeurs. Le mieux que les scientifiques puissent faire est de les classer, s'agissant de molécules, en fonction de leurs différents atomes constitutifs, de leur taille et de leur structure, qui semblent être liés à la façon dont nous percevons l'odeur.

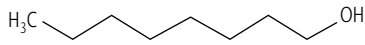
Par exemple, l'odeur des végétaux en décomposition est largement due à la présence d'atomes de soufre dans la molécule (cf. figure 2). Les bonbons acidulés sentent comme ils le font parce que l'arôme principal qui se dégage est une petite molécule composée de carbone et d'hydrogène, formant ce que l'on appelle un ester. Les esters et les soufres sont des exemples de groupes fonctionnels, qui affectent à la fois le comportement chimique de la molécule et la façon dont nous la percevons. Ces effets interagissent avec la taille ou la longueur globale de la molécule pour donner aux nombreuses odeurs leurs caractéristiques uniques. La plupart des odeurs que nous connaissons sont des molécules organiques, c'est-à-dire qu'elles contiennent du carbone, un élément omniprésent sur Terre.

Comme le montre la figure 2, notre perception des odeurs change à mesure que la molécule devient plus longue, plus complexe ou que différents groupes fonctionnels sont ajoutés. Bien que nous ayons développé des machines qui peuvent identifier précisément la composition atomique des odeurs, nous sommes incapables, pour le moment, de produire une classification systématique qui soit fidèle à la fois aux structures moléculaires des odeurs et à notre perception des odeurs. Dans la Grèce antique et à Rome, les philosophes matérialistes tels que Démocrite et Lucrèce soutenaient que, étant donné que toute matière est faite d'atomes, alors les odeurs doivent aussi être faites d'atomes. Ils ont décidé, par conséquent, que les choses qui sentent bon devaient être composées d'atomes ronds, et les odeurs âcres et piquantes d'atomes pointus. Si le détail est manifestement erroné, l'idée de base est correcte – il existe bel et bien un lien entre la structure moléculaire d'une odeur et la façon dont nous la percevons. Mais nous ne savons pas exactement quel est ce lien. La dimensionnalité de l'odeur – si tant est que ce soit la bonne façon de l'envisager – reste inconnue.

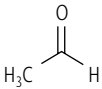
Les limites moléculaires de l'odeur ne sont pas faciles à définir. L'être humain perçoit les odeurs présentes dans l'air ; pour cela, les



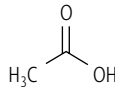
Heptanol - « violette, doux, boisé »



Octanol - « doux, orange, rose »



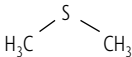
Acétaldéhyde (fruité)



Acide acétique (vinaigre)



Sulfure d'hydrogène (œufs pourris)



Sulfure de diméthyle (chou pourri)

**Fig. 2** ▶ Les structures moléculaires de différentes odeurs. Le carvi (cumin des prés) et la menthe verte ont la même structure mais des orientations moléculaires différentes. L'ajout d'un seul atome de carbone peut modifier notre perception de « violette, doux, boisé » (heptanol, C7) en « doux, orange, rose » (octanol, C8). Un seul atome d'oxygène transforme une odeur fruitée en odeur vinaigrée (acétaldéhyde et acide acétique), tandis que des carbones et des hydrogènes supplémentaires transforment l'odeur des œufs pourris en odeur de chou pourri (sulfure d'hydrogène et sulfure de diméthyle).

molécules doivent être volatiles, phénomène qui est fonction de la taille de la molécule (si elle est trop lourde, elle ne peut pas être transportée dans l'air) ainsi que de la température et de l'humidité (des niveaux plus élevés de ces deux facteurs augmentent la probabilité qu'une odeur soit libérée de son substrat). On affirme souvent que les molécules composées de plus de vingt-trois carbones ne sont pas volatiles, mais ce chiffre n'est pas un seuil absolu et la température et la pression modifieront le moment exact où une odeur se répand dans l'air. En outre, même par les jours les plus calmes, les courants d'air transportent les molécules odorantes. Et tout ceci est différent pour ce qui est des odeurs dans l'eau, qui doivent être solubles et se diffuseront lentement en plus d'être transportées par le courant.

La plupart des études sur l'odorat, que ce soit chez l'Homme ou chez d'autres animaux, sont réalisées en laboratoire, où de brefs jets d'odeurs uniques de composition et de concentration connues sont présentés à un sujet et ses réponses enregistrées. Mais le monde réel ne ressemble pas à un laboratoire. La plupart des odeurs que nous sentons dans le monde réel ne sont pas des molécules uniques mais des mélanges de différents composés. Par exemple, une rose produit dans son parfum plus de 250 molécules identifiables, mais cela ne signifie pas que lorsque nous sentons une rose, nous les détectons toutes. Dans le cas de la tomate, il y a plus de 400 molécules dans son bouquet, mais seules quelques dizaines sont détectables par l'Homme. Le monde olfactif est bien plus riche que nous ne l'imaginons. Les odeurs se présentent également sous différentes concentrations, et nos sentiments à l'égard d'une odeur changent en fonction de son intensité – imaginez la différence entre une touche de parfum derrière les oreilles et une bouteille entière renversée sur le tapis. Ce qu'on appelle la valeur hédonique d'une odeur – qu'elle soit agréable ou désagréable – peut changer avec la concentration, et pourtant, le Chanel N° 5 sent toujours le Chanel N° 5 dans tous les cas. Comprendre comment notre cerveau traite de telles expériences quotidiennes est l'un des défis que doivent relever les chercheurs en olfaction.

## QUATRE MYTHES DE L'ODORAT

Notre perception de l'odorat est si faible qu'un certain nombre de mythes et de malentendus se sont accumulés autour de ce sens. Les dissiper d'entrée de jeu vous aidera dans ce voyage au cœur de l'odorat.

*Mythe n° 1 : On dit qu'on sent avec son nez.* Bien que nous puissions effectivement sentir en inhalant par nos narines, nous détectons les odeurs à l'aide de neurones directement connectés au cerveau, qui pendent à la base du crâne, à peu près au niveau des yeux (cf. figure 1). En réalité, vous sentez avec votre cerveau.

*Mythe n° 2 : On affirme que vous sentez les molécules dans l'air.* Les molécules que nous sentons sont transportées dans l'air, mais nous ne détectons pas directement les molécules en suspension dans l'air. Si vos neurones olfactifs étaient en contact avec l'air, ils se flétriraient et mourraient ; au lieu de cela, ces neurones, qui se trouvent dans une fine couche de peau appelée épithélium olfactif, sont protégés par une couche de mucus. Il en va de même pour les insectes, dont les neurones olfactifs baignent dans un liquide logé dans leurs poils sensoriels. Pour des raisons évidentes, les organismes aquatiques ne peuvent percevoir les odeurs que dans l'eau. (Mais oui, les poissons, les crabes, les homards, etc., sentent eux aussi). Toute molécule aérienne que vous souhaitez sentir doit traverser cette barrière liquide protectrice. Pour ce faire, il existe des molécules spéciales appelées protéines de transport et de liaison (protéines OBP – *odour binding proteins*) qui se trouvent dans ce mucus, en fait à l'extérieur de votre corps. Leur rôle semble être de transporter les molécules odorantes à travers le mucus et de les acheminer vers les récepteurs des neurones olfactifs.

*Mythe n° 3 : On affirme que nous avons un mauvais sens de l'odorat.* Les scientifiques ont pendant longtemps été d'accord avec cette affirmation, mais en 2017, le neuroscientifique John McGann de l'université Rutgers (université de l'État du New Jersey, USA) a mis en évidence la



situation réelle dans un article intitulé « L'olfaction humaine médiocre est un mythe du XIX<sup>e</sup> siècle ». Il a résumé les principales preuves et a conclu que « l'olfaction humaine est excellente et a un impact ». S'il est généralement admis que votre odorat peut être diminué si vous êtes âgé ou si vous fumez, et que vous serez généralement plus apte à sentir si vous êtes une femme (dans l'ensemble, les femmes ont un odorat plus sensible que les hommes), en réalité, nous avons tous un nez atomique (cf. figure 2). Votre odorat peut distinguer des molécules dont la taille ne diffère que d'un seul atome de carbone. Ainsi, l'heptan-1-ol (un alcool composé de sept atomes de carbone) dégage une odeur « violette, douce, boisée », tandis que l'octanol (un seul atome de carbone de plus) exprime une odeur « douce, orange, rose ». Le carvi – l'un des composants du curry – a une odeur différente de celle de la menthe verte ; les deux odeurs ont exactement la même composition atomique, mais leur structure est différente. Les molécules sont des images miroir l'une de l'autre, comme deux gants. La différence de perception de ces deux odeurs est due à la manière dont nos neurones olfactifs réagissent aux différentes orientations moléculaires.

Notre odorat est si fin que le nombre d'odeurs que nous pouvons distinguer pourrait être quasi infini. Pendant des décennies, les chercheurs ont répété que l'Homme moyen pouvait distinguer environ 10 000 odeurs, mais ce chiffre n'avait aucune base scientifique. En 2014, des chercheurs du laboratoire de ma bonne amie Leslie Vosshall, à l'université Rockefeller (New York), ont tenté d'estimer le nombre d'odeurs que nous pourrions distinguer, sur la base de mélanges de molécules. Ils ont abouti au chiffre étonnant de plus d'un trillion. Bien que ce modèle mathématique ait été contesté, il semble probable qu'il n'y ait pas de réelle limite au nombre d'odeurs que nous pourrions détecter. Il en va de même pour de nombreux autres animaux.

*Mythe n° 4 : Nous n'utilisons pas beaucoup notre odorat. Votre odorat et votre sens du goût sont intimement liés. Si vous essayez de manger*

quelque chose d'appétissant en vous pinçant le nez, tout en vous assurant que votre bouche est fermée, vous constaterez que le goût est peu prononcé ; mais lorsque vous retirez vos doigts, vous devriez ressentir une sensation soudaine, car les composés volatils de l'aliment que vous mâchez remontent tout d'un coup dans votre cavité nasale et se répandent sur vos neurones olfactifs, situés en haut de votre tête. C'est ce qu'on appelle l'olfaction *rétronasale* et c'est l'une des deux façons dont vous pouvez détecter les odeurs ; l'autre façon est l'olfaction *orthonasale* ou, plus simplement, le reniflement. Notre sens du goût est relativement rudimentaire, divisé en un petit nombre de classes (les traditionnelles saveurs salée, acide, amère et sucrée, auxquelles s'ajoutent celles, plus récentes, de l'umami (viande), du gras, du piquant, du métallique et du dioxyde de carbone), tandis que notre perception des saveurs est un mélange du monde simple du goût et des dimensions riches et multiples de l'odorat. Dans de nombreuses langues, la saveur est appelée familièrement « goût », même si l'odorat est le sens dominant qui confère à la saveur toute sa subtilité.

La pandémie de COVID-19 a mis en lumière l'impact d'une possible perte de l'odorat. Des dizaines de millions de personnes autour du monde ont rapporté ce symptôme à la fois désagréable et déconcertant. Il porte le nom savant d'anosmie et peut également avoir pour origine des dommages corporels, des effets de vieillissement, ou encore être dû à des facteurs génétiques chez un individu. Les personnes souffrant d'anosmie peuvent perdre le plaisir de manger ou être en proie à des inquiétudes excessives, par exemple, la peur d'avoir laissé le gaz allumé ou de négliger leur hygiène corporelle. En effet, la perte permanente de l'odorat peut entraîner des problèmes de santé mentale, car des odeurs autrefois familières – l'odeur d'un être cher, par exemple – ne sont plus perceptibles. Les maladies et les lésions peuvent également amener les gens à percevoir des odeurs qui ne sont pas réellement présentes – c'est ce qu'on appelle la phantosmie. Il peut s'agir d'un phénomène relativement bénin (lorsque j'ai un rhume,

il m'arrive de sentir ce que je ne peux décrire que comme des toasts grillés), mais dans certains cas, cela peut être très perturbant, car les personnes sentent continuellement des matières fécales ou du vomi, voire des odeurs sans nom et non identifiables.

Ces effets biologiques se mêlent aux normes culturelles qui déterminent quelles odeurs sont socialement acceptables et lesquelles ne le sont pas. Au cours des dernières décennies, en Occident, nous sommes devenus très soucieux de la nécessité d'éviter les odeurs corporelles, et nous dépensons beaucoup d'argent et d'efforts pour nous assurer que nous ne sentons pas la sueur ou d'autres odeurs perçues comme désagréables. À d'autres époques et dans d'autres sociétés, d'autres normes ont existé.

L'odorat est depuis longtemps un aspect important de la culture humaine. Les fragrances ont été utilisées dans des rituels et des cérémonies à travers les âges, tandis que les parfums – souvent d'origine animale (comme le musc provenant des glandes odorantes des cerfs porte-musc) ou végétale – ont joué un rôle important dans de nombreuses cultures. L'industrie moderne de la parfumerie crée sans cesse de nouvelles senteurs qui promettent glamour et excitation aux deux sexes, d'une manière que d'autres produits ne peuvent pas offrir. L'odeur a même été utilisée pour donner l'heure – à partir du XI<sup>e</sup> siècle, les temples chinois se servaient des horloges à arômes, contenant de l'encens en poudre qui brûlait à un rythme particulier, pour libérer différentes senteurs à différents moments de la journée.

L'odorat n'est pas seulement un phénomène biologique mystérieux, dont on trouve des exemples fascinants dans tout le règne animal, c'est aussi un élément clé de notre existence sociale qui passe souvent inaperçu. En le comprenant mieux, à l'aide d'exemples tirés d'un large éventail d'animaux, nous pouvons nous faire une idée non seulement du monde naturel, mais aussi du monde social, ainsi que son rôle culturel. Pour ce faire, nous devons d'abord comprendre le fonctionnement exact de l'odorat. Ce qui suit est un peu technique, mais j'ai fait de

mon mieux pour rester simple et éviter les détails inutiles. Lorsque nous rencontrerons des exemples frappants d'odeurs humaines et animales plus loin dans le livre, rappelez-vous qu'ils sont tous basés sur ces mêmes processus. Dans certains cas, nos connaissances sont si précises que nous pouvons expliquer ces exemples en fonction de ce qui se passe dans nos cellules et notre cerveau. Cette étonnante machinerie, que nous ne comprenons pas entièrement, est à l'œuvre dans votre tête, et dans celle de tous les autres animaux de la planète, en ce moment même.

## LA MÉCANIQUE DE L'ODORAT

Chaque espèce animale peut détecter une gamme différente d'odeurs. Aucune espèce ne peut détecter toutes les molécules présentes dans l'environnement dans lequel elle vit – il y a des choses que nous ne pouvons pas sentir alors que d'autres animaux terrestres le peuvent, et *vice versa*. Il existe également des différences entre les individus, liées à la capacité de sentir une odeur, ou à son caractère agréable. Par exemple, certaines personnes aiment le goût de la coriandre – connue sous le nom de « cilantro » aux États-Unis – tandis que d'autres le trouvent savonneux et désagréable ; cet effet a une composante génétique sous-jacente, due aux différences dans les gènes contrôlant notre sens de l'odorat (si vous détestez le goût de la coriandre, essayez de la manger la bouche fermée en vous tenant le nez – elle n'aura pas un goût savonneux). En fin de compte, la sélection des odeurs détectées par une espèce donnée, et la façon dont cette odeur est perçue, dépendront de l'écologie de l'animal. Le profil de réponse de chaque espèce lui permettra de localiser les sources d'odeur qui lui sont pertinentes et de réagir en conséquence.

Malgré ces différences entre les espèces, la manière dont les odeurs sont traitées est fondamentalement similaire chez tous les animaux, de la détection initiale à la périphérie jusqu'à la décision de la réponse

Organe voméronasal 24, 35, 74, 75,  
76, 79, 81, 134  
Orwell, George 126, 133, 159  
Ovaires, insectes « sociaux » 68, 69

## P

Papillons 55, 56, 58, 61, 62, 64, 100,  
106, 108, 109  
Parasite 135  
Parasitoïdes (insectes) 109  
Parfum 61, 134  
Paris 133, 134, 159  
Parkinson (maladie) 146  
Persaud, Krishna 7, 146, 160  
Pétrel 89  
Pétrichor 9  
Pets 140  
Peuples indigènes 53  
Phantomie 16, 22, 150, 152  
Péromone d'agrégation voir Phé-  
romones 22, 55, 56, 57, 58, 59,  
60, 61, 62, 64, 66, 68, 69, 70, 71,  
72, 73, 74, 76, 77, 79, 80, 81, 82,  
83, 105, 106, 114, 149  
Pickett, John 148  
Plante (phéromones) 19, 99, 100,  
101, 102, 103, 106, 108, 111, 113,  
129, 149  
Plastique, pollution 61, 142, 143, 145  
Poissons 14, 24, 35, 45, 71, 73, 89,  
90, 102, 112, 131, 141, 143  
Pollinisation 103, 104  
Pollution 115, 139, 142, 143, 144, 145  
Polyester 136

Poppy, Guy 143  
Poulets 43  
Prédateur (étiquetage) 77, 100,  
102, 104, 111, 112, 142  
Prédation 62, 111  
Prix Nobel 33, 56, 86, 152  
Proust - Madeleine (gout et  
mémoire) 85, 88  
Pseudogènes, olfactifs 49, 50, 51,  
52

## R

Rafflesia (fleur) 102, 108  
Ramaswami, Mani 94  
Rat 31, 33, 34, 38, 79, 95, 97  
Récepteur (molécule) 14, 19, 20,  
21, 22, 24, 25, 26, 33, 34, 35, 36,  
37, 38, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 46,  
47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 57, 64,  
70, 72, 77, 79, 81, 93, 100, 102,  
112, 114, 115, 117, 141, 142, 147, 148,  
149, 152, 153  
Récompense en nectar 94, 99, 101,  
103, 143  
Reine piquêre 110, 117  
Reine solitaire 102, 105, 106  
Reptiles 73, 74  
Réserve indienne d'Aamjiwnaang  
145  
Résines 119, 123  
Retour au pigeonnier 89  
Rimbaud, Arthur 133  
Rome, antique 11, 135

**S**

- Savon 87, 138  
 Schaal, Benoist 81, 157  
 Semaq Beri 131, 132  
 Serer Ndut 130, 131  
 Serpent 111  
 Shikibu, Murasaki 134  
 Signaux honnêtes 19, 22, 25, 27,  
 28, 30, 35, 57, 64, 65, 70, 71, 72,  
 73, 74, 75, 76, 77, 79, 92, 95, 111,  
 112, 113, 147  
 Smell-O-Rama 135  
 Smell-O-Vision 135  
 Smilodon (tigre à dents de sabre)  
 47, 48  
 Soufre 11, 140  
 Souris (phéromones) 19, 21, 26, 30,  
 33, 34, 35, 36, 48, 49, 52, 77, 78,  
 79, 81, 86, 93, 95, 99, 100  
 Stensmyr, Marcus 114  
 Stockport (bains publics) 85  
 Sueur 17, 40, 82, 117, 119  
 Sulcatone 117  
 Süskind, Patrick 134  
 Swammerdam, Jan 55, 56, 75, 157

**T**

- Taupe à nez d'étoile 104  
 Thomas, Lewis 154  
 Tomate 13  
 Tuatara 75  
 Tyrannosaurus rex 47

**U**

- Umeda (peuple) 129

**V**

- Venard, Renée 34  
 Villes (odeurs) 123, 127, 137, 138, 144  
 Vimto 85  
 Von Frisch, Karl 73  
 Voss hall, Leslie 7, 15, 34, 40, 92,  
 117, 161

**W**

- Waters, John 136  
 Wyatt, Tristram 7, 57, 161

**Z**

- Zimbabwe 114  
 Zola, Emile 133