



LES POUVOIRS DE L'ODORAT

HISTOIRES INSOLITES

BILL S. HANSSON

Traduction de Jane Bulleyment

Préface d'Emmanuelle Joly



éditions
Quæ

BILL S. HANSSON

Traduction de Jane Bulleyment

Préface d'Emmanuelle Joly

Les
pouvoirs
de
l'odorat

Histoires insolites

Éditions Quæ

Même thématique aux éditions Quæ

Les parfums de la nature (coll. Carnets de sciences)
Roland Salesse, 2024, 152 p.

Les secrets de la communication animale (coll. Carnets de sciences)
Éric Darrouzet, Vincent Albouy, 2022, 152 p.

Faut-il sentir bon pour séduire ? 120 clés pour comprendre les odeurs (2^e éd.)
Roland Salesse, 2019, 180 p.

Pour citer cet ouvrage :

Hansson B. S., 2026. *Les pouvoirs de l'odorat. Histoires insolites*,
Versailles, Éditions Quæ, 182 p.

***L'édition de cet ouvrage a bénéficié du soutien financier
du GDR en écologie chimique CNRS INRAE ChemEcol
et de l'institut d'écologie et des sciences de l'environnement de Paris
(iEES-Paris, INRAE, CNRS, SU, IRD, UPEC, université Paris Cité).
Nous les en remercions.***

Publication d'origine : *Die Nase vorn: Eine Reise in die Welt des Geruchssinns*.
Copyright © 2021 S. Fischer Verlag GmbH, Frankfurt am Main.

Titre de l'édition anglaise : *Smelling to survive. The Amazing World of Our Sense of Smell*.
Publié en anglais par Hero en 2022.

Titre de l'édition française : *Les pouvoirs de l'odorat. Histoires insolites*.
Traduit de l'anglais par Jane Bulleyment.

Éditions Quæ
RD 10 - 78026 Versailles Cedex
quae.com / quae-open.com

© 2026 Éditions Quæ

ISBN (papier) : 978-2-7592-4119-4
ISBN (PDF) : 978-2-7592-4120-0
ISBN (ePub) : 978-2-7592-4121-7

Le code de la propriété intellectuelle interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique, et est sanctionné pénalement. Toute reproduction même partielle du présent ouvrage est interdite sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 18 rue du Quatre-Septembre, Paris 2^e.

SOMMAIRE

Remerciements de l'auteur.....	4
Remerciements de la traductrice et des éditions Quae.....	4
Préface d'Emmanuelle Joly.....	5
<i>L'odorat : un fabuleux service de renseignement</i>	7
1. Sentir à l'ère de l'Anthropocène.....	13
2. Les humains – leur odorat et leurs odeurs.....	25
3. Notre vieil ami le chien et son incroyable flair.....	47
4. Les oiseaux n'ont pas de nez, n'est-ce pas?.....	53
5. Y-a-t-il anguille sous roche?.....	65
6. Chez une souris tout passe par le nez.....	79
7. Le nez le plus fin de tous : le papillon de nuit.....	89
8. Même la plus petite mouche.....	97
9. Les moustiques et l'odeur du sang.....	107
10. Les scolytes, tueurs de dinosaures.....	115
11. Les crabes de l'île Christmas.....	121
12. Les plantes sont-elles capables de sentir?.....	131
13. Un parfum de tricherie.....	141
14. Exploiter l'odorat et les odeurs à nos propres fins.....	149
<i>Sentir l'avenir</i>	161
Références bibliographiques.....	165

Remerciements de l'auteur

Au cours de ma carrière, j'ai donné de nombreuses conférences grand public. À ces occasions, de nombreux auditeurs m'ont incité à écrire un livre qui raconterait ces histoires d'odeurs et d'odorat. Je voudrais les remercier de m'avoir encouragé à démarrer ce projet d'écriture. Pendant la rédaction, j'ai bénéficié de l'aide précieuse de Deborah Capras qui a su trouver des informations manquantes, formuler certaines parties des chapitres et veiller à la fluidité du texte. Plusieurs collègues, amis et membres de ma famille ont également parcouru différents chapitres et leurs commentaires ont grandement amélioré le résultat final : Susanne Erland, Agnes Erland-Hansson, Otto Erland-Hansson, Manfred Gahr, Jonathan Gershenzon, Rickard Ignell, Markus Knaden, Trese Leinders-Zufall, Johan Lundström, Sigrid Netherer, Silke Sachse, Martin Schroeder et Noam Sobel. Je les remercie tous pour avoir lu de nombreuses pages, m'avoir apporté de nouveaux éclairages et, parfois, pour m'avoir corrigé là où il le fallait.

Enfin, un grand merci à tous mes collègues travaillant dans le domaine de l'olfaction, qui partagent ma fascination pour l'analyse chimique de notre environnement, que nous et d'autres organismes réalisons en permanence.

Remerciements de la traductrice et des éditions Quæ

Les éditions Quæ remercient chaleureusement Emmanuelle Joly, directrice de recherche à INRAE, de les avoir sollicitées pour la traduction française de *Smelling to survive*.

Avec Jane Bulleyment, nous la remercions également pour son aide précieuse à l'édition de l'ouvrage, notamment pour la validation de la terminologie française et la finesse de sa relecture bienveillante.

La traductrice aimerait remercier Anne-Lise Prodel, cheffe de projet, qui l'a si bien guidée dans le passage d'une langue à l'autre ainsi que pour le respect des exigences éditoriales.

PRÉFACE

Il existe un langage silencieux, invisible, un langage fait d'odeurs. Nous le percevons parfois sans trop y prêter attention, alors même qu'il façonne profondément les relations entre les êtres vivants et leur environnement. Ce livre vous invite à découvrir cet univers caché.

Au fil des pages, entre références historiques, découvertes scientifiques, innovations technologiques et curiosité humaine, vous parcourrez des histoires tantôt amusantes, tantôt surprenantes, parfois même déroutantes. Vous découvrirez comment les animaux – et peut-être aussi les plantes – utilisent le langage invisible des odeurs pour communiquer, se reproduire, s'orienter ou se protéger. Vous verrez aussi comment les insectes, ou nous-mêmes, pouvons être trompés par des signaux chimiques mensongers, et comment la recherche tente aujourd'hui d'exploiter ces connaissances pour améliorer l'agriculture, la santé ou notre vie quotidienne.

Ce livre vous entraînera dans un véritable voyage autour du monde aux côtés de son auteur : des îles du Pacifique à la Sardaigne, des paysages africains aux immensités océaniques, entre forêts et déserts. Aussi, vous arpenterez l'arbre de la vie. Nous savons tous que le chien possède un flair remarquable, mais le rat, l'éléphant et bien d'autres espèces disposent aussi de capacités olfactives extraordinaires. Rencontrez la redoutable araignée bolas, l'impitoyable guêpe parasite, le saumon migrateur, le pigeon voyageur, la souris à quatre nez, le rat géant qui reçut une médaille, l'orchidée tricheuse, sans oublier les papillons de nuit et leurs irrésistibles phéromones. Vous verrez également que l'odorat humain, longtemps considéré comme secondaire par rapport à la vue ou à l'ouïe, joue un rôle bien plus important qu'on ne l'imaginait dans nos décisions, nos souvenirs et jusqu'à nos interactions sociales.

Cet ouvrage est aussi une invitation à réfléchir car l'Anthropocène modifie profondément le paysage chimique de notre planète. Réchauffement climatique, pollution, transformation des habitats, déplacement ou disparition d'espèces : autant de changements susceptibles de perturber les équilibres olfactifs qui structurent discrètement le vivant. Les conséquences de ces bouleversements restent encore largement méconnues, mais elles ne peuvent plus être ignorées.

Les odeurs sont partout, elles accompagnent le monde vivant, l'influencent et l'organisent depuis des millions d'années. Il est temps de leur accorder la place qu'elles méritent. En refermant ce livre, vous ne sentirez plus le monde de la même manière. Vous ne croiserez plus jamais une odeur sans vous demander ce qu'elle raconte.

Bill S. Hansson est un scientifique suédois spécialisé en neuroéthologie. Après un doctorat en écologie, il devient professeur à l'université de Lund, en Suède, puis dirige le département d'écologie chimique de l'Université suédoise des sciences agricoles, avant de prendre la direction de l'institut Max Planck d'écologie chimique à Léna, en Allemagne.

Ses recherches portent sur les bases neuroéthologiques des interactions entre insectes, et entre insectes et plantes, à travers le prisme des relations olfactives. Auteur de nombreux articles scientifiques publiés dans des revues prestigieuses et lauréat de nombreuses distinctions, il partage dans cet ouvrage sa passion pour la compréhension et l'émerveillement devant l'extraordinaire richesse de notre monde olfactif.

Emmanuelle Joly,
directrice de recherche INRAE,
spécialisée dans la communication chimique chez les insectes

L'ODORAT : UN FABULEUX SERVICE DE RENSEIGNEMENT^a

C'est le printemps et les champs viennent d'être labourés. Il flotte dans l'air une odeur particulière, agréable. Si vous avez déjà vécu un tel moment, l'odeur évoque exactement cette situation dans votre esprit. Le printemps, la terre fraîche, les pâtures. Il se peut que vous soyez alors projeté dans le passé par un souvenir dont vous ne soupçonniez même pas l'existence. Peu d'expériences sensorielles sont aussi fortes que les expériences olfactives (l'odorat) pour vous rappeler des moments passés. Il semblerait que les souvenirs ne font qu'attendre la bonne odeur pour nous revenir en mémoire.

L'un des exemples les plus frappants du pouvoir de l'odorat à débloquer la mémoire se trouve dans le premier des sept volumes du chef-d'œuvre de Marcel Proust, *À la recherche du temps perdu*. L'ouvrage s'ouvre sur la douce odeur des madeleines, ces petites gâteaux qui évoquent à l'auteur des souvenirs involontaires de son enfance et de sa vie adulte. Mais l'odorat n'est pas un sens propre à l'homme.

Tous les organismes, vertébrés ou non, des insectes aux humains, utilisent des systèmes sensoriels pour comprendre leur environnement et communiquer entre eux. Au cours de l'évolution, différentes espèces sont devenues plus ou moins dépendantes d'un certain type d'informations. Si les grillons et les chauves-souris s'appuient fortement sur les ondes sonores, les libellules et les humains font souvent confiance à la vue, tandis que les papillons de nuit, les cochons et les chiens sont réputés pour leur odorat.

Les humains sont des êtres très visuels et nous avons tendance à oublier les autres sens, en particulier notre propre odorat. Cela s'explique en partie par le fait que nous sommes, de nos jours, moins dépendants des informations chimiques. Et l'odorat a aussi quelque chose de primitif – quelque chose que nous cherchons à éviter. Il suffit de penser à tout ce que nous faisons pour déguiser nos propres odeurs naturelles, en les couvrant d'odeurs artificielles ou en les inhibant avec des déodorants. Nous pouvons penser que nous sommes moins dépendants des informations olfactives que d'autres espèces, mais ce n'est pas vraiment le cas. De nombreux aspects vitaux de notre vie dépendent fortement des odeurs. Je vais explorer le pourquoi et le comment dans mon chapitre sur le sens de l'odorat chez l'humain.

Pour d'autres animaux, un sens aiguisé de l'odorat est absolument vital pour la survie et la reproduction. Dans les années 1800, lorsque l'entomologiste français Jean-Henri Fabre a remarqué qu'un grand nombre de papillons de nuit mâles étaient attirés par une femelle en cage dans sa maison, il a supposé que les odeurs étaient en cause. Nous savons aujourd'hui qu'il était sur la bonne voie.

a. NDLT : le titre de cette introduction a été ajouté par la traductrice.

Le mâle du papillon de nuit peut suivre l'odeur émise par la femelle, une trace proche de la concentration homéopathique, ce qui fait de lui probablement le meilleur « nez » de tous.

Lorsqu'un saumon revient frayer dans le bras de rivière où il est né, il utilise son odorat pour trouver son chemin ; sans cela il serait perdu. Les odeurs portées par l'eau sont si spécifiques que chaque affluent de rivière possède sa propre signature. Les chiens mâles sont aussi motivés que les papillons de nuit, sinon aussi sensibles, pour trouver le bouquet odorant d'une femelle en chaleur. Les chiens ont un odorat mille fois plus fin que nous, les humains. C'est une capacité que nous avons détournée à bon escient dans de nombreux contextes, comme la chasse et le pistage, la localisation des victimes de tremblements de terre, et même le diagnostic du cancer. Pour les chiens, la vie se déroule davantage dans un paysage odorant que dans un paysage visuel. Ainsi, les chiens « voient » l'histoire sous forme d'odeurs et non d'impressions visuelles. Les odeurs sont persistantes et peuvent leur indiquer ce qui s'est passé – ou qui est passé – longtemps après que quelqu'un ait vu la scène.

Pendant longtemps, on a cru que les oiseaux n'avaient pas ou peu d'odorat. Aujourd'hui, nous savons qu'il n'en est rien. Les vautours peuvent flairer de loin, très loin, l'odeur distinctive des molécules émises par un animal mort. Les oiseaux de mer, tels les albatros, peuvent capter l'odeur de grands amas de plancton, ce qui indique de bonnes opportunités de pêche.

Plus surprenant encore, les plantes sont capables de sentir et d'échanger entre elles des messages olfactifs. Elles utilisent également des odeurs spécifiques pour manipuler leurs amis et leurs ennemis. Lorsqu'une plante est attaquée, par exemple par des larves de papillons de nuit, elle modifie ses émissions de substances volatiles. Ces molécules peuvent avoir différents effets positifs pour la plante. D'une part, elles avertissent les plantes voisines de la même espèce qu'une attaque est en cours, leur permettant d'activer leur système de défense avant que les herbivores ne les atteignent. D'autre part, elles peuvent servir « d'appel à l'aide » en attirant les ennemis des agresseurs. L'ennemi de votre ennemi est votre ami, même dans le monde végétal.

Dans un autre contexte, les plantes ont évolué pour attirer les insectes dont elles dépendent pour la pollinisation. La plupart du temps, il s'agit d'un processus gagnant-gagnant. Mais parfois, la plante triche et attire les insectes pour qu'ils fassent le travail sans aucune contrepartie.

Il ressort de tous ces exemples que la plupart des organismes sur Terre dépendent des informations olfactives pour survivre et se reproduire. Le fait de pouvoir sentir son environnement chimique permet de s'adapter aux conditions environnementales, de trouver une ressource ou un partenaire et d'éviter différents types d'ennemis, de substances toxiques ou d'agents pathogènes.

Avant de comprendre comment fonctionne l'odorat, nous devons définir de quoi il s'agit. L'odorat et le goût apportent des informations chimiques. Les molécules en

solution aqueuse nous apportent le goût, tandis que dans l'air, elles nous donnent l'odeur. Pour qu'un objet soit odorant, il doit émettre des molécules suffisamment légères pour pouvoir s'envoler. Un morceau de sucre n'a pas d'odeur, car les molécules sont trop lourdes pour décoller ; en revanche, personne ne confondrait les molécules qui s'échappent d'un citron avec autre chose. Les molécules de limonène et de citral volent facilement jusqu'à notre nez.

Néanmoins, toutes les molécules émises ne sont pas des odeurs. Ce n'est que lorsqu'elles peuvent être détectées par un organisme qu'elles contribuent à l'odeur, par exemple, d'une banane, où le nombre de molécules émises est impressionnant. Une banane lâche des centaines de molécules différentes. Seules quelques-unes d'entre elles sont effectivement détectées par un insecte ou le nez humain, tandis que toutes les autres sont simplement des molécules volatiles.

Pour repérer les odeurs, tous les animaux ont besoin d'un système de détection. Pour accomplir ce travail, une partie spécifique du système nerveux doit entrer en contact avec l'environnement en étant dotée de récepteurs particuliers pour reconnaître les molécules pertinentes. Notre nez, où les nerfs affleurent, est en fait le seul endroit où notre système nerveux est en contact direct avec notre environnement ; enfin, pas tout à fait, car ils nagent dans une mer de mucus humide à l'intérieur de notre nez. Là, ils y sont exposés à toutes sortes de polluants et de poussières qui y pénètrent en même temps que les odeurs. Les nerfs, cependant, ne peuvent ni voir ni sentir. Pour fonctionner, ils doivent être équipés de détecteurs, appelés récepteurs.

Pour voir, l'homme n'a besoin que de trois types de récepteurs pour enregistrer toute la lumière visible. Toute lumière consiste en une onde dont les oscillations plus ou moins rapides créent l'impression de couleurs différentes.

Pour l'odorat, la situation est tout autre. Chaque type de molécule odorante possède une propriété chimique unique, très différente de toutes les autres molécules. C'est pourquoi nous n'avons pas seulement trois mais environ 400 types de récepteurs olfactifs. Sinon, nous ne pourrions pas sentir les millions d'odeurs que nous sommes capables de distinguer. La plupart des récepteurs peuvent détecter un spectre de molécules variées. Activer ces récepteurs, c'est comme jouer du piano. Avec 400 touches réceptrices sur lesquelles appuyer, il est possible de jouer des millions de « mélodies » olfactives.

Dès que les molécules odorantes sont détectées par les nerfs de notre nez, les signaux sont transmis à une zone spécifique du cerveau où les informations sont organisées dans des petites boules de tissu nerveux appelées glomérules. Chacun de ces glomérules reçoit des informations provenant de nerfs portant un type de récepteur olfactif spécifique. Cela signifie que la « mélodie » est traduite en une carte tridimensionnelle d'activité de glomérules. Cette carte est ensuite lue par les neurones du niveau suivant et finalement transférée à d'autres zones du cerveau, telles que l'hippocampe et l'amygdale, où la signification de l'odeur est encodée et mise en contexte. Je reviendrai sur l'importance de ces zones et du système complet.

Il est intéressant de noter que l'architecture de base du système olfactif est très similaire dans la plupart des organismes étudiés (à l'exception des plantes). Les nerfs périphériques dotés de récepteurs convergent vers des glomérules et ciblent finalement des zones cérébrales spécifiques. On retrouve ces mêmes éléments de base chez des animaux aussi éloignés que la mouche et l'homme.

Mais si l'odorat relève d'une architecture similaire chez plus ou moins tous les animaux, il ne fait cependant aucun doute que son origine évolutive est diverse. C'est une évolution convergente, depuis les insectes jusqu'à l'homme, qui a probablement façonné ce sens. Pour sentir, le nez de tous les organismes doit être équipé de détecteurs chimiques : des neurones capables de déceler une variété de types de molécules dans l'air ou, pour les poissons, dans l'eau. La détection et l'identification des molécules s'effectuent au niveau des récepteurs des neurones sensoriels qui résident dans la membrane de cellules nerveuses olfactives.

Les récepteurs sont des protéines qui traversent sept fois la membrane du neurone et forment ainsi des poches et des plis, dans lesquels les molécules odorantes peuvent éventuellement s'insérer, comme des clés dans une serrure. Lorsqu'une clé s'insère, elle déclenche une chaîne d'événements neurochimiques appelée cascade de transduction, qui finit par provoquer la réaction électrique du neurone. Ce signal peut alors voyager le long de son axone jusqu'à la première « station » olfactive du cerveau.

Mais avant de s'intéresser au cerveau, examinons le microenvironnement qui entoure les neurones sensoriels olfactifs. Le nez de tous les mammifères, oiseaux et autres vertébrés terrestres comporte des neurones qui sont en contact direct avec l'air. C'est le seul endroit de notre corps où les neurones le sont directement avec l'environnement. Le nez a donc été doté d'une couche de mucus protectrice qui entoure les neurones exposés. Chez les insectes et autres arthropodes, les neurones sont enfermés dans de petits poils situés sur les antennes et les palpes (le « nez » des insectes). Chaque petit poil contient également du mucus. La composition de ce mucus ressemble à celle de l'eau de mer, mais avec l'ajout de beaucoup de protéines pour l'épaissir et le rendre moins susceptible de s'évaporer. Ces protéines aident également à dissoudre les molécules grasses présentes dans « l'eau de mer » du nez.

À partir des antennes et du nez, les neurones sensoriels olfactifs projettent leurs axones vers le bulbe olfactif (chez les vertébrés) ou le lobe antennaire (chez les arthropodes) du cerveau. Chez tous les animaux décrits ici, ces centres cérébraux olfactifs primaires ont une architecture à peu près similaire. Les axones des neurones du nez se dirigent vers les glomérules. Chaque type de neurone sensoriel olfactif, qui exprime un type spécifique de récepteur olfactif, cible un petit glomérule du bulbe ou du lobe. Cela signifie que lorsque les neurones du nez ou des antennes sont activés, une carte d'activité est imprimée sur les glomérules. Chez les insectes, on trouve généralement entre 50 et 500 glomérules, alors qu'une souris, par exemple, en compte environ 2 000 et un être humain encore plus.

Dans le bulbe olfactif ou le lobe antennaire, le traitement de l'information est assuré grâce à des neurones locaux très répandus qui transmettent l'information d'une petite boule à l'autre, ce qui permet aux données provenant de différents types d'odeurs de s'influencer mutuellement. Enfin, le message traité quitte le bulbe ou le lobe par l'intermédiaire de neurones ciblant des zones cérébrales supérieures impliquées dans la perception, la mémoire, la prise de décision ou d'autres processus cognitifs.

Qu'en est-il de tous les messages olfactifs qui circulent entre les espèces et au sein d'une même espèce? Il existe une terminologie spécifique pour tous ces composés chémiochimiques. Vous la trouverez répétée dans de nombreux chapitres, mais jetons-y d'abord un coup d'œil rapide.

Une odeur qui envoie un message entre individus de la même espèce est appelée phéromone. Un exemple typique est celui d'une chienne en chaleur émettant un message olfactif qui interpelle tous les mâles à proximité et dont le message est : « Viens t'accoupler avec moi ». Vous verrez de nombreux exemples de phéromones dans les prochains chapitres.

Les autres substances chémiochimiques envoient des messages entre les espèces. Ils sont généralement divisés en catégories en fonction de celui qui en bénéficie. Si c'est le receveur qui en bénéficie, on parle de kairomones. Un exemple typique serait l'odeur dégagée par une proie, par exemple une souris, et captée par un prédateur, souvent un chat. Si les odeurs profitent à l'expéditeur, elles sont appelées allomones. Tout type de leurre entre dans cette catégorie, mais il peut aussi s'agir d'un mécanisme de défense, comme une mouffette qui envoie un jet puant pour repousser un ennemi.

Enfin, un message olfactif peut également profiter aux deux parties. Dans ce cas, il s'agit d'une synomone. L'exemple classique est l'odeur des fleurs pollinisées par les insectes, où la fleur est pollinisée et l'insecte reçoit une récompense sous forme de nectar et de pollen.

Toutes les informations que nous, êtres humains, avons recueillies sur le fonctionnement de l'odorat, sur les molécules impliquées et sur les types de comportements qui se manifestent en réponse à ces molécules, nous permettent de concevoir une variété de stratégies pour nous aider de diverses manières.

Aujourd'hui, les nez électroniques jouent un rôle important dans le diagnostic des maladies, les contrôles de sécurité et la surveillance de la pollution de l'environnement. Nul ne peut ignorer l'énorme industrie impliquée dans l'invention de nouvelles odeurs séduisantes à appliquer sur notre corps. Lorsque l'éleveur de porcs veut inséminer la truie, il achète une phéromone de sanglier synthétique pour la rendre d'humeur accueillante. Les phéromones et les odeurs de plantes permettent de lutter contre des insectes de toutes sortes.

Dans ce livre, j'utiliserai différents exemples tirés du monde qui nous entoure pour décrire le monde fascinant des odeurs. La compréhension de notre propre

système olfactif, de sa fonction et de son architecture, est essentielle avant d'explorer les autres systèmes. Dans un certain nombre de chapitres, je raconterai des histoires captivantes issues de mes propres recherches et de celles de mes collègues. Ces histoires porteront sur différents animaux, mais aussi sur la manière dont l'odeur des plantes affecte notre environnement. Je commencerai par explorer comment le changement climatique pourrait affecter l'écologie de l'odorat et je terminerai par un aperçu des façons dont les humains utilisent à leur profit toutes leurs connaissances sur l'odorat et les comportements olfactifs.

1

SENTIR À L'ÈRE DE L'ANTHROPOCÈNE

Si vous aviez marché sur la route il y a environ 1000 ans, votre expérience sensorielle aurait été probablement très différente de celle que vous vivez aujourd'hui. En regardant autour de vous à cette époque, vous n'auriez vu ni voitures, ni avions, ni bateaux. Peut-être même pas de route digne de ce nom, au sens moderne du terme.

Sans aucun doute, le monde aurait été beaucoup plus calme, voire presque silencieux. Ce sont nos impressions d'après l'ouïe et la vue, mais qu'en est-il de l'odorat ?

Le sens de l'odorat se décline à de nombreux niveaux. Est-ce que nous et notre environnement émettons les mêmes odeurs aujourd'hui qu'il y a un millénaire, ou même un siècle ? Comment, au cours des siècles, les odeurs qui nous entourent se sont-elles modifiées ? Comment nous, les humains, avons-nous contribué à changer ce paysage olfactif ? Nos propres odeurs et notre perception des odeurs ont-elles varié au fil du temps ? Comment nos activités ont-elles affecté notre capacité à sentir ? Quelles actions sont responsables de ces changements, tant chez les humains que chez les animaux ?

Tout d'abord, vers l'an 1000, vous ne vous ne seriez pas attendu à sentir les gaz d'échappement d'une voiture ou l'odeur nauséabonde d'une station d'épuration avoisinante. Vous n'auriez pas été non plus exposé aux odeurs synthétiques des parfums, déodorants ou à l'odeur particulière d'une voiture neuve, par exemple. Même les odeurs naturelles devaient être différentes.

Depuis que les humains colonisent chaque coin de la Terre, nous avons trouvé des moyens de modifier, de manipuler et d'exploiter notre environnement. Pour ne citer que quelques exemples : nous avons rasé les forêts, cultivé les terres, exterminé des plantes et des animaux et industrialisé le monde. Cette nouvelle époque géologique, où le monde est transformé de manière dramatique par les activités humaines, est souvent appelée l'Anthropocène.¹

La définition temporelle précise de cette période reste controversée. Les hypothèses situent son début soit au commencement de la révolution agricole, il y a entre 10 000 à 15 000 ans, soit juste après la Seconde Guerre mondiale, une période marquée par les essais nucléaires, la grande accélération^b post-1950, et les changements socio-économiques et climatiques dramatiques qui l'accompagnent.

b. NDLT : la grande accélération est un concept de l'histoire de l'environnement et des sociétés humaines qui fait référence à l'époque d'intense mondialisation et d'accélération des progrès scientifiques et techniques ainsi que des communications.

Quelle que soit l'échelle choisie, il est clair que, globalement, les humains ont eu un impact immense sur cette planète et sur les molécules contenues dans chaque bouffée d'air que nous (et tous les animaux) prenons à chaque respiration.

Notre paysage olfactif en mutation

Commençons par passer en revue les odeurs naturelles et comment elles ont pu se modifier. Il y a mille ans, la nature était encore assez peu impactée par les humains. De nombreuses espèces de plantes et d'animaux partageaient les champs et les forêts. Les fleurs étaient abondantes. Pins et épicéas se mêlaient à de nombreuses espèces d'arbres à feuilles caduques. Le mot-clé était la diversité. Au fil du temps, les humains ont abattu et brûlé les forêts, transformé les prairies fleuries en champs cultivés. Tous ces changements ont permis la grande expansion et la multiplication de l'espèce humaine. Mais ils ont aussi profondément modifié le paysage olfactif qui nous entoure.

Au lieu de forêts diversifiées aux essences mixtes, nous avons créé de vastes plantations d'arbres ne portant qu'une espèce unique. De la même manière, les odeurs se sont simplifiées. Prenons l'exemple de l'odeur d'une forêt actuelle d'épicéas comparée à celle d'une forêt primaire avec des espèces variées. Si vous en avez l'occasion, faites la comparaison lors de votre prochaine sortie dans les bois.

La même simplification s'est opérée en parallèle dans les champs. Ceux qui accueillaient autrefois une variété de cultures sont devenus d'immenses monocultures. La prairie américaine s'est transformée en une étendue sans fin de maïs et de blé. Les prés européens ont suivi la même voie. Quand on contemple les soi-disant odeurs naturelles qui nous entourent, on constate que le paysage olfactif a déjà subi un changement profond. Mais comment ?

Le rôle perturbateur du CO₂

Quand nous conduisons, volons ou faisons fonctionner nos industries, nous émettons de nombreuses substances qui affectent le climat et les molécules présentes dans l'atmosphère. L'un des changements les plus médiatisés liés à l'Anthropocène est l'augmentation du niveau de CO₂ dans l'environnement, qui contribue à l'effet de serre, aux changements climatiques dramatiques, à l'acidification des océans et à la déstabilisation générale du climat².

Bien que le CO₂ soit un composé assez peu réactif et sans impact chimique direct sur les odeurs dans l'atmosphère, le CO₂ ambiant peut modifier l'émission de composés volatils par les plantes suite à des changements physiologiques au sein de celles-ci. En effet, le dioxyde de carbone peut augmenter l'activité photosynthétique d'une plante en réduisant sa consommation d'eau et en modifiant la composition chimique des tissus végétaux³. Les variations de

taux de CO_2 peuvent aussi affecter la capacité des insectes à localiser leurs hôtes. Par exemple, pour trouver leur nectar, les papillons de nuit détectent les bouffées de CO_2 émises lors de l'éclosion des fleurs. Un taux de CO_2 élevé perturbe cette détection, influençant à la fois la pollinisation et les infestations de ravageurs⁴. De même, une augmentation du CO_2 ambiant réduit la capacité d'un moustique à traquer un hôte porteur de sang, car c'est l'un des principaux indices olfactifs utilisés par ces insectes pour détecter leurs hôtes (voir chapitre 9)⁵. Cela pourrait sembler bénéfique pour l'humain, mais il y a des inconvénients.

D'un point de vue évolutif, il a été démontré que la vitesse à laquelle de nouvelles espèces de moustiques apparaissent augmente fortement lors de périodes où le CO_2 atmosphérique est élevé⁶. Il se peut que cette accélération soit due à la diminution de la qualité du signal porté par le CO_2 des hôtes, obligeant les moustiques à utiliser d'autres odeurs plus spécifiques, ce qui pourrait avoir joué un rôle dans le mécanisme d'isolement entre nouvelles espèces. Ainsi, l'augmentation prévue du taux de CO_2 liée aux activités anthropiques a des conséquences importantes pour la santé humaine et l'efficacité de la pollinisation, en raison de changements dans l'abondance et la répartition des insectes. Sur Terre, les perspectives sont sombres. En mer, la situation est tout aussi préoccupante. Le CO_2 se dissout dans les océans, formant de l'acide carbonique qui acidifie l'eau⁷. Des études ont montré que cette acidification perturbe le sens de l'odorat chez les organismes marins. Qu'ils utilisent l'odorat pour détecter et éviter des prédateurs, trouver de la nourriture ou trouver un partenaire, un pH océanique diminué perturbera considérablement la vie marine en rendant ces tâches plus difficiles⁸. Et l'on ne sait pas encore si l'écosystème marin et la chaîne alimentaire sont capables de s'adapter à ces changements.

Des gaz en abondance et des variations de température

Contrairement au CO_2 , l'ozone et les oxydes d'azote (NOx) modifient directement la composition des mélanges odorants par leur pouvoir oxydant. Ces polluants ont augmenté récemment dans l'atmosphère et sont susceptibles de s'élever encore⁹. Leur augmentation risque d'altérer davantage les mélanges odorants utilisés par les insectes pour trouver nourriture, partenaires, hôtes ou sites de ponte. Tandis que chacun de ces aspects produit des effets au niveau individuel, leurs interactions produiront d'autres effets encore.

Les gaz NOx sont générés lors de la combustion de divers carburants. Ils sont dangereux pour la santé, causent les pluies acides et le *smog*^c. Le protoxyde d'azote, ou gaz hilarant, contribue aussi au réchauffement climatique.

c. NDLT : un mot anglais inventé en 1905 pour décrire le brouillard (*fog*) épais formé de particules de fumée (*smoke*) et de gouttes d'eau, à Londres, résultat de l'essor industriel.

Le méthane résulte de nombreux processus naturels, notamment par les pets et les rots des vaches, souvent cités, mais aussi par la fonte du pergélisol de la toundra – le biome écologique le plus froid – ce qui contribue aux records de température.

L'ozone dans la haute atmosphère forme une couche protectrice naturelle contre les rayons du soleil, mais au niveau du sol, c'est le principal composant du *smog*. Cet ozone s'y forme par l'interaction de la lumière avec diverses émissions issues de l'activité humaine. À ces gaz, nous ajoutons aussi beaucoup d'herbicides, fongicides et insecticides pour contrôler mauvaises herbes, champignons et insectes. Il a été démontré que ces produits chimiques ont un impact sur l'olfaction. Enfin, les activités humaines libèrent des ions métalliques qui impactent directement le sens de l'odorat.

Les variations de température de l'air et de la mer sont des caractéristiques majeures de l'Anthropocène. Influenceront-elles notre perception olfactive du monde? L'augmentation de la température ambiante peut non seulement modifier directement la composition des odeurs (car la volatilité des composés varie avec la température), mais aussi perturber indirectement les réponses physiologiques à la fois de l'émetteur et du récepteur.

Le monde des insectes

Ces dernières années, de nombreuses études nous ont alertés sur la perte des insectes. Par exemple, en Allemagne, la biomasse d'insectes a diminué de plus de moitié dans certaines régions¹⁰. Ce changement brutal dans notre environnement vivant a des conséquences graves pour les humains. Les populations d'abeilles déclinent, ce qui entraîne un manque de pollinisation des arbres fruitiers et une baisse dans la production de miel. Les bourdons et plusieurs autres insectes bénéfiques sont également affectés.

De plus, les insectes étant une nourriture de base pour beaucoup d'oiseaux, ceux-ci souffrent, à leur tour, d'une pénurie alimentaire. Cette diminution du nombre d'insectes serait-elle due aux effets des gaz et polluants sur l'olfaction et les odeurs? Cela semble au moins partiellement possible. En effet, plusieurs études ont montré que les gaz émis par les humains modifient les odeurs.

Prenons, par exemple, la pollinisation par les insectes. Pendant des millions d'années, la coévolution a affiné l'interaction entre fleurs et insectes, bénéfique pour les deux parties (au moins la plupart du temps, voir chapitre 13). Les fleurs ont une apparence visuelle que les insectes utilisent pour s'orienter à distance, tandis que les arômes floraux les guident à l'approche. Quand tout fonctionne bien, la plante est pollinisée et l'insecte reçoit nectar et pollen en récompense. Mais c'est un système fragile, et nous avons démontré sa vulnérabilité en supprimant l'interaction olfactive intime entre fleur et insecte

(voir chapitre 7 sur les papillons de nuit). Si l'odeur florale disparaît, il n'y a plus de pollinisation, ni de collecte de nectar. Ce système est tellement délicat que l'odeur n'a pas besoin de disparaître complètement pour perturber la communication, un simple changement suffit. C'est ce que nous observons avec la pollution gazeuse, notamment avec l'ozone.

L'effet de l'ozone

L'ozone possède un effet oxydant très puissant. Cela signifie qu'il provoque des réactions chimiques avec d'autres molécules. Dans mon laboratoire, nous avons mené une expérience : nous avons laissé des papillons sphinx du tabac voler vers une fleur particulière dans une soufflerie. D'abord, nous avons reproduit les conditions actuelles présentes dans la nature, et les papillons ont localisé facilement la fleur, permettant la pollinisation et la collecte de nectar. Ensuite, nous avons exposé la fleur à des niveaux élevés d'ozone et observé à nouveau le comportement des papillons qui se sont trouvés clairement désorientés, ne parvenant plus à repérer la fleur.

En analysant les molécules émises par la fleur, il s'est avéré que plusieurs d'entre elles avaient été altérées, dégageant une odeur très différente.

L'exposition à un niveau d'ozone déjà observé lors de journées chaudes dans certaines régions du monde a eu un effet perturbateur direct sur les services de pollinisation fournis par l'insecte. Nous avons poursuivi nos expériences pour voir si une certaine plasticité chez l'insecte pouvait atténuer les effets de l'ozone, et ce fut bien le cas.

Si un papillon était exposé à la « nouvelle » odeur florale, accompagnée d'un fort guidage visuel, une seule expérience de cette nouvelle odeur combinée à une récompense de nectar suffisait pour que le papillon apprenne à voler vers l'odeur modifiée par l'ozone et l'utilise pour son alimentation ultérieure¹¹. Comme le dit Ian Malcolm dans *Jurassic Park* : « La vie trouve toujours son chemin. »

La plupart des exemples montrent cependant les effets néfastes des niveaux élevés d'ozone sur la pollinisation assurée par abeilles, bourdons, papillons de nuit et d'autres encore. Il en va de même pour d'autres gaz, comme les émissions des moteurs diesel¹². Il est donc évident que nous devons faire tout notre possible pour limiter, voire réduire substantiellement, ces émissions.

Dans une autre étude, ma collègue Geraldine Wright a étudié les effets délétères des pesticides « modernes » sur les abeilles, importantes pollinisatrices. Les néonicotinoïdes sont les insecticides les plus utilisés dans le monde et sont moins nocifs pour les oiseaux et les mammifères que les anciens carbamates^d et organophosphorés. On supposait aussi que les faibles concentrations utilisées seraient

d. NDLT : les carbamates sont des composés chimiques qui servent de pesticides (insecticides, herbicides, fongicides) et de médicaments.

moins nocives pour ces abeilles si bénéfiques. Cependant, lorsque Geraldine a étudié l'apprentissage olfactif chez les abeilles exposées à de très faibles concentrations de néonicotinoïdes, il était clair qu'elles étaient gravement affectées¹³. Une fois de plus, la communication olfactive et les capacités sous-jacentes étaient perturbées par des interventions humaines.

Le rôle des fluctuations de température

La température est un autre facteur qui influence la vie des insectes. Une température plus élevée accélère fortement l'évaporation de toutes les molécules odorantes, ce qui peut intensifier les odeurs. Les insectes ne possèdent pas de thermorégulation et sont incapables de maintenir une température corporelle stable. Leurs fonctions physiologiques sont souvent finement ajustées aux températures ambiantes de leur habitat et leur sens de l'odorat ne fait pas exception. Un coléoptère vivant dans le désert peut fonctionner de manière optimale à 40 °C, tandis que mes propres enregistrements des neurones olfactifs dans les antennes de la phalène, papillon d'hiver, montrent un optimum autour de 10 °C. À 20 °C, ce système fonctionne à peine. Cela signifie que la hausse constante des températures causée par le changement climatique aura un effet direct sur le sens olfactif des insectes, et probablement sur de nombreux autres animaux « à sang froid ».

La montée des températures permet aussi aux insectes d'envahir de nouvelles régions du monde. Bien que la propagation des insectes ne soit pas directement liée à l'olfaction, il est clair que plusieurs insectes réputés pour leur guidage olfactif voient leur nombre exploser. Au chapitre 9 vous aurez plus d'information sur le moustique vecteur du paludisme. Ce n'est qu'une des nombreuses espèces répandant des maladies dans le monde. Actuellement, on les voit envahir de nouvelles régions, y compris en Europe et en Amérique du Nord. Plus récemment, le virus Zika, transmis par les moustiques *Aedes*, s'est propagé dans le sud des États-Unis depuis l'Amérique centrale et l'Amérique du Sud. D'autres maladies, comme la fièvre du Nil occidental et le chikungunya, se propagent également à mesure que de nouvelles zones deviennent favorables aux moustiques vecteurs¹⁴.

Au chapitre 10, vous serez informés de la vie olfactive des scolytes. Il y a seulement dix ans, ces coléoptères produisaient une génération par an, chaque femelle pouvant engendrer 60 descendants. Aujourd'hui, en Europe centrale, on compte jusqu'à trois générations annuelles, ce qui signifie qu'une seule femelle peut produire 3 000 descendants, qui entreront alors en hibernation après avoir tué un grand nombre d'épicéas.

Les perspectives de recherche sur les insectes

Il est clair que davantage de recherches sont nécessaires pour mieux comprendre ce qu'il se passe. Dans le but de saisir de façon précise comment