ED YONG



# UN MONDE IMMENSE

## Comment les animaux perçoivent le monde

LES
LIENS QUI
LIBÈRENT

# UN MONDE IMMENSE

Ed Yong

# UN MONDE IMMENSE

## Comment les animaux perçoivent le monde

Traduit de l'anglais (États-Unis)
par Corinne Smith

Éditions Les Liens qui Libèrent

OUVRAGE ÉDITÉ AVEC LE CONCOURS DU CENTRE NATIONAL DU LIVRE

La traductrice adresse tous ses remerciements à Martin Smith pour ses remarques et sa relecture attentive.

Titre original :
*An Immense World: How Animal Senses Reveal the Hidden Realms Around Us*

Publié pour la première fois sous le titre
*An Immense World: How Animal Senses Reveal the Hidden Realms Around Us*
par Penguin Random House LLC, New York.
© 2022 by Ed Yong
Tous droits réservés

ISBN : 979-10-209-2430-8
© Les Liens qui libèrent pour la traduction française, 2023

À Liz Neeley, qui me voit.

Si seulement tu comprenais
que le moindre oiseau qui fend l'air
est un immense monde de délices
fermé à tes cinq sens !

William Blake, in *Le Mariage du ciel et de l'enfer*, 1790-1793

# INTRODUCTION
## Le seul véritable voyage

Imaginez un éléphant dans une pièce. Un mammifère imposant. En chair et en os. Une évidence massive. Imaginez une pièce assez vaste pour l'accueillir, comme par exemple le gymnase d'une école. Imaginez également une souris qui se faufile dans la pièce en trottinant. Un rouge-gorge sautille à ses côtés. Un hibou est perché sur une poutrelle en surplomb. Une chauve-souris est suspendue au plafond, la tête à l'envers. Un serpent à sonnette ondule sur le sol. Une araignée a tissé sa toile dans un coin. Un moustique émet un son suraigu quelque part dans l'air. Un bourdon est posé sur une fleur de tournesol en pot. Enfin, au milieu de cet hypothétique espace de plus en plus peuplé, ajoutez un être humain. Appelons-le Rebecca. Elle a une bonne vue, une nature curieuse et un grand amour pour les animaux (heureusement). Ne vous souciez pas de savoir comment elle a fait pour se retrouver dans une telle situation. Peu importe pourquoi tous ces animaux sont présents dans ce gymnase. Considérez plutôt la façon dont Rebecca et toute cette ménagerie imaginaire se perçoivent les uns les autres.

L'éléphant dresse sa trompe comme un périscope, le serpent à sonnette fait jaillir sa langue et le moustique fend l'air toutes antennes en alerte. Tous les trois sentent l'air autour d'eux et captent les odeurs environnantes. L'éléphant ne perçoit rien de particulier. Le serpent à sonnette détecte la trace de la souris et s'enroule sur lui-même en embuscade. Le moustique

sent l'attirant dioxyde de carbone de la respiration de Rebecca et l'odeur de sa peau. Il atterrit sur son bras, prêt à prendre son repas ; mais avant qu'il ne pique, Rebecca le chasse en se tapotant le bras. Le bruit de la tape dérange la souris. Celle-ci pousse un couinement d'alarme à une fréquence audible pour la chauve-souris, mais trop élevée pour être perçue par l'éléphant. L'éléphant, pendant ce temps, émet un profond barrissement tonitruant, trop grave pour être entendu par la souris ou la chauve-souris, mais il est perçu par l'abdomen sensible du serpent à sonnette. Rebecca, qui ne perçoit ni les ultrasons des couinements de la souris ni les infrasons du barrissement de l'éléphant, entend bien le rouge-gorge qui chante à des fréquences plus adaptées à ses oreilles. Mais son audition n'est pas assez fine pour saisir toutes les nuances que l'oiseau inscrit dans sa mélodie.

Le plastron du rouge-gorge paraît rouge pour Rebecca mais pas pour l'éléphant, dont la perception visuelle est réduite aux nuances de bleu et de jaune. Le bourdon ne perçoit pas le rouge non plus, mais il est vraiment sensible aux rayonnements ultraviolets situés à l'autre extrémité de l'arc-en-ciel. La fleur de tournesol sur laquelle il s'est posé présente en son centre une cible ultraviolette qui attire l'attention à la fois de l'oiseau et du bourdon. Cette cible est invisible pour Rebecca. Elle pense que la fleur est d'une seule couleur, le jaune. Ses yeux sont pourtant les plus perçants parmi tous les animaux de la pièce. Contrairement à l'éléphant ou au bourdon, elle est capable de repérer la petite araignée au milieu de sa toile. Mais elle ne voit plus grand-chose une fois les lumières éteintes.

Plongée dans l'obscurité, Rebecca avance lentement, les bras tendus, espérant toucher les obstacles sur son passage. La souris fait de même mais à l'aide de ses vibrisses, qu'elle agite d'avant en arrière plusieurs fois par seconde pour cartographier son environnement. Lorsqu'elle se faufile entre les pieds de Rebecca, celle-ci ne peut entendre son trottinement mais le hibou perché en surplomb le perçoit très facilement. Le disque facial du hibou, composé de plumes rigides, lui permet de diriger les sons vers ses oreilles très sensibles dont l'une est légèrement plus haute que l'autre. Grâce à cette asymétrie, le hibou peut localiser précisément la source sonore des trottinements de la souris dans le plan vertical et dans le plan horizontal. Il fond droit sur la souris au moment même où elle se hasarde près du serpent à sonnette à l'affût. Le serpent, grâce à ses deux fossettes

thermosensibles situées entre les yeux et les narines, perçoit le rayonnement infrarouge émanant des corps chauds. Il voit, à proprement parler, la chaleur. Pour lui, le corps de la souris rayonne tel un signal lumineux. Le serpent attaque… et se heurte au hibou en plein piqué.

Le choc passe inaperçu pour l'araignée, qui entend ou voit à peine les autres participants. Son univers est presque entièrement défini par les vibrations se propageant sur sa toile – un piège réalisé par ses soins qui agit comme une extension de ses sens. Lorsque le moustique se prend dans ses filets soyeux, l'araignée détecte les vibrations caractéristiques d'une proie qui se débat. Elle se précipite sur le moustique pour lui donner le coup de grâce. Mais au cours de son attaque, elle ne perçoit pas les ultrasons qui rebondissent sur son corps en direction de la créature qui les émet : la chauve-souris. Celle-ci a un sonar si précis qu'il lui permet non seulement de détecter l'araignée dans l'obscurité mais aussi de la localiser avec assez de précision pour venir la cueillir dans sa toile.

Pendant que la chauve-souris dévore l'araignée, le rouge-gorge ressent une attraction familière que la plupart des autres animaux n'éprouvent pas. Le temps s'est rafraîchi et le moment est venu de migrer vers des climats méridionaux plus chauds. Même dans ce gymnase clos, le rouge-gorge perçoit le champ magnétique de la Terre. Guidé par sa boussole interne, il s'échappe par une fenêtre et s'envole très exactement vers le sud. Il laisse derrière lui un éléphant, une chauve-souris, un bourdon, un serpent à sonnette, un hibou légèrement ébouriffé, une souris qui a eu beaucoup de chance et une Rebecca. Ces sept créatures partagent le même espace physique mais l'expérimentent de manière extrêmement et extraordinairement différente. Il en va de même pour les milliards d'autres espèces animales sur la planète et les innombrables membres de ces espèces*. La Terre foisonne d'images et de textures, de sons et de vibrations, d'odeurs et de goûts, de champs électriques et magnétiques. Mais chaque animal puise uniquement une petite fraction de la richesse de la réalité. Chaque animal vit dans un

*. Pour comprendre à quel point les sens peuvent varier à l'intérieur d'une même espèce, considérez les humains. Certains ne différencient pas le rouge du vert. Pour d'autres, le corps humain sent la vanille. Pour d'autres encore, la coriandre a un goût de savon.

monde clos, ne percevant depuis sa bulle sensorielle qu'une minuscule portion d'un monde immense.

Il existe un mot magnifique pour désigner cette bulle sensorielle : *Umwelt*. Il a été redéfini et popularisé[1] par le zoologue germano-balte Jakob von Uexküll (1864-1944) en 1909. *Umwelt* signifie « environnement » en allemand, mais Uexküll ne l'a pas simplement utilisé pour désigner ce qui entoure un animal mais plutôt pour désigner la partie spécifique de l'environnement qu'un animal peut sentir et expérimenter : son univers *perceptif* propre. Comme les occupants de notre pièce imaginaire, une multitude de créatures peuvent se trouver dans le même espace physique et avoir des *Umwelten* complètement différents. Une tique en quête du sang d'un mammifère s'intéresse à la chaleur corporelle, à la texture du poil, à l'odeur de l'acide butyrique émanant de la peau du mammifère. Ces trois éléments constituent son *Umwelt*. Le vert des arbres, le rouge des roses, le bleu des cieux, le blanc des nuages ne font pas partie de son « merveilleux monde* ». La tique ne fait pas exprès de les ignorer. Elle est incapable de les percevoir et elle ne sait pas qu'ils existent.

Uexküll a comparé le corps d'un animal[2] à une maison. « Chaque maison possède un certain nombre de fenêtres, écrit-il, qui donnent sur le jardin : une pour la lumière, une pour les sons, une pour les odeurs, une pour le goût et un grand nombre pour le toucher. Vu de la maison, le jardin change d'aspect selon la structure des fenêtres. Il n'apparaît jamais comme un fragment d'un monde plus étendu, mais comme le seul monde qui appartienne à la maison : son *Umwelt*. Le jardin qui apparaît à nos yeux est fondamentalement différent de celui qui s'offre aux habitants de la maison[3]. »

Cette conception présentait alors une certaine radicalité – c'est peut-être encore le cas aujourd'hui dans certains milieux. À la différence de nombre de ses contemporains, Uexküll ne considérait pas les animaux comme de simples machines mais comme des êtres sensibles, dont les mondes intérieurs non seulement existent mais méritent d'être étudiés. Uexküll ne

*. (NdT) Allusion à la chanson « What a wonderful world » de Louis Armstrong (1901-1971) composée en 1967.

plaçait pas les mondes intérieurs humains bien au-dessus des mondes des autres espèces. Pour lui, le concept d'*Umwelt* avait une puissance unificatrice et égalisatrice. La maison de l'humain est peut-être plus grande que celle de la tique, avec davantage de fenêtres permettant de voir une plus grande partie du jardin, mais nous sommes toujours coincés à l'intérieur d'une maison, à regarder dehors. Notre *Umwelt* est toujours limité, même si nous ne *ressentons* pas cette limitation. Pour nous, notre *Umwelt* englobe toute la réalité. Il est tout ce que nous connaissons, aussi le confondons-nous aisément avec tout ce qui est vraiment à connaître. Il s'agit d'une illusion, une illusion partagée par chaque animal.

Nous ne pouvons pas ressentir les faibles champs électriques que ressentent les requins et les ornithorynques. Ni les champs magnétiques familiers aux rouges-gorges ou aux tortues de mer. Nous sommes incapables de suivre le sillage invisible d'un poisson comme un phoque sait le faire. Nous ne ressentons pas les courants d'air générés par une mouche en plein vol contrairement à certaines araignées de la famille de l'araignée-banane. Nos oreilles ne peuvent entendre les appels ultrasonores des rongeurs et des colibris ni les appels infrasonores émis par les éléphants et les baleines. Nos yeux ne peuvent voir le rayonnement infrarouge que détectent les serpents à sonnette ni le rayonnement ultraviolet perçu par les oiseaux et les abeilles.

Même lorsque les animaux ont les mêmes sens que nous, leurs *Umwelten* peuvent être très différents. Certains animaux peuvent entendre des sons dans ce qui nous semble un silence complet, voir des couleurs dans ce qui nous semble une obscurité totale et sentir des vibrations dans ce qui nous semble une immobilité parfaite. Certains animaux ont même des yeux sur leurs organes génitaux, des oreilles sur leurs genoux, des nez sur leurs membres et des langues recouvrant entièrement leur peau. Les étoiles de mer voient avec le bout de leurs bras et les oursins avec leur corps tout entier. La taupe à nez étoilé explore les alentours avec son nez alors que le lamantin se sert de ses lèvres. Pour autant, nous autres humains ne sommes pas des nullités en matière sensorielle. Notre audition est correcte et certainement meilleure que celle des millions d'insectes qui n'ont pas d'oreilles du tout. Notre vue, remarquablement perçante, est capable de distinguer des formes sur le corps des animaux qu'eux-mêmes ne voient pas. Chaque

espèce est dotée d'une perception ample ou restreinte selon les critères retenus. Pour cette raison, ce livre n'est pas une suite de listes hiérarchisant puérilement les animaux selon l'acuité de leurs sens et leur capacité à faire mieux que les nôtres. Dans ce livre, il n'est pas question de supériorité, mais de diversité.

Ce livre est avant tout un livre sur les animaux en tant qu'animaux. Certains scientifiques étudient les sens des autres animaux pour mieux comprendre les nôtres, se servant de créatures exceptionnelles comme le poisson électrique, les chauves-souris ou les hiboux comme des « organismes modèles » pour découvrir le fonctionnement de nos propres systèmes sensoriels. D'autres font de la rétro-ingénierie avec les sens des animaux pour inventer de nouvelles technologies : les yeux des homards ont ainsi inspiré l'invention d'un télescope, les oreilles d'une mouche parasite ont contribué à la conception d'aides auditives, le sonar du dauphin a permis de perfectionner le sonar militaire. Ces deux types de motivation peuvent se défendre, mais aucune des deux ne m'intéresse. Les animaux ne sont ni nos substituts ni une matière première pour des sessions de remue-méninges. Ils ont une valeur en eux-mêmes. Nous explorerons leurs sens pour mieux comprendre *leur* vie. L'animal « se meut, achevé et parfait, doué d'une perfection que nous avons perdue (à moins que nous ne l'ayons jamais atteinte), guidé par des voix que nous n'entendrons plus jamais, écrit le naturaliste américain Henry Beston (1888-1968). Les animaux ne sont ni nos frères, ni nos inférieurs. Ils sont d'autres peuples, pris avec nous-mêmes dans le réseau de la vie et du temps. Ils sont prisonniers, à nos côtés, de la splendeur et du travail de la Terre[4]. »

Quelques termes spécifiques viendront jalonner notre voyage. Pour percevoir le monde[5], les animaux détectent des *stimulus* – des quantités comme la lumière, le son ou les substances chimiques – et les convertissent en signaux électriques se propageant par les neurones jusqu'au cerveau. Les cellules détectant les stimulus sont appelées des *récepteurs* : les photorécepteurs détectent la lumière, les chimiorécepteurs les molécules et les mécanorécepteurs la pression ou le mouvement. Ces cellules réceptrices sont souvent concentrées dans des *organes sensoriels* comme les yeux, le nez, les oreilles. Ces organes sensoriels, alliés aux neurones transmettant

leurs signaux et aux zones du cerveau qui traitent ces signaux, forment ensemble ce que l'on appelle des *systèmes sensoriels*. Le système sensoriel visuel, par exemple, est formé par les yeux contenant les photorécepteurs, le nerf optique et le cortex visuel situé dans le cerveau. L'ensemble de ces structures nous permet, sauf exception, de voir.

Le paragraphe précédent aurait pu être tiré d'un manuel scolaire. Mais prenez un moment pour réfléchir au miracle qu'il décrit. La lumière n'est qu'un rayonnement électromagnétique. Le son n'est rien d'autre qu'une succession de variations de la pression de l'air. Les odeurs ne sont que de petites molécules. Que nous soyons capables de détecter *un seul* de ces éléments n'a rien d'une évidence. Il est encore moins évident que nous soyons capables de les convertir en signaux électriques et d'en tirer le spectacle d'un soleil levant, le son d'une voix ou l'odeur du pain en train de cuire. Les sens transforment le flux chaotique du monde en perceptions et en expériences – auxquelles nous pouvons réagir et sur lesquelles nous pouvons agir. Grâce aux sens, la biologie terrasse la physique. Les sens transforment les stimulus en *informations*. Ils tirent une cohérence d'une succession d'aléas et tissent du sens à partir d'éléments épars. Ils relient les animaux à leur environnement. Et ils relient les animaux entre eux grâce à des expressions, des postures, des gestes, des cris et des courants électriques.

Les sens contraignent la vie d'un animal, en limitant ce qu'il peut détecter et réaliser. Mais ils déterminent également l'avenir d'une espèce et ses trajectoires évolutives. Par exemple, il y a 400 millions d'années environ, certains poissons ont commencé à quitter le milieu aquatique et à s'adapter à la vie sur la terre ferme. À l'extérieur, ces pionniers – nos ancêtres – pouvaient voir bien plus loin que dans l'eau. Selon le neuroscientifique Malcolm MacIver[6], ce changement a stimulé l'évolution de capacités mentales avancées comme la planification et la pensée stratégique. Au lieu de réagir simplement à ce qui était devant eux, ils ont pu anticiper. En voyant plus loin physiquement, ils ont également vu plus loin mentalement. Leur esprit s'est élargi avec leur *Umwelt*.

Un *Umwelt* ne peut cependant pas s'étendre indéfiniment. Les sens ont toujours un coût. Les animaux doivent maintenir les neurones du système sensoriel en alerte permanente afin de faire feu en cas de nécessité[7]. Il s'agit d'une tâche épuisante, comme si l'on devait garder un arc tendu en

permanence afin que la flèche puisse partir au bon moment. Même quand vos paupières sont closes, votre système visuel est un gouffre énergétique consommant vos réserves. Aucun être vivant n'est donc capable de tout percevoir de façon optimale.

Et aucun être vivant ne le souhaiterait. Car il serait envahi par un flux de stimulus dont la plupart lui seraient inutiles. Évoluant selon les besoins de leur propriétaire, les sens trient une infinité de stimulus, évacuant ce qui n'est pas pertinent et conservant les signaux utiles pour se nourrir, s'abriter, menacer, s'allier et s'accoupler. Les sens sont comme des assistants personnels qui arrivent au cerveau avec l'information la plus importante seulement*. Au sujet de la tique, Uexküll note que la richesse du monde autour d'elle « disparaît et se réduit à une forme pauvre » de trois stimulus seulement. « Mais la pauvreté du milieu conditionne la sûreté de l'action et la sûreté est plus importante que la richesse[9]. » Aucune créature ne peut tout percevoir et aucune créature n'en a besoin. Voilà pourquoi les *Umwelten* existent. C'est aussi pourquoi la contemplation de l'*Umwelt* d'un autre animal est si humaine et si profonde. Nos sens filtrent et laissent passer ce dont nous avons besoin. À nous de choisir de nous intéresser à tout ce qui reste.

Les sens des animaux nous fascinent depuis des millénaires, mais il reste beaucoup de mystères. De nombreux animaux dont l'*Umwelt* est très différent du nôtre vivent dans des habitats inaccessibles ou impénétrables – des rivières boueuses, des grottes sombres, la haute mer, des profondeurs abyssales et des mondes souterrains. Leur comportement naturel est difficile à observer et plus encore à interpréter. De nombreux scientifiques se limitent à étudier des animaux capables de vivre en captivité, avec toute l'étrangeté que cela implique. Même dans les labos, il est difficile de travailler avec les animaux. Des expériences susceptibles de révéler comment ils utilisent leurs sens sont difficiles à concevoir, particulièrement lorsque ces sens sont radicalement différents des nôtres.

---

*. En 1987, le scientifique allemand Rüdiger Wehner[8] a décrit les sens comme des « filtres adaptés ». Ce réglage sur les stimulus sensoriels que l'animal a le plus besoin de détecter est un aspect de son système sensoriel.

De nouveaux éléments stupéfiants – et parfois, des sens entièrement inconnus – sont découverts régulièrement. En 2012, on a ainsi découvert que des rorquals ont à l'extrémité de leur mâchoire inférieure un capteur de la taille d'un ballon de volley dont la fonction est toujours indéterminée[10]. Certains faits rapportés dans ces pages sont connus depuis des décennies ou même des siècles alors que d'autres ont été découverts pendant que je rédigeais ce livre. Et tant de phénomènes restent encore inexpliqués. Un biologiste des sens, Sönke Johnsen, m'a confié : « Mon père, qui est physicien moléculaire, m'a posé un jour une avalanche de questions. Après quelques *Je ne sais pas*, il m'a lancé : *Vous, les biologistes, vous ne savez vraiment rien.* » Inspiré par cette discussion[11], Johnsen a publié un article en 2017 intitulé : « Nous ne savons vraiment rien. Vraiment ? Questions ouvertes en biologie des sens. »

Considérez la question suivante, en apparence simple. *Combien de sens existe-t-il ?* Il y a quelque 2370 ans, Aristote en dénombrait cinq chez les humains et les autres animaux : la vue, l'ouïe, l'odorat, le goût et le toucher. Ce décompte est encore couramment utilisé aujourd'hui. La philosophe Fiona Macpherson avance quelques raisons pour le contester[12]. Pour commencer, Aristote a commis des oublis chez les humains : la proprioception, c'est-à-dire la conscience de notre propre corps distincte du toucher ; et l'équilibrioception, c'est-à-dire le sens de l'équilibre, lié aux sens du toucher et de la vue.

D'autres animaux ont des sens encore plus difficiles à répertorier. De nombreux vertébrés, ces animaux dotés d'une colonne vertébrale, ont un second système sensoriel pour détecter les odeurs, régi par l'organe voméronasal. Fait-il partie du système olfactif principal, ou bien est-il séparé ? Les serpents à sonnette détectent la chaleur corporelle de leur proie, mais leurs récepteurs détectant la chaleur sont reliés au centre visuel du cerveau. Font-ils partie de la vision ou sont-ils distincts ? Le bec de l'ornithorynque est bardé de capteurs détectant les uns des champs électriques et les autres la pression. Son cerveau traite-t-il ces flux d'information différemment ou utilise-t-il un seul sens que l'on pourrait appeler l'électro-toucher ?

Ces exemples nous apprennent que « les sens ne peuvent être facilement classés selon un nombre restreint de types bien délimités », écrit Macpherson dans *The Senses*[13]. Au lieu d'essayer de faire entrer les sens des

animaux dans les sempiternelles catégories aristotéliciennes, nous devrions les étudier pour ce qu'ils sont*. Même si j'ai organisé ce livre en chapitres qui examinent tour à tour des stimulus spécifiques, comme la lumière ou le son, c'est largement pour des raisons pratiques. Chaque chapitre est une porte ouverte sur la multitude des usages que les animaux peuvent faire avec chaque stimulus. Notre objectif ne consistera pas à dresser une liste des sens, ni à parler d'un absurde « sixième sens ». Nous nous demanderons en revanche comment les animaux utilisent leurs sens et nous essaierons d'entrer dans leurs *Umwelten*.

La tâche ne sera pas facile. Dans un article désormais classique paru en 1974, « Quel effet cela fait, d'être une chauve-souris ? », le philosophe américain Thomas Nagel montrait que les autres animaux ont des expériences conscientes qui sont intrinsèquement subjectives et donc difficiles à décrire. Les chauves-souris, par exemple, perçoivent le monde grâce à leur sonar, et puisqu'il s'agit d'un sens dont la majorité des humains sont dépourvus, « il n'y a pas de raison de supposer que le sonar ressemble subjectivement à quoi que ce soit que nous puissions expérimenter ou imaginer », écrit Nagel[14]. Vous pouvez toujours vous imaginer avec des ailes de chauve-souris sur les bras ou avec des insectes dans la bouche, mais vous vous forgerez toujours une image caricaturale de *vous-même* en chauve-souris. « J'aimerais savoir quel effet cela fait à une *chauve-souris* d'être une chauve-souris, écrit Nagel. Cependant, si j'essaie d'imaginer cela, je suis borné aux ressources de mon propre esprit, et ces ressources sont inadéquates pour cette tâche. »

Nous réfléchissons sur les autres animaux avec un biais causé par nos sens, en particulier celui de la vision. Notre espèce et notre culture sont tellement déterminées par la vue que même des personnes aveugles depuis la

*. Si vous vouliez simplifier au maximum, vous pourriez soutenir qu'il n'y a vraiment que deux types de sens, chimique et mécanique. Les sens chimiques comprennent l'odorat, le goût et la vision. Les sens mécaniques comprennent le toucher, l'ouïe et les sens électriques. Le sens magnétique pourrait être rangé dans l'une ou l'autre de ces deux catégories, ou même dans ces deux catégories à la fois. Ce classement vous paraîtra peut-être complètement inadapté à ce stade de votre lecture, mais il deviendra plus pertinent au fil des pages. Je n'y suis pas particulièrement attaché, mais c'est une des manières possibles d'aborder les sens qui pourra satisfaire les lecteurs taxonomistes.

naissance décriront le monde en utilisant des métaphores visuelles*. Vous êtes d'accord avec des gens dont vous *voyez* ce qu'ils veulent dire, ou vous partagez leur point de *vue.* Vous n'avez pas conscience de certaines choses qui sont un *point aveugle.* L'avenir prometteur est *radieux* et *lumineux*, les dystopies *sombres* et *obscures*. Même lorsque les scientifiques décrivent les sens dont les humains sont totalement privés, comme la capacité à détecter des champs électriques, ils parlent d'*images* et d'*ombres.* Pour nous, le langage est une bénédiction et une malédiction. Il nous donne les outils pour décrire l'*Umwelt* d'un autre animal, mais fait entrer notre propre monde sensoriel dans ces descriptions.

Les spécialistes du comportement animal débattent souvent des périls de l'anthropomorphisme – cette tendance à attribuer de façon inappropriée des émotions humaines ou des capacités mentales à d'autres animaux. Mais la manifestation d'anthropomorphisme la plus courante et la moins reconnue est peut-être la tendance à oublier l'existence des autres *Umwelten*, à comprendre l'organisation des vies des animaux du point de vue de *nos* sens plutôt que des *leurs*. Un tel biais n'est pas sans conséquences. Nous nuisons aux animaux en faisant entrer dans leur monde des stimulus qui submergent ou perturbent leurs sens. Les lumières sur les côtes maritimes désorientent ainsi les tortues fraîchement écloses vers le rivage au lieu du grand large, les bruits sous-marins brouillent les appels des baleines, et les vitres sont confondues avec une étendue d'eau par les chauves-souris. Nous interprétons mal les besoins des animaux qui nous sont les plus proches, en empêchant les chiens qui s'orientent grâce à leur odorat de renifler leur environnement et en leur imposant notre monde visuel. Nous sous-estimons à notre propre détriment ce dont les animaux sont capables. Ainsi, nous ne comprenons pas à quel point la nature est réellement immense et merveilleuse. Un monde de délices, selon le poète William Blake, « fermé à tes cinq sens ».

Au cours de cet ouvrage, nous allons rencontrer des aptitudes chez les animaux que certains ont longtemps cru impossibles ou absurdes. Le

*. Permettez-moi de dire combien il m'a été difficile d'éviter dans tout cet ouvrage d'employer des métaphores visuelles lorsqu'il s'agissait de décrire les sens autres que la vue. Lorsque je n'ai pas pu faire autrement, j'ai au moins essayé d'employer avec pertinence et de façon explicite les expressions visuelles.

zoologue Donald Griffin (1915-2003)[15], qui a codécouvert le sonar des chauves-souris, a écrit un jour que les biologistes ont été trop influencés par ce qu'il appelle des « filtres simplificateurs ». Ces biologistes paraissaient en effet réticents à envisager que les sens qu'ils étudiaient pouvaient être plus complexes et plus sophistiqués que ce qu'ils pensaient, malgré ce que pouvaient suggérer certaines de leurs observations. Mon reproche semble contredire le principe du rasoir d'Occam selon lequel l'explication la plus simple est généralement la meilleure. Mais ce principe est valable uniquement *si vous avez collecté toute l'information nécessaire.* Selon Griffin, cela pouvait ne pas être le cas. Les explications scientifiques sur les autres animaux sont dictées par les données collectées, influencées par les questions posées, dirigées par l'imagination du scientifique qui est elle-même délimitée par ses propres sens. Les limites de l'*Umwelt* humain nous rendent les autres *Umwelten* opaques.

Griffin ne donne pas pour autant carte blanche à la formulation d'explications alambiquées ou paranormales pour éclairer le comportement animal. J'interprète ce que dit Griffin ainsi que l'article de Nagel comme un appel à l'humilité. Ils nous rappellent que les autres animaux sont complexes et que malgré notre intelligence tant vantée, il nous est très difficile de comprendre les autres créatures ou de résister à la tentation de voir leurs sens à travers les nôtres. Nous pouvons étudier les propriétés physiques de l'environnement des animaux, analyser ce à quoi ils réagissent ou non, retracer le réseau des neurones qui relie leurs organes sensoriels à leur cerveau. Mais le véritable exploit cognitif – consistant à réfléchir sur ce que cela fait d'être une chauve-souris, un éléphant ou une araignée – nécessite toujours selon les termes de la psychologue Alexandra Horowitz « un saut imaginatif éclairé[16] ».

De nombreux biologistes des sens ont fait des études artistiques, ce qui leur permet de voir au-delà des mondes sensoriels créés automatiquement par nos cerveaux. Sönke Johnsen, par exemple, a étudié la peinture, la sculpture et la danse moderne bien avant d'étudier la vision animale. Pour représenter le monde autour de nous, dit-il, les artistes doivent repousser les limites de leur *Umwelt* et regarder au-delà des apparences. Cette capacité l'aide à « penser que les animaux ont des mondes sensoriels différents ». Johnsen note également que de nombreux biologistes sensoriels ont

eux-mêmes certaines facultés divergentes. Sarah Zylinski étudie la vision de la seiche et d'autres céphalopodes. Comme elle est elle-même atteinte de prosopagnosie, elle ne peut pas reconnaître les visages, même familiers, comme celui de sa propre mère. Kentaro Arikawa étudie la vision de la couleur chez les papillons : il est daltonien. Suzanne Amador Kane étudie les signaux visuels et vibratoires chez les paons : la chercheuse voit les couleurs de façon légèrement différente de chaque œil, l'un colorant légèrement sa vision en rouge. Johnsen suppose que ces différences, que certains qualifieraient de « troubles », prédisposent certaines personnes à sortir de leur *Umwelt* et à s'ouvrir à celui des autres animaux. Il se pourrait que les gens percevant le monde d'une manière considérée comme atypique ressentent intuitivement les limites de la typicité.

Nous pouvons tous faire de même. J'ai commencé ce livre en vous invitant à imaginer une salle remplie d'animaux hypothétiques. Je vous demande d'accomplir le même exploit imaginatif au cours de la lecture des 13 prochains chapitres. La tâche sera ardue, comme l'a prédit Nagel. Mais l'effort en vaudra la peine et sera couronné de gloire. Au cours de ce voyage à travers les *Umwelten* de la nature, nos intuitions seront nos plus grands handicaps et les fruits de notre imagination nos plus grands atouts.

À la fin d'une matinée de juin 1998, Mike Ryan faisait une randonnée dans la forêt pluviale du Panama à la recherche d'animaux, en compagnie de son ancien étudiant Rex Cocroft. Habituellement, Ryan cherchait des grenouilles. Mais Cocroft, s'étant pris d'affection pour des insectes suceurs de sève – des petites punaises sautillantes de la famille des membracides –, avait quelque chose de chouette à montrer à son ami. Sortant de leur station de recherche, le duo a quitté la route et marché le long d'une rivière. Après avoir repéré le bon arbuste, Cocroft a retourné quelques feuilles et a rapidement trouvé toute une famille de petits membracides de l'espèce *Calloconophora pinguis.* Cocroft a trouvé une mère avec ses petits, dont les dos noirs en forme de dôme pointent vers l'avant et ressemblent à la coiffure d'Elvis Presley.

Les membracides communiquent en envoyant des vibrations à travers les plantes sur lesquelles ils sont posés. Ces vibrations ne sont pas audibles, mais elles peuvent être facilement converties en sons. Cocroft a

accroché un simple microphone sur la plante. Il a donné des écouteurs à Ryan en lui demandant de tendre l'oreille. Il a ensuite fait vibrer la feuille. Immédiatement, les petits membracides ont fui tout en émettant des vibrations en contractant les muscles de leur abdomen. « Je pensais que j'allais entendre une sorte de grouillement, se souvient Ryan. Or ce que j'ai entendu ressemblait à des meuglements de vache. » Le son était profond, ample, et ressemblait à tout sauf à un bruit d'insecte. Une fois les petits calmés et revenus auprès de leur mère, la cacophonie des meuglements vibratoires s'est transformée en un chœur synchrone.

Sans les perdre de vue, Ryan a enlevé ses écouteurs. Tout autour de lui, il a entendu des oiseaux chanter, des singes hurleurs crier et des insectes striduler. Mais pas un son provenant des membracides. Puis Ryan a remis ses écouteurs. « J'ai été transporté dans un monde totalement différent », me dit-il. Une fois encore, les bruits de la jungle ont quitté son *Umwelt* et le meuglement des membracides est revenu. « Quelle expérience inoubliable, me dit-il. Un vrai voyage sensoriel. Je me trouvais en un seul endroit, mais à la lisière de deux environnements vraiment agréables. C'était une expérience très frappante des idées d'Uexküll. »

Le concept d'*Umwelt* peut sembler contraignant car il implique que chaque animal est enfermé dans la maison de ses sens. Mais pour moi, cette idée est merveilleusement libératrice. Elle nous dit que la réalité ne se réduit pas aux apparences et que tout ce que nous expérimentons est une version filtrée de tout ce que nous *pourrions* expérimenter. L'*Umwelt* nous rappelle qu'il y a de la lumière dans l'obscurité, du bruit dans le silence, de la richesse dans le néant. Il fait deviner les lueurs de l'étrange dans l'univers familier, de l'extraordinaire dans l'ordinaire, de la magnificence dans la banalité. Il nous montre qu'attacher un micro à une plante peut être un acte d'exploration audacieux. Se tenir entre les *Umwelten*, ou du moins essayer, c'est comme mettre le pied sur une autre planète. Uexküll a même baptisé son travail « carnet de voyage ».

Lorsque nous sommes attentifs à d'autres animaux, notre propre monde s'étend et s'approfondit. Écoutez les membracides et vous vous apercevrez que les plantes sont parcourues de chants vibratoires silencieux. Observez un chien en promenade et vous comprendrez que les villes sont quadrillées d'un écheveau d'odeurs porteuses des biographies et des histoires de leurs

habitants. Observez un phoque en train de nager et vous comprendrez que l'eau est pleine de traces et de pistes. « Lorsque vous observez le comportement d'un animal du point de vue de cet animal, toutes ces informations essentielles apparaissent d'un coup. Sinon, vous les auriez manquées, m'a dit Colleen Reichmuth, une biologiste des sens qui étudie les phoques et les lions de mer. C'est une loupe magique qui permet d'accéder à cette connaissance. »

Selon Malcolm MacIver, lorsque les animaux ont quitté la mer pour la terre ferme, l'élargissement de leur champ de vision a stimulé l'évolution de leurs capacités de compréhension et de prévision. Leurs *Umwelten* se sont élargis, tout comme leurs esprits. De même, l'acte de plonger dans d'autres *Umwelten* nous permet de voir plus loin et de penser plus profondément. Je me souviens de la déclaration d'Hamlet à Horatio : « Il y a plus de choses dans le ciel et sur la terre que n'en rêve votre philosophie. » Cette citation est souvent comprise comme un appel à reconnaître un monde surnaturel. J'y vois plutôt un appel à mieux comprendre le monde naturel. Si certains sens nous semblent paranormaux, c'est parce que nous sommes très limités et très douloureusement inconscients de nos limites. Les philosophes ont longtemps plaint le poisson rouge ignorant le monde hors de son bocal. Mais nos propres sens créent un bocal autour de nous – un bocal que nous ne franchissons généralement pas.

Mais nous pouvons essayer. Les auteurs de science-fiction aiment convoquer des univers parallèles et des réalités alternatives similaires à notre monde… tout en étant légèrement différents. Or ces univers et ces réalités existent vraiment. Nous les visiterons un par un, en commençant par les sens les plus anciens et les plus universels : les sens liés à la chimie comme l'odorat et le goût. Nous suivrons ensuite un itinéraire inattendu pour visiter le domaine de la vision. Ce sens qui domine l'*Umwelt* de la plupart des humains réserve encore bien des surprises. Nous nous arrêterons pour savourer le monde merveilleux des couleurs avant de nous diriger vers les territoires plus arides de la perception de la douleur et de la chaleur. Nous voguerons ensuite parmi les sens relevant de la mécanique, liés à la pression et au mouvement : le toucher, la vibration et l'ouïe dont la forme la plus impressionnante est l'écholocalisation. Ensuite, tels des voyageurs sensoriels confirmés dont l'imagination a été pleinement préparée, nous ferons

notre saut imaginatif le plus difficile dans le monde des sens étranges que les animaux utilisent pour détecter les champs électriques et magnétiques, ce qui nous est impossible. Enfin, au terme de notre voyage, nous verrons comment les animaux unifient les données transmises par leurs sens, comment les humains polluent et déforment ces données et quelles sont, à la lumière de ces connaissances nouvelles, nos responsabilités envers la nature.

Comme l'écrit Marcel Proust : « Le seul véritable voyage […] ce ne serait pas d'aller vers de nouveaux paysages, mais d'avoir d'autres yeux, de voir l'univers avec les yeux d'un autre, de cent autres, de voir les cent univers que chacun d'eux voit[17]. » Commençons ce voyage.

CHAPITRE 1

# La piste des molécules

## *Odeurs et saveurs*

« Je ne pense pas qu'il soit déjà venu ici, me dit Alexandra Horowitz. Cela doit donc sentir très fort pour lui. »

« Lui », c'est Finnegan, son labrador croisé à la robe noir d'encre, également surnommé Finn. « Ici » désigne la petite pièce dépourvue de fenêtres, à New York, où elle réalise des expériences psychologiques sur les chiens. « Très fort » se rapporte aux odeurs encore inconnues qui assaillent l'odorat de Finn. Toutes ces nouvelles odeurs devraient normalement intéresser son nez perpétuellement en éveil. En effet, Finn renifle autour de lui tandis que je jette un coup d'œil autour de moi. Finn explore les lieux, truffe en avant, flairant avec intérêt le tapis de sol en mousse, le clavier et la souris sur le bureau, le rideau tiré dans un coin de la pièce et l'espace sous ma chaise. Les humains peuvent explorer des lieux inconnus en déplaçant légèrement la tête et les yeux alors qu'un chien va tellement divaguer avec son nez que l'on pourrait facilement croire qu'il se déplace complètement au hasard et sans aucun but. Horowitz pense différemment. Elle a remarqué que Finn s'intéresse aux objets que des humains ont touchés et manipulés. Finn suit des pistes et détecte les endroits où d'autres chiens sont passés. Il renifle les bouches d'aération, les embrasures des portes et d'autres endroits par lesquels un courant d'air apporte de nouvelles odeurs – c'est-à-dire des molécules odorantes*. Le chien

*. L'odeur est la sensation produite par une molécule. Par exemple, l'acétate de pentyle est une molécule que nous pouvons sentir, dont l'odeur est celle de la banane.

flaire différentes parties d'un même objet et il les flaire à des distances différentes, « comme s'il s'approchait d'un tableau de Van Gogh pour mieux voir la trace des coups de pinceau, commente Horowitz. Les chiens sont dans un état d'exploration olfactive permanente. »

Horowitz est spécialiste de l'olfaction canine – le sens de l'odorat du chien[1]. Je la rencontre pour discuter avec elle des odeurs et de l'odorat. Cependant, mon approche est tellement visuelle que lorsque Finn cesse de fureter autour de la pièce et qu'il s'approche de moi, je suis irrésistiblement attiré par ses yeux captivants, noirs comme du chocolat*. Je dois faire un effort pour concentrer mon attention sur ce qui est juste devant ses yeux : sa truffe, proéminente et humide, et ses deux narines en forme de virgules recourbées sur le côté. Il s'agit de la principale interface de Finn avec le monde. En voici le fonctionnement.

Pour les besoins de la démonstration et pour vous préparer à assimiler un peu de vocabulaire utile, je vais vous demander d'inspirer profondément. Ce faisant, vous créez un seul courant d'air qui vous permet à la fois de respirer et de sentir. Chez le chien[3], l'air inspiré est divisé en deux. La plus grande partie de l'air se dirige vers ses poumons mais un flux plus petit, destiné à l'odorat et à l'odorat seulement, atteint rapidement le fond des fosses nasales. L'air pénètre alors dans un labyrinthe aux fines parois osseuses, tapissées d'une couche collante appelée l'épithélium olfactif. C'est ici que les odeurs sont traitées pour la première fois. L'épithélium comprend de longs et nombreux neurones. Une extrémité de chaque neurone est exposée au flux d'air entrant et capte les odeurs grâce à des protéines spécifiquement conformées appelées récepteurs olfactifs. L'autre extrémité est directement branchée à une partie du cerveau appelée le bulbe olfactif. Lorsque les récepteurs olfactifs captent avec succès les molécules odorantes, les neurones envoient l'information au cerveau et le chien perçoit une odeur. Maintenant, vous pouvez souffler.

---

*. Ce n'est pas un hasard si je suis attiré par le regard de Finn. Les chiens ont un muscle facial capable de redresser leurs sourcils, ce qui leur donne un air expressif et plaintif. Ce muscle n'existe pas chez les loups. Il est le résultat de siècles de domestication au cours desquels les expressions des chiens ont été inconsciemment remodelées pour ressembler un peu plus aux nôtres. Elles nous sont devenues plus faciles à déchiffrer[2] et plus à même de provoquer une réaction bienveillante.

Les humains partagent la même structure olfactive élémentaire que les chiens[4]. Toutefois, ces derniers ont un peu de tout… en plus : un épithélium olfactif plus étendu, des dizaines de fois plus de neurones dans cet épithélium, presque deux fois plus de types de récepteurs et un bulbe olfactif un peu plus gros*. Leur centre olfactif est logé à part alors que le nôtre est exposé au flux d'air passant dans notre nez. Cette différence est capitale. Cela signifie que lorsque nous expirons de l'air, nous chassons les molécules odorantes de notre nez, réduisant ainsi notre expérience olfactive. Les chiens, en revanche, expérimentent les odeurs de façon plus fluide. Les molécules odorantes qui pénètrent leur truffe tendent en effet à y rester et leur nombre augmente simplement à chaque inspiration.

La forme de leurs narines amplifie cet effet[5]. Quand un chien renifle le sol, on pourrait croire que chacune de ses expirations chasse les molécules odorantes *à l'extérieur* de sa truffe. Mais ce n'est pas le cas. La prochaine fois que vous observerez la truffe d'un chien, vous remarquerez que ses narines frontales se rétrécissent en deux fentes latérales. Lorsque l'animal expire alors qu'il renifle, l'air sortant par ces deux fentes engendre des vortex qui font refluer les odeurs extérieures *dans* sa truffe. Même lorsqu'il expire, le chien *inspire* encore de l'air. Au cours d'une expérience[6], un chien d'arrêt (curieusement appelé Sir Satan) a créé un flux d'air entrant continu durant quarante secondes, tout en expirant trente fois durant la même période.

Avec une telle structure, il n'est pas étonnant que la truffe du chien soit si incroyablement sensible. Mais à quel point ? Des scientifiques ont essayé de déterminer les seuils à partir desquels des chiens ne peuvent plus sentir certaines substances chimiques[7]. Mais les réponses pullulent et varient d'un facteur 10 000 d'une expérience à l'autre**. Au lieu d'étudier de près

*. J'ai délibérément omis de chiffrer rigoureusement l'ampleur de ces différences. Il est facile de trouver des estimations mais très difficile d'en trouver les sources originales. Après une recherche de plusieurs heures, où je suis tombé sur un article scientifique qui citait un racontar avec comme source un livre de la collection « Pour les nuls », je suis tombé dans un vide existentiel, m'interrogeant sur la nature même du savoir. De toute façon, les différences en question existent et sont substantielles. Il reste simplement à déterminer exactement à quel point.

**. Dans une étude[8], deux chiens ont été capables de détecter de l'acétate de pentyle (songez aux bananes) à une concentration de seulement 1 ou 2 parties par million de million, soit 10 000 à 100 000 fois mieux que les humains. Mais ils font également de

ces chiffres peu fiables, il est plus intéressant de se pencher sur ce que les chiens sont vraiment capables de faire. Des expériences déjà anciennes[9] ont montré qu'ils étaient capables de différencier des jumeaux à l'odeur ou de détecter une seule empreinte digitale imprimée sur une lamelle de microscope exposée à l'air libre et laissée sur un toit pendant une semaine[10]. Des chiens ont pu déterminer la direction prise par une personne après avoir senti seulement cinq empreintes de pas[11]. Ils ont été entraînés à détecter des bombes, de la drogue, des mines antipersonnel, des personnes disparues, des corps, de l'argent passé en contrebande, des truffes, des plantes invasives, des maladies de plantes cultivées, un faible taux de sucre dans le sang, des acariens, des fuites dans les oléoducs et des tumeurs.

Le chien Migaloo parvient à trouver des ossements enfouis dans des sites archéologiques. Pepper découvre des films de pétrole persistant sur les plages. Captain Ron repère les nids des tortues afin de permettre la collecte des œufs et leur protection. Bear peut détecter des dispositifs électroniques cachés, alors qu'Elvis sait déterminer si une ourse polaire attend des petits. Train, qu'une école de détection de la drogue a recalé en raison de son caractère suractif, sait retrouver les excréments des jaguars et des pumas. Tenu en laisse à l'avant d'un bateau, Tucker détectait ceux des orques. Il a depuis pris sa retraite et a été remplacé par Eba. Quelle que soit l'odeur, un chien peut être entraîné à la détecter. Nous utilisons son *Umwelt* à notre service pour compenser nos manques olfactifs. Ces exploits en matière de détection valent la peine d'être admirés, même s'ils sont aussi des numéros qui épatent la galerie. Ils nous permettent d'apprécier abstraitement l'odorat très développé des chiens sans vraiment comprendre ce que cela signifie pour leur vie intérieure, ou comment leur monde olfactif diffère d'un monde visuel.

Contrairement à la lumière, qui se déplace toujours en ligne droite, les odeurs se propagent dans toutes les directions en se diffusant, s'infiltrant, s'étalant et tournoyant. Lorsque Horowitz observe Finn en train de renifler un nouvel endroit, elle essaie d'ignorer les limites bien nettes que lui suggère sa vision et imagine plutôt « un environnement chatoyant,

---

30 à 20 000 fois mieux que six beagles testés avec la même molécule vingt-six ans plus tôt, avec un protocole différent.

où rien n'a de frontière déterminée. Il y a certes des zones où les odeurs sont plus concentrées, mais tout s'entremêle. » Que ce soit en se déplaçant dans l'obscurité, en contournant les obstacles ou d'autres façons, les odeurs trompent le sens de la vue. Horowitz ne peut pas voir la sacoche accrochée sur le dos de ma chaise, mais Finn peut sentir son contenu, repérant les molécules odorantes provenant du sandwich. Comme les odeurs ont un caractère persistant, contrairement à la lumière, elles révèlent ainsi toute une histoire*. Les précédents occupants de la pièce où se trouve Horowitz n'ont pas laissé de traces visibles, même fantomatiques, mais Finn a détecté leur empreinte chimique. Les odeurs peuvent arriver avant leur source et annoncent ce qui va se produire. Ainsi, les odeurs émises par une pluie dans le lointain nous font deviner l'arrivée d'orages. Les odeurs des humains rentrant chez eux peuvent faire accourir le chien vers la porte d'entrée. Ces compétences, parfois qualifiées d'extrasensorielles, sont bel et bien sensorielles, tout simplement. Certains objets sont souvent perçus par le nez avant d'être perçus par les yeux. Lorsque Finn renifle, il ne détecte pas seulement un état présent, mais il lit aussi dans le passé et prédit l'avenir. Il est en train de lire des biographies. Les animaux sont de grands sacs de substances chimiques fuyant de toutes parts, emplissant l'air de vastes nuages de molécules odorantes**. Alors que certaines espèces envoient délibérément des messages en émettant des odeurs, nous le faisons tous involontairement, dévoilant ainsi notre présence, notre localisation, notre identité, notre état de santé et même le contenu de nos derniers repas aux êtres vivants à l'odorat *ad hoc****.

---

*. Une exception me vient à l'esprit : certains vers marins émettent des « bombes » brillantes remplies de substances chimiques luminescentes, dont la lumière persistante distrait leurs prédateurs pendant que les vers prennent la fuite.

**. L'urine du léopard sent le pop-corn. Les fourmis jaunes sentent le citron. Selon l'espèce, les grenouilles stressées[12] peuvent sentir le beurre de cacahuète, le curry ou les noix de cajou, d'après des chercheurs qui ont laborieusement senti et classé les odeurs de 131 espèces et gagné le prix parodique Ig Nobel en 2005. La starique cristatelle, un oiseau de mer comique avec sa crête sur le front, forme des colonies immenses qui dégagent une merveilleuse odeur de mandarine.

***. La vipère heurtante, un serpent venimeux d'Afrique, fait peut-être exception[13]. Elle se met à l'affût au même endroit plusieurs semaines d'affilée et se protège en se fondant visuellement dans son environnement. Mais de quelque façon, elle semble aussi se fondre chimiquement dans son environnement. En 2015, Ashadee Kay Miller

« Je n'avais jamais accordé beaucoup d'importance à l'odorat jusqu'à récemment, affirme Horowitz. Cela ne m'était pas venu à l'esprit*. » Lorsqu'elle a commencé à étudier les chiens, elle s'est d'abord intéressée à leur attitude face à l'injustice – le type de sujet qui intéresse les psychologues. Mais après avoir lu Uexküll et réfléchi sur le concept d'*Umwelt*, elle a tourné son attention vers l'odorat – le type de sujet qui intéresse… les chiens.

Elle a remarqué, par exemple, que de nombreux maîtres refusent à leur chien les joies du reniflage. Or, pour un chien, une simple promenade est une odyssée à la découverte d'odeurs. Mais si un maître ne le comprend pas et considère une promenade plutôt comme un simple exercice ou seulement comme un moyen de se rendre à un endroit donné, alors chaque reniflement sera vécu comme une pause indésirable. Lorsqu'un chien s'arrête pour examiner quelque trace invisible, on le presse alors de continuer sa promenade. Lorsque le chien renifle une crotte, un animal mort, ou quelque chose de déplaisant pour son maître, on tire sur sa laisse. Quand un chien colle sa truffe sur l'arrière-train d'un autre chien, sa conduite est considérée comme inconvenante : vilain chien ! Il est vrai, dans les cultures occidentales tout au moins, que les humains ne se reniflent pas les uns les autres**. « Vous pouvez prendre quelqu'un dans vos bras, mais cela semblerait très étrange si vous vous mettiez à le renifler, dit Horowitz. Je peux dire à quelqu'un que ses cheveux sentent très bon, mais je ne pourrais

---

a découvert que des animaux à l'odorat développé comme les chiens, les mangoustes et les suricates sont incapables de détecter cette vipère même lorsqu'ils marchent dessus. Les chiens savent détecter l'odeur d'une mue de cette vipère mais non l'odeur du serpent vivant. Celui-ci reste indétectable pour leur truffe, pour des raisons que nul ne comprend.

*. Les scientifiques tombent également dans ce travers. Quand Horowitz a passé en revue toutes les études sur le comportement du chien de cette dernière décennie[14], elle s'est aperçue que 4 % seulement portaient sur l'odorat. Seules 17 % décrivaient l'environnement olfactif dans lequel les expériences étaient menées, précisant la présence de courants d'air, la température, le taux d'humidité ou la présence antérieure d'humains ou de nourriture. Comme si des chercheurs étudiant la vision n'avaient pas pensé à indiquer si les lumières du laboratoire étaient allumées ou non.

**. Au cours de la cérémonie de remise des Oscars en 2021, un journaliste a interrogé l'actrice sud-coréenne Yuh-Jung Youn sur l'odeur de Brad Pitt. Elle a répondu : « Je ne l'ai pas senti ! Je ne suis pas un chien ! »

pas lui dire qu'il sent bon, à moins d'être intimes. » Encore et encore, les gens imposent leurs valeurs et leur *Umwelt* à leurs chiens. Ils les forcent à regarder plutôt qu'à sentir, voilent leur monde olfactif et étouffent une part essentielle de leur canitude. Cela n'est jamais apparu aussi clairement à Horowitz que lorsqu'elle a emmené Finn à un entraînement de l'odorat.

Curieusement présentés comme la pratique d'un sport, ces cours permettent tout simplement d'entraîner les chiens à trouver des odeurs cachées, dans des conditions de plus en plus difficiles. Cette aptitude devrait leur venir naturellement, mais tel n'a pas été le cas pour beaucoup des chiens de l'école de Finn. Certains semblaient incapables d'agir par eux-mêmes : leur maître devait les tirer de box en box ou bien ils ne comprenaient pas du tout les consignes. D'autres devenaient agités en présence d'autres chiens et leur aboyaient après. Ces troubles comportementaux ont diminué à la fin d'un été passé à renifler. Les chiens timides ont retrouvé leur volonté d'agir. Les chiens agressifs sont devenus plus tolérants. Tout semblait mieux se passer. Impressionnée, Horowitz et sa collègue Charlotte Duranton ont mené leurs propres expériences sur 20 chiens. Elles ont défini devant chaque animal trois emplacements où placer un bol[15]. Lorsque le bol était placé sur le premier emplacement, il était toujours rempli de nourriture ; sur le deuxième, il était toujours vide ; et sur le troisième, il était rempli de façon aléatoire. Les chiens ont rapidement appris à s'approcher du bol toujours plein et à ignorer le bol toujours vide. Et le troisième bol ? Un chien volontaire pour approcher *ce* bol manifeste ce qu'un psychologue cognitif appellerait un *biais cognitif positif*, que l'on appellerait en langage courant de l'*optimisme*. Horowitz a noté que les chiens sont devenus plus optimistes après seulement deux semaines de travail de reniflement. L'amélioration de leur odorat s'est accompagnée de l'amélioration de leur ouverture au monde. En revanche, les chiens n'ont pas changé après deux semaines d'entraînement de marche au pied, une activité menée par le maître n'impliquant ni exercices olfactifs ni exercices destinés à développer l'autonomie.

Pour Horowitz, les conclusions sont claires : laissez les chiens être des chiens. Sachez apprécier que leur *Umwelt* soit différent, et intéressez-vous à cette différence. Horowitz met en pratique ce conseil avec Finn au cours de promenades dédiées aux odeurs, où il peut renifler tout son soûl pour

satisfaire son bulbe olfactif. S'il s'arrête, elle s'arrête. La truffe du chien décide du rythme. Les promenades sont plus lentes, mais Horowitz n'a pas de destination précise en tête. Nous nous promenons ainsi ensemble, le long de quelques immeubles à l'ouest de son bureau et dans le Riverside Park de Manhattan. C'est une chaude journée estivale, l'air est rempli d'odeurs d'ordures ménagères, d'urine et de fumées : c'est tout ce que je peux sentir, en tout cas. Finn, lui, détecte davantage d'odeurs. Il fait courir sa truffe le long des fissures du trottoir. Il explore le poteau d'un feu de signalisation. Il fait une pause pour renifler une bouche d'incendie, « parce qu'elle a reçu la visite de tous les chiens de l'université de Columbia » me dit Horowitz. Parfois, elle observe Finn renifler une flaque d'urine fraîche, relever la tête, regarder (ou plutôt sentir) autour de lui et trouver le chien qui vient de la laisser. L'odeur n'a pas seulement un intérêt en elle-même mais elle sert de point de repère pour le chien. Et la promenade n'est pas un simple intermédiaire entre un point A et un point B, mais un tour des histoires invisibles et à plusieurs strates de Manhattan.

Une fois que nous sommes dans le parc, l'air est rempli d'odeurs de verdure, d'herbe coupée, de mulch et de barbecue. Nous croisons un autre chien. Finn se retourne alors pour renifler un échantillon d'odeur, gonflant ses joues comme un fumeur de cigare. Deux grands caniches arrivent vers nous, mais avant qu'ils n'aient pu s'approcher, leur maître les tire en arrière et les plaque contre une barrière. Horowitz prend un air triste. Elle paraît plus heureuse lorsqu'un berger australien femelle s'approche et se met à tourner autour de Finn. Ils se reniflent leurs organes génitaux avec enthousiasme alors que nous discutons de tout et de rien avec le maître. Les pronoms qu'il utilise nous permettent de connaître le sexe de son animal. Finn, lui, l'a deviné à l'odeur. Nous demandons son âge ; Finn l'a découvert tout seul. Nous ne posons pas de questions sur son état de santé ou sur ses chaleurs. Finn le sait sans demander. « Avant, j'essayais de sentir ce que lui sentait mais je le fais moins souvent, car je sais que je ne sens pas la même chose que lui » continue Horowitz. Mais il est possible de s'améliorer en la matière. Même si le nez humain n'a pas la complexité anatomique de celui du chien et s'il est irrémédiablement plus loin du sol, il est aussi sous-utilisé. En reniflant davantage et en étant plus attentive aux odeurs, Horowitz estime qu'elle est devenue une meilleure renifleuse (mais

aussi plus marginale socialement). « Nos nez sont parfaits. Simplement, nous ne les utilisons pas aussi bien que le chien. »

Lorsque vous parlez des chiens à des neurologues qui étudient l'odorat chez l'être humain, un phénomène étrange se produit, comme Horowitz l'a appris quand elle écrivait son ouvrage *Dans la peau d'un chien*. Ils se mettent un peu sur la défensive, et paraissent ne plus pouvoir… vous sentir. Certains voient d'un mauvais œil[16] que des chiens soient présentés comme des parangons olfactifs alors que tant d'autres mammifères ont un odorat très développé, comme les rats (eux aussi sont capables de détecter des mines antipersonnel), les porcs (dont l'épithélium olfactif peut être deux fois plus grand que celui du berger allemand) et les éléphants (dont nous parlerons plus loin). D'autres neurologues soulignent les divergences massives entre les études testant les capacités des chiens à détecter des odeurs spécifiques. Leurs résultats sont en effet très variables lorsque l'odorat du chien est comparé au nôtre : il serait un milliard, un million ou encore dix mille fois plus sensible que celui des humains. Dans certains cas, les humains font mieux que les chiens[17]. Dans un test de reconnaissance de quinze odeurs passé par les deux espèces, les humains ont fait mieux que la gent canine pour cinq d'entre elles, dont la β-ionone (bois de cèdre) et l'acétate de pentyle (banane). Les humains excellent également à distinguer différentes odeurs. Alors qu'il est facile de trouver deux couleurs que nous sommes incapables de différencier, il est très difficile de trouver deux odeurs indifférentiables. Le neurologue John McGann[18] a essayé et m'a dit : « Nous avons demandé à des humains de reconnaître des odeurs que les souris ne peuvent pas différencier. Une fois le test réussi, ils se sont exclamés : Incroyable, on est capable de faire ça ! »

Pourtant, les manuels affirment toujours de façon péremptoire que notre odorat est très mauvais. McGann a trouvé les origines de ce mythe pernicieux au XIX^e^ siècle. En 1879, le neurologue français Paul Broca avait noté que notre bulbe olfactif était relativement chétif par rapport à celui des autres mammifères. Il raisonnait de la façon suivante : l'odorat étant un sens animal primaire, sa perte était le prix à payer pour avoir des pensées plus élevées et un libre arbitre. Il nous a ensuite classés (en compagnie d'autres primates et de baleines) comme étant dotés d'un odorat très faible. L'étiquette nous est resté collée depuis, même si Broca n'avait en réalité

jamais mesuré l'odorat des animaux, tirant ses fragiles déductions à partir des dimensions de leur cerveau. Comparé à celui d'une souris, le bulbe olfactif de l'être humain est en effet proportionnellement plus petit si on le rapporte à d'autres parties du cerveau. Mais il est physiquement plus grand que celui de la souris et il comporte environ le même nombre de neurones. Il n'est pas certain qu'une de ces mesures permette de qualifier l'expérience de l'odorat chez un animal*.

Cette perspective scolaire est également une perspective occidentale basée sur des cultures où le sens de l'odorat a longtemps été dévalorisé. Pour Platon et Aristote, l'odorat était un sens trop vague et trop peu fiable pour produire autre chose que des émotions et des impressions. Darwin l'a condamné à ne pouvoir nous fournir qu'un « service extrêmement léger[20] ». Pour Kant, « l'odorat ne peut faire l'objet d'une description mais peut seulement être comparé à un autre sens par analogie[21] ». La langue anglaise va dans le sens de cette conception[22] avec seulement trois mots spécifiques à l'odorat : *stinky* [malodorant], *fragrant* [parfumé] et *musty* [sentant le moisi]. Tous les autres mots sont soit des synonymes – *aromatic* [aromatique] et *foul* [dégageant une odeur infecte] –, soit une métaphore assez faible – *decadent* [décadent] ou *unctuous* [onctueux] –, soit des termes empruntés à un autre sens, celui du goût – *sweet* [sucré], spicy [épicé] –, soit encore le nom de la source de l'odeur – *rose* [rose] ou *lemon* [citron]. Sur les cinq sens définis par Aristote, quatre ont un champ lexical immense et spécifique. L'odorat, comme le dit Diane Ackerman, « est le sens dépourvu de mots[23] ».

Le peuple Jahai de Malaisie[24] serait en désaccord avec cette affirmation, tout comme les Semaq Beri, les Maniq et de nombreux autres groupes de chasseurs-cueilleurs qui ont un important vocabulaire olfactif spécifique. Les Jahai emploient une douzaine de termes pour désigner des odeurs et seulement des odeurs. Un terme Jahai désigne tout à la fois l'odeur du gazole, du guano de chauve-souris et du mille-pattes. Un autre désigne une qualité commune à l'odeur de la pâte de crevette, de la sève de l'arbre

*. Il est possible que le bulbe olfactif ne soit même pas nécessaire à l'odorat. En 2019, Tali Weiss[19] a identifié plusieurs femmes paraissant complètement dépourvues de cet organe et capables de sentir parfaitement. Comment elles y parviennent, cela reste à découvrir.

à caoutchouc, du tigre et de la viande pourrie. Un autre encore désigne l'odeur du savon, l'odeur repoussante du fruit du durian et l'odeur de pop-corn du binturong qui prend au nez*. « Ils parlent des odeurs avec beaucoup d'aisance », dit la psychologue Asifa Majid, qui a découvert que les Jahai dénomment les odeurs aussi facilement que nous dénommons les couleurs. Tout comme les tomates sont rouges, le binturong est *ltpit*. L'odorat est une part essentielle de leur culture. Un jour, Majid a été grondée par ses amis Jahai car elle était assise trop près du Jahai qu'elle questionnait, permettant ainsi à leurs odeurs corporelles de se mélanger. Une autre fois, quand elle essayait en vain de nommer l'odeur d'un gingembre sauvage, les enfants Jahai se sont moqués d'elle non seulement parce qu'elle n'y parvenait pas mais également parce qu'elle avait traité la plante comme un seul objet, alors que la tige et la fleur avaient des odeurs évidemment différentes. Le mythe du faible odorat humain « aurait été battu en brèche bien plus tôt si on avait étudié les Jahai au lieu des Britanniques ou des Américains » me dit Majid.

Toutefois, même les Occidentaux peuvent accomplir des exploits olfactifs étonnants si on leur en offre la possibilité. En 2006, la neurologue Jess Porter[25] a emmené ses étudiants les yeux voilés dans un parc à Berkeley. Elle leur a demandé de suivre une piste olfactive de dix mètres de long consistant en un filet d'huile au chocolat qu'elle avait versé sur la pelouse. Les étudiants se sont mis à quatre pattes et ont reniflé le sol comme des chiens – avec un air parfaitement ridicule. Mais ils ont réussi à suivre la piste et ils ont amélioré par la suite leur odorat en pratiquant ce type d'exercice.

Lorsque je rends visite à Alexandra Horowitz, elle me met au défi de réussir un test analogue en plaçant sur le sol une ficelle sentant le chocolat. Les yeux fermés et les narines ouvertes, je m'agenouille et je renifle à tout va. Je repère rapidement l'odeur du chocolat et je la suis. Quand je perds la piste, je tourne la tête d'un côté puis de l'autre, exactement comme le ferait un chien. Mais ici s'arrêtent les points communs. Un chien peut renifler

*. Le binturong est une créature noire et hirsute, longue de deux mètres, qui fait penser à un croisement entre un chat, une martre et un ours. On l'appelle également chat-ours. Il fait une brève apparition dans mon précédent livre [traduit en français sous le titre : *Moi, microbiote, maître du monde. Les microbes, 30 billions d'amis*].

six fois par seconde en faisant passer un filet d'air régulier sur ses récepteurs olfactifs. Pour ma part, je commence à faire de l'hyperventilation après plusieurs reniflements successifs et lorsque je fais une pause pour expirer, je perds la piste. Je réussis ensuite à la retrouver, mais cela me prend une minute ou deux pour réaliser ce que Finn accomplit en une demi-seconde. Même si je m'exerçais régulièrement, je ne pourrais pas approcher cette performance, puisque je ne suis pas équipé pour cela. Enfin, Horowitz ajoute que si elle enlève brusquement la ficelle, le chien est encore capable de suivre la piste une fois la source de l'odeur disparue. Horowitz et moi essayons tous les deux, en nous penchant pour renifler. « Je ne sens plus rien » dit-elle. Nous autres humains, nous sous-estimons notre odorat, mais il est également certain que nous ne vivons tout simplement pas dans le même monde olfactif que le chien. Et ce monde est si complexe qu'il est miraculeux que nous puissions lui trouver un sens.

De nombreux êtres vivants sont capables de percevoir la lumière. Certains sont capables de réagir au son. Quelques autres, plus rares, sont capables de détecter des champs électriques et magnétiques. Mais tous, probablement sans exception, sont capables de détecter des substances chimiques. Même une bactérie composée d'une seule cellule est capable de trouver son alimentation et d'éviter les dangers en recueillant des indices de nature moléculaire dans le monde extérieur. Les bactéries peuvent aussi émettre leurs propres signaux chimiques pour communiquer les unes avec les autres, lançant des infections et d'autres actions coordonnées seulement quand elles sont en nombre suffisant. Leurs signaux peuvent ensuite être détectés[26] et exploités par des virus tueurs de bactéries. Ces virus ont un sens chimique, même s'ils ne sont que des entités si élémentaires que les scientifiques ne s'accordent pas pour dire s'ils sont vivants ou non. Ainsi, les substances chimiques constituent-elles la source d'information sensorielle la plus ancienne[27] et la plus universelle. Elles font partie des *Umwelten* depuis que les *Umwelten* existent. Elles en sont également les éléments les plus difficiles à comprendre.

Les scientifiques qui étudient la vision et l'ouïe ont en comparaison une tâche plus facile. Les ondes lumineuses et sonores peuvent être définies par des propriétés claires et mesurables comme la luminosité

et la longueur d'onde pour les premières, ou l'intensité et la fréquence pour les secondes. Envoyez-moi dans les yeux des ondes lumineuses de 480 nanomètres et je verrai du bleu. Chantez une note à la fréquence de 261 hertz (Hz) et j'entendrai le Do du milieu du clavier. Une telle prévisibilité n'existe tout simplement pas dans le monde des odeurs. La variété des substances odorantes est si étendue qu'elle semble infinie[28]. Pour les classer, les scientifiques emploient des critères subjectifs comme l'intensité ou le caractère agréable qui ne peuvent être mesurés qu'en interrogeant les gens. Pire, il n'existe pas de méthode efficace pour prédire l'odeur d'une molécule donnée – ou même l'absence d'odeur – d'après sa structure moléculaire*. Et pourtant, de nombreux animaux manipulent naturellement l'écheveau de l'olfaction, sans aucune formation en chimie ou en neurologie. Leur nez est le roi d'un espace infini[31]. Comment fonctionne-t-il ?

La question a commencé à s'éclaircir après que Linda Buck et Richard Axel ont réalisé une découverte cruciale en 1991. Dans un travail qui leur vaudra le Prix Nobel en 2004[32], le duo a identifié un grand groupe de gènes codant des récepteurs olfactifs – des protéines qui reconnaissent les

*. À moins de coller votre nez carrément au-dessus du benzaldéhyde, vous ne pourriez pas deviner qu'il sent l'amande. De même, on ne peut pas déduire de la formule développée plane du diméthylsulfure qu'il sent l'océan. De plus, même des molécules similaires peuvent produire des odeurs différentes. L'heptanol, dont la colonne vertébrale est formée de sept atomes de carbone, sent la verdure et les feuilles. Ajoutez un atome de carbone et vous obtiendrez de l'octanol, qui a plutôt une odeur d'agrume. La carvone quant à elle existe sous deux formes qui contiennent exactement les mêmes atomes mais dont la structure est en miroir l'une de l'autre. L'une sent les graines de carvi et l'autre la menthe verte. Les mélanges sont encore plus déroutants. Lorsqu'on mélange deux odeurs[29], le mélange conserve parfois les deux odeurs mais peut aussi faire apparaître une troisième odeur qui ne ressemble pas aux deux premières. En revanche, les parfums qui contiennent des centaines de substances chimiques n'ont pas une odeur plus complexe que les molécules odorantes seules. Les gens ont habituellement du mal à identifier plus de trois ingrédients dans un mélange. Noam Sobel, un neurologue qui étudie l'olfaction[30], est celui qui maîtrise le mieux cette question complexe. Alors que j'écrivais ce livre, lui et son équipe ont mis au point une façon de mesurer 21 caractéristiques de molécules odorantes en les réduisant à un seul chiffre. Deux molécules auront des odeurs d'autant plus semblables que leurs chiffres seront proches. Cela ne revient pas tout à fait à déduire une odeur de la structure moléculaire, mais cette mesure est le meilleur modèle à ce jour permettant de prédire une odeur d'après sa similarité avec d'autres.

molécules odorantes*. Nous les avons rencontrées plus haut dans ce chapitre alors qu'il était question du chien, mais elles conditionnent l'odorat dans tout le règne animal. Les récepteurs olfactifs reconnaissent probablement des molécules cibles spécifiques, un peu comme les prises de courant qui n'admettent que certains types de fiches**. Lorsque la reconnaissance se produit, les neurones qui portent ces récepteurs envoient des signaux à des centres dans le cerveau, et l'animal perçoit une odeur. Mais les détails de ce processus sont encore peu connus. Comme il n'existe pas suffisamment de récepteurs pour rendre compte de l'immense gamme des molécules odorantes, la perception de l'odeur doit dépendre de la combinaison des neurones olfactifs activés. Si un groupe de neurones se met en veille, vous serez ravi par une agréable odeur de rose. Si un autre groupe s'active, vous sentirez une écœurante odeur de vomi. Un tel système de code doit exister, mais sa nature demeure mystérieuse.

Les récepteurs olfactifs peuvent aussi varier de façon spectaculaire d'un individu à l'autre. Par exemple, le gène OR7D4[34] crée un récepteur qui réagit à l'androsténone, la molécule responsable de l'odeur de la transpiration et de la puanteur des chaussettes sales. Pour la plupart des gens, cette odeur est repoussante. Mais pour quelques heureux individus, qui ont une version légèrement différente d'OR7D4, l'androsténone sent la *vanille*. Il ne s'agit ici que d'un seul récepteur, mais il en existe des centaines, aux formes variées, dotant de façon subtile chaque individu de son *Umwelt* personnalisé. Chacun sent le monde de façon légèrement différente. Et s'il est difficile d'appréhender l'*Umwelt* olfactif d'un autre être humain, imaginez comme la tâche s'annonce ardue pour l'odorat d'une autre espèce.

Toute comparaison opposant le sens d'un animal à celui d'un autre devrait éveiller notre scepticisme. J'ai souvent lu que l'odorat d'un éléphant est cinq fois plus développé que celui d'un fin limier, mais cette affirmation n'a strictement aucun sens. Cela signifie-t-il que l'éléphant

---

*. La terminologie est trompeuse. En biologie sensorielle, le mot *récepteur* est habituellement utilisé pour décrire une cellule sensorielle, comme un photorécepteur ou un chimiorécepteur. Mais dans ce cas précis, les récepteurs olfactifs sont des protéines à la surface de ces cellules. Ne m'en voulez pas, ce n'est pas moi qui ai institué ces règles !

**. Une théorie très répandue selon laquelle les odeurs sont codées par les vibrations de différentes molécules a été rigoureusement infirmée[33].

détecte cinq fois plus de substances chimiques ? Perçoit-il ces substances au cinquième de leur concentration ou à cinq fois la distance ? Garde-t-il en mémoire les odeurs cinq fois plus longtemps ? De telles comparaisons seront toujours déficientes car l'odorat est complexe et souvent non quantifiable. Il faudrait ainsi cesser de nous demander : « Tel animal a-t-il un bon odorat ? » Mais plutôt poser des questions pertinentes comme : « Quelle est l'importance de l'odorat pour cet animal ? » ou « À quoi lui sert son odorat ? »

Les papillons de nuit mâles[35], par exemple, savent détecter les substances chimiques émises par les femelles à des kilomètres à la ronde grâce à leurs antennes duveteuses. Ils remontent la piste menant à leur source en voletant lentement. Leur odorat est pour eux extrêmement important[36]. Ainsi, lorsque des scientifiques ont transplanté des antennes de papillons sphinx femelles sur des mâles, ceux-ci se sont comportés comme des femelles, recherchant les odeurs de sites de ponte… au lieu d'une femelle. Leur odorat clairement étonnant est très performant comme le démontre la permanence de ces espèces au fil du temps. Mais leur odorat ne sert qu'à des tâches bien spécifiques. Les papillons de nuit ont été décrits, sans exagération[37], comme des « drones guidés par l'odeur ». De nombreux mâles sont ainsi dépourvus de trompe même à l'âge adulte. Leur courte vie, libérée du besoin de s'alimenter, est vouée à voler, à trouver une femelle et… à s'accoupler avec elle. Leur comportement est si élémentaire qu'il est possible de les détourner facilement. Par exemple, les araignées à lasso, en imitant les odeurs des papillons femelles[38], parviennent à attirer les papillons mâles et à les capturer. Les agriculteurs quant à eux utilisent des pièges à phéromones pour les attirer. D'autres insectes, cependant, ont des manières plus complexes d'utiliser ces odeurs.

Dans son labo à New York, Leonora Olivos Cisneros sort une boîte Tupperware dont elle a enlevé le couvercle, révélant un océan grouillant de points rouge foncé. Ce sont des fourmis. Plus précisément, des fourmis pilleuses clonales, une espèce peu connue, plus trapue que les autres fourmis, et, chose peu habituelle, qui n'a ni reines, ni mâles. Chaque fourmi de cette espèce est donc une femelle et chacune peut se reproduire en se clonant elle-même. Environ 10 000 de ces petites bêtes s'agitent dans la

boîte du labo. La plupart ont formé des nids de fortune avec leur propre corps et s'occupent de leurs jeunes larves. Les autres sont à la recherche de nourriture. Olivos Cisneros les nourrit avec d'autres fourmis, dont des escamoles – de délicieuses larves d'une espèce de fourmi bien plus grande, originaire du Mexique.

Les fourmis pilleuses clonales sont si petites qu'il est difficile d'en suivre une du regard. On les observe beaucoup plus facilement au microscope, bien sûr en raison du grossissement mais aussi parce qu'Olivos Cisneros les a peintes. D'une main entraînée, elle utilise des épingles à insectes pour marquer d'un point de peinture le thorax des fourmis de jaune, d'orange, de magenta, de bleu et de vert. Chacune reçoit un code couleur unique détectable par un piège photographique. Ces couleurs les rendent également plus faciles à identifier à l'œil nu. De temps en temps, je remarque une fourmi en train de toucher une congénère avec le bout de ses antennes en forme de massue. Cette action, merveilleusement dénommée « antennation », est, chez une fourmi, l'équivalent d'un reniflement. C'est le moyen par lequel les fourmis explorent les substances chimiques présentes sur les unes et sur les autres et distinguent ainsi les membres de leur colonie des intrus. Ces fourmis vivent normalement sous terre et sont complètement aveugles. « Rien de visuel dans leur perception, dit Daniel Kronauer, qui dirige le labo. En matière de communication, chez elles, tout est chimique. »

Les substances chimiques qu'elles utilisent sont des phéromones[39], un terme important et souvent mal compris. Il désigne des signaux chimiques qui portent des messages entre les membres d'*une même espèce*. Le bombykol, que les papillons de nuit femelles utilisent pour attirer les mâles, est une phéromone, contrairement au dioxyde de carbone qui attire les moustiques vers mon corps. Les phéromones sont des *messages standardisés*, dont l'utilisation et la signification restent invariables entre les membres d'une espèce donnée. Toutes les femelles du bombyx du mûrier émettent du bombykol qui attire tous les mâles de cette espèce. En revanche, les odeurs corporelles propres à une personne *ne sont pas* des phéromones. L'existence de phéromones humaines n'est pas du tout établie, en dépit des « pheromone parties[40] », ces fêtes où des célibataires hument les vêtements les uns des autres pour trouver l'âme sœur, ou

encore les sprays aux phéromones vendus comme aphrodisiaques. Malgré des décennies de recherches, aucune phéromone chez l'être humain n'a été identifiée*.

Les nombreuses phéromones des fourmis offrent un autre tableau[42]. Elles les utilisent différemment selon leurs propriétés. Des phéromones légères et volatiles sont émises pour convoquer des foules d'ouvrières capables de neutraliser une proie, ou encore pour propager très rapidement des signaux d'alerte. Si vous écrasez la tête d'une fourmi, en quelques secondes les membres de la colonie vont sentir les phéromones aérosolisées et affluer pour vous charger. Des substances chimiques de poids moyen, se propageant moins bien dans l'air, servent à tracer des pistes. Les ouvrières les épandent sur le sol pour guider les autres membres de la colonie lorsqu'elles trouvent une source de nourriture. Avec l'arrivée d'ouvrières supplémentaires, l'odeur de la piste se renforce. Lorsque la quantité de nourriture diminue, l'odeur s'amenuise également. Les fourmis coupe-feuille sont si sensibles[43] à la piste des phéromones qu'un seul milligramme serait suffisant pour marquer une piste faisant trois fois le tour de la planète. Enfin, les substances chimiques les plus lourdes, qui se dispersent difficilement dans l'air, se trouvent à la surface de l'abdomen des fourmis. Connues sous le nom d'hydrocarbures cuticulaires[44], elles servent de carte d'identité. Les fourmis les utilisent pour distinguer d'une part leur propre espèce d'une autre espèce de fourmi, d'autre part leur colonie d'une autre colonie de la même espèce et enfin les reines des ouvrières. Les reines utilisent également ces substances[45] pour stopper la reproduction chez les ouvrières ou pour marquer les fourmis rebelles afin qu'elles soient punies.

---

*. Les phéromones humaines existent probablement[41], mais démontrer leur existence est très difficile. Chez les animaux, les chercheurs recherchent des comportements stéréotypés ou des réactions physiologiques pour mettre en évidence la réaction à une phéromone – des lèvres qui enflent, des antennes qui vibrent ou une poussée de testostérone. Les humains sont si variés et complexes que peu de nos actions sont susceptibles d'être pilotées par des phéromones. Certains chercheurs croient que les femmes régulent leurs cycles menstruels grâce à une phéromone non identifiée, mais une telle régulation est un mythe. D'autres pensent aujourd'hui que les seins peuvent émettre une phéromone qui incite le bébé à téter, mais là encore, aucune substance chimique n'a été isolée pour le démontrer.

Les phéromones ont une telle influence sur le comportement des fourmis qu'elles peuvent les obliger à se comporter bizarrement et à leur propre détriment, en leur faisant ignorer d'autres signaux sensoriels. Les fourmis rouges[46] peuvent ainsi prendre soin des chenilles des argus – des papillons bleus dont la chenille ne ressemble absolument pas aux larves des fourmis rouges mais qui *sent* exactement comme elles. Les fourmis légionnaires[47] sont dépendantes de leurs pistes de phéromones à un point stupéfiant. Si une piste revient par erreur sur elle-même, des centaines d'ouvrières tourneront en rond, sans fin, jusqu'à mourir d'épuisement*. Grâce aux phéromones, de nombreuses espèces de fourmis détectent les fourmis mortes[49]. Lorsque le biologiste E. O. Wilson (1929-2021) a badigeonné de l'acide oléique sur l'abdomen de fourmis vivantes, leurs consœurs les ont traitées comme des cadavres de fourmis en les transportant sur les piles de déchets de leur colonie. Elles n'ont accordé aucune attention au fait que leurs fardeaux étaient bel et bien vivants. Ce qui comptait, c'était l'*odeur* de la fourmi morte.

« Le monde des fourmis est un monde tumultueux et foisonnant de phéromones[50], dit Wilson. Nous ne les percevons pas, bien entendu. Nous ne voyons que de petites bestioles rougeâtres grouillant sur le sol, alors qu'en réalité, elles réalisent de nombreuses tâches et font preuve de beaucoup de coordination et de communication. » Et tout cela grâce aux phéromones. Ces substances odorantes permettent aux fourmis de dépasser les limites de leur individualité et d'agir comme un super-organisme. Elles sont à l'origine de comportements complexes et transcendants, par l'action inconsciente de simples individus. Elles permettent par exemple aux fourmis légionnaires d'agir comme des prédateurs invincibles, aux fourmis d'Argentine de créer des super-colonies sur des kilomètres, aux fourmis coupe-feuille de cultiver des champignons. Les civilisations de fourmis sont les plus impressionnantes sur Terre[51]. Comme l'a écrit la spécialiste des fourmis Patrizia d'Ettorre, « leur génie est entièrement dans leurs antennes ».

---

*. En septembre 2020[48] j'ai noté que cette spirale de la mort était une belle métaphore de la réaction des États-Unis au Covid-19 : « Les fourmis ne voient pas au-delà de ce qui est devant elles. Elles n'ont pas de force de coordination pour les conduire en un lieu sûr. Elles sont emprisonnées par leurs instincts. »

Les recherches de Kronauer sur la fourmi pilleuse clonale montrent comment ce génie aurait pu apparaître. Les fourmis sont à l'origine un groupe de guêpes très spécialisées[52] ayant évolué entre 140 et 168 millions d'années avant notre ère d'une existence solitaire à une existence extrêmement sociale. Au cours de cette évolution, leur éventail de gènes de récepteurs olfactifs[53], grâce auxquels elles peuvent sentir les substances chimiques, s'est énormément élargi. Les mouches à fruit ont 60 gènes de ce type, les abeilles mellifères 140, la plupart des fourmis en ont entre 300 et 400 et la fourmi pilleuse clonale détient le record absolu avec 500*. Pourquoi un tel record ? Trois faits pourraient partiellement l'expliquer[54]. Premièrement, un tiers des récepteurs olfactifs de ces fourmis se trouve uniquement sur les faces inférieures des antennes, qui se touchent, justement, durant l'« antennation ». Deuxièmement, ces récepteurs détectent spécifiquement les phéromones de poids élevé formant la carte d'identité des fourmis. Troisièmement, ces quelques 180 récepteurs proviennent d'un seul gène, qui s'est dupliqué à peu près au moment où les ancêtres des fourmis sont devenues sociales. En assemblant ces données, Kronauer en a déduit que tout ce dispositif olfactif externe a pu aider les fourmis à mieux identifier les membres de leur colonie. Après tout, elles sont non seulement capables de rechercher la présence ou l'absence d'*une seule* phéromone, mais elles savent également comparer entre elles les quantités de quelques douzaines de phéromones. Ce calcul, certes difficile, détermine le comportement des fourmis. L'amplification de la puissance de leur odorat a rendu possible la régulation de leurs sociétés complexes.

La dépendance des fourmis à leur odorat devient évidente dès qu'on les prive de ce sens. Kronauer a cloné ses fourmis pilleuses clonales[55] privées du gène appelé *orco*, qui permet aux récepteurs olfactifs de détecter leurs molécules cibles. Les fourmis clonées ont alors manifesté un comportement totalement inhabituel. « Depuis le début de l'expérience, il était évident que rien n'allait plus chez ces fourmis, estime Olivos Cisneros. C'était très facile à détecter. » Elles n'ont pas suivi les pistes de phéromones, elles ont

*. Un mot d'avertissement : il est périlleux d'estimer les capacités sensorielles d'un animal d'après le nombre de ses gènes codant des récepteurs de molécules odorantes. Les chiens ont deux fois plus de ce type de gènes que les humains, mais cela ne signifie pas que leur odorat est deux fois plus performant.

ignoré des traces de feutre dont les odeurs intenses auraient repoussé des fourmis normales. Elles ont également négligé les larves dont elles devaient s'occuper habituellement. Elles ont totalement ignoré leur colonie et sont allées vagabonder toutes seules plusieurs jours d'affilée. Quand elles se sont retrouvées par hasard dans une colonie, leur présence a été perturbatrice. Parfois, elles ont émis des phéromones d'alerte sans raison, créant ainsi une panique inutile chez les fourmis de leur colonie. « Elle ne savent alors plus s'il y a d'autres fourmis à côté d'elles, constate Kronauer. Elles sont en effet incapables de les sentir. » Il est difficile de ne pas les plaindre, car une fourmi sans odorat est une fourmi sans colonie et une fourmi sans colonie est à peine une fourmi *.

Les fourmis offrent un exemple spectaculaire du pouvoir des phéromones, parmi beaucoup d'autres. Ainsi, les homards femelles[57] urinent sur la tête des mâles pour les attirer avec une phéromone sexuelle. Les souris mâles procèdent en deux temps[58] : l'attraction des femelles grâce à une phéromone présente dans leur urine, la darcine – d'après Darcy, le nom du héros du roman *Orgueil et Préjugés* de Jane Austen – puis leur identification grâce à d'autres composants olfactifs de l'urine. Une orchidée qui fleurit tôt dans la saison, l'ophrys araignée[59], attire le faux bourdon pour transporter son pollen en imitant ses phéromones sexuelles. « Nous vivons en permanence, surtout en pleine nature, dans de grands nuages de phéromones[60], a dit un jour E. O. Wilson. Elles peuvent voyager sous forme de brumes d'un millionième de gramme sur environ un kilomètre. » Ces messages sur mesure mènent le monde animal de la plus petite créature à la plus grande.

En 2005, Lucy Bates est arrivée dans le parc national d'Amboseli au Kenya pour étudier les éléphants. Lors de sa première sortie, son assistant de terrain, doté d'une certaine expérience, lui a dit que ces éléphants, sujets d'étude pour les scientifiques depuis les années 1970, remarqueraient

*. Une expérience sur le même thème a été réalisée auparavant. En 1874, le scientifique suisse Auguste Forel (1848-1931) a montré que les antennes des fourmis sont ses principaux organes de l'odorat[56]. Après qu'il les a enlevées, les fourmis ne construisaient plus leurs nids, ne s'occupaient plus de leurs larves et n'attaquaient plus les intrus provenant d'autres colonies.

certainement la nouvelle venue dans le groupe de chercheurs. Bates était sceptique. Comment la remarqueraient-ils ? Et pourquoi ? De fait, dès que son équipe fut au contact de l'un des troupeaux et éteignit le moteur du véhicule, les éléphants vinrent immédiatement vers eux. « Une éléphante a passé sa trompe par la fenêtre et a reniflé un bon coup, dit Bates. Ils savaient qu'il y avait une nouvelle recrue à l'intérieur. »

Au cours des années suivantes, Bates a fini par découvrir ce que quiconque découvre en passant un peu de temps avec des éléphants : leur vie est entièrement déterminée par les odeurs. Inutile de savoir que l'éléphant détient un record avec environ 2 000 gènes codant ses récepteurs olfactifs[61] ou de connaître la taille de son bulbe olfactif. Vous n'avez qu'à observer sa trompe. Aucun autre animal n'a un nez aussi proéminent et aussi mobile, et donc aucun autre comportement olfactif animal n'est plus facile à observer. Qu'il se déplace ou qu'il se nourrisse, qu'il soit calme ou inquiet, sa trompe est toujours en mouvement, se balançant, s'enroulant, se tordant, explorant, sentant. Parfois l'organe entier, long de 1,80 mètre, se dresse tel un périscope de façon spectaculaire pour inspecter un objet. Parfois, ses mouvements sont moins amples. « Vous pouvez approcher un éléphant en train de se nourrir, qui vous a parfaitement remarqué et qui, sans tourner la tête, vous saluera d'un léger balancement du bout de sa trompe. »

Les éléphants africains utilisent leur trompe[62] pour détecter leurs plantes préférées, même cachées dans des boîtes fermées par un couvercle, ou perdues au milieu d'un fouillis de plantes comestibles. Ils peuvent aussi apprendre à reconnaître des odeurs inconnues[63]. Après avoir appris à détecter l'odeur du TNT, inodore pour les humains, trois éléphants africains ont ainsi ensuite mieux réussi à identifier sa présence que des chiens très entraînés. Deux de ces éléphants[64], Chisuru et Mussina, ont pu reconnaître l'odeur particulière d'une personne dans une rangée de neuf bocaux imprégnés d'odeurs de neuf personnes différentes. Les éléphants d'Asie se sont pas en reste[65]. En leur présentant à l'aveugle deux seaux inégalement remplis de nourriture, des scientifiques ont montré qu'ils pouvaient identifier correctement celui qui contenait le plus de nourriture, uniquement par l'odorat. Soit un exploit dont les humains sont incapables et que (d'après une des expériences d'Alexandra

Horowitz) des chiens ont du mal à accomplir*. « Nous aurions su différencier le contenu des seaux ouverts grâce à la vue, mais certainement pas grâce à notre odorat, dit Bates. La quantité d'information que les éléphants peuvent obtenir grâce à leur odorat est bien au-delà de ce que nous pouvons concevoir. »

Les éléphants sont également capables de sentir le danger. Quelque temps après l'arrivée de Bates à Amboseli, un de ses collègues a emmené en virée deux hommes Maasaï dans une jeep que l'équipe utilisait depuis des lustres. Le jour suivant, lorsque l'équipe est sortie sur le terrain, les éléphants ont manifesté un comportement inhabituellement méfiant à l'approche du véhicule. Comme les jeunes Maasaï chassent parfois les éléphants au javelot, Bates a supposé que les éléphants étaient dérangés par l'odeur persistante des produits laitiers consommés par les Maasaï et de la terre ocre dont leurs vêtements sont imprégnés. Pour tester cette idée, elle a caché des piles de vêtements sur le territoire des éléphants. Lorsque les éléphants approchaient des piles de vêtements lavés ou de ceux longuement portés par des Kamba[66], une ethnie qui ne chasse pas l'éléphant, les éléphants manifestaient un certain intérêt, sans aucune inquiétude. Mais à chaque fois qu'ils sentaient des vêtements portés par des Maasaï, leurs réactions étaient dépourvues de toute ambiguïté. « Dès que la première trompe s'est levée, tout le groupe s'est enfui aussi rapidement que possible et presque toujours dans de hautes herbes, me dit Bates. Chaque groupe, à chaque fois. C'était saisissant. »

Mis à part la nourriture et les ennemis, peu de sources d'odeurs sont aussi importantes pour un éléphant qu'un autre éléphant. Ils s'inspectent les uns les autres régulièrement avec leur trompe, explorant allègrement glandes, bouches et organes génitaux. Lorsque les éléphants africains se retrouvent après une longue séparation[67], ils se lancent dans des rituels d'accueil intenses. On les voit battre des oreilles et on les entend pousser des grondements du fond de la gorge. Pour ces éléphants, cette expérience est avant tout un remue-ménage olfactif. Ils urinent beaucoup, produisent de nombreuses bouses et leurs glandes lacrymales sécrètent des liquides aromatiques, emplissant l'air de toutes leurs odeurs.

*. Selon Horowitz, les chiens n'étaient pas assez motivés.