



HAL
open science

L'olfaction chez les oiseaux

Aline Bertin, Simon Potier, Francesco Bonadonna

► **To cite this version:**

Aline Bertin, Simon Potier, Francesco Bonadonna. L'olfaction chez les oiseaux. *La Lettre - Société des Neurosciences*, 2016, 51, pp.24-26. hal-02633452

HAL Id: hal-02633452

<https://hal.inrae.fr/hal-02633452>

Submitted on 6 Jul 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

développement et la résistance des animaux permettent des approches d'imagerie *in vivo* dans des conditions de facilité étonnante (Fig. 2).

jean.gascuel@u-bourgogne.fr

RÉFÉRENCES

- (1) Hildebrand JG et Shepherd GM. (1997) *Annu Rev Neurosci* 20:595-631.
- (2) Holley A et MacLeod P. (1977) *J Physiol* 73(6):725-848.
- (3) Eisthen H et Polese G. (2006) In *Evolution of Nervous Systems, Vol 2: Non-mammalian Vertebrates* (JH Kaas, ed), Academic Press, Oxford, pp. 355-406.
- (4) Duchamp-Viret P et al. *J. Neurophysiol.* 61(5):1085-1094.
- (5) Manzini I, et Schild D. (2010) In: Menini A, editor. *The Neurobiology of Olfaction*. Boca Raton (FL): CRC Press/Taylor & Francis. Chapter 4.
- (6) Millery J, et al. (2005) *Eur J Neurosci.* 22(6):1389-1399.
- (7) Amano T, et Gascuel J. (2012). *PLoS One.* 2012;7(4):e33922.
- (8) Dittrich K, et al. (2016) *J Comp Neurol.* 524(5):986-98.
- (9) Gaudin A, et Gascuel J. 2005. *J Comp Neurol* 489(4):403-424

L'OLFACTION CHEZ LES OISEAUX

ALINE BERTIN (INRA, UMR85 PRC, CNRS, UMR 7247, Université F. Rabelais, IFCE, Nouzilly), SIMON POTIER & FRANCESCO BONADONNA (CNRS, UMR 5175, Université de Montpellier, Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, Montpellier)

Introduction

Les oiseaux sont connus pour être un groupe extrêmement diversifié, présentant des capacités visuelles et auditives des plus variées. À ce titre, les ornithologistes et scientifiques se sont souvent intéressés aux capacités visuelles et auditives qui paraissaient évidentes (pour l'œil et l'oreille humains), oubliant ainsi l'existence possible d'un sens olfactif fonctionnel chez les oiseaux. Néanmoins, les oiseaux possèdent un bulbe et un répertoire génétique olfactif conséquent supposant l'utilisation de l'olfaction dans de nombreuses tâches journalières. Comme nous allons le voir, le sens olfactif est utilisé très précocement et il revêt de nombreuses fonctions.

1. L'olfaction *in ovo*

Bien protégé dans un œuf, l'embryon d'oiseau n'en est pas moins exposé à de multiples stimulations sensorielles tout au long de son développement. Ces stimulations ont une importance certaine notamment chez les oiseaux nidifuges - c'est-à-dire capables de quitter le nid quelques heures après l'éclosion - puisque leurs systèmes sensoriels sont fonctionnels à l'éclosion. Bien que d'apparence opaque, la coquille d'œuf d'un oiseau est constituée de milliers de pores. Ces pores vont permettre les échanges gazeux mais également la pénétration de nombreux composés odorants volatiles à l'intérieur de l'œuf.

L'embryon d'oiseau est en mesure de percevoir ces stimulations puisque le système olfactif est fonctionnel relativement précocement. Par exemple, le système olfactif de l'embryon de poule domestique est fonctionnel dès le 13^e jour de développement alors que l'éclosion se produit au 21^e jour. Si une odeur est présente dans l'environnement, l'embryon va être

en mesure de mémoriser cette information olfactive et cette expérience précoce va orienter ses préférences olfactives après éclosion. Un poussin exposé *in ovo* à un stimulus olfactif (mélange d'orange et de vanilline) à faible concentration va présenter une orientation positive vers des aliments portant cette odeur familière. À l'inverse, un poussin naïf va éviter cette odeur inconnue. Une aversion pour le stimulus olfactif peut être observée même si celui-ci est présent *in ovo* à une forte concentration (1). Cette influence de l'environnement olfactif est observable même si l'embryon de poule est encore baigné dans le liquide amniotique (jusqu'au 18^e jour environ). En effet, des poussins exposés *in ovo* à un stimulus olfactif entre les 13^e et 16^e jour de développement vont exprimer une orientation plus marquée vers des aliments portant ce stimulus par rapport à des animaux naïfs. L'environnement olfactif a toutefois une influence plus marquée en fin d'incubation, lorsque le bec de l'oiseau passe dans la chambre à air de l'œuf et que la respiration pulmonaire se met en place. Une préférence pour un aliment portant le stimulus olfactif familial peut-être observée jusqu'à deux semaines après l'éclosion chez des poussins exposés à ce stimulus olfactif entre le 17^e et le 20^e jour de développement embryonnaire (2).

L'environnement olfactif des embryons d'oiseaux ne dépend pas seulement des signaux extérieurs à l'œuf. En effet, l'alimentation de la mère peut conférer des propriétés odorantes au vitellus (jaune) de l'œuf. Ce transfert d'informations olfactives se fait notamment par les acides gras polyinsaturés de type oméga-3 ou oméga-6, qui passent directement de l'alimentation maternelle au jaune de l'œuf. Lors de leur dégradation, ces composés sont connus pour conférer une odeur de poisson à l'œuf. Ce phénomène bien décrit chez la poule domestique a permis de montrer que les jeunes oiseaux peuvent également mémoriser les propriétés olfactives de l'environnement *in ovo*. En ajoutant 2 % d'huile de hareng (riche en oméga-3) dans l'alimentation de poules, il a ainsi été montré que les poussins issus de ces œufs s'orientaient préférentiellement vers un aliment nouveau portant l'odeur de hareng. Cette préférence ne s'observe pas chez des poussins dont les mères n'ont pas été nourries avec ce composé (3). De manière générale, cette capacité des embryons d'oiseaux à mémoriser des informations chimiosensorielles pourrait prédisposer les jeunes à s'orienter vers des stimuli olfactifs familiers. Ce mécanisme pourrait ainsi favoriser leur adaptation dans un environnement riche d'informations olfactives.

2. L'olfaction pour s'orienter

La recherche de nourriture

Certains oiseaux vivent et se déplacent dans un milieu où l'utilisation du sens visuel paraît difficile. Dans le milieu marin, la détection des proies apparaît peu évidente au vu de l'absence de repères visuels. Ainsi, il a été montré que les procellariiformes (oiseaux marins comme les albatros, les puffins et les pétrels) pouvaient utiliser des indices indirects tels que le diméthylsulfure (DMS) afin de détecter la présence de

krills ou de poissons, leurs principales sources alimentaires (4). En effet, le DMS est un composé (modifié par l'environnement) émis par le phytoplancton lors de l'ingestion par le zooplancton. Il témoigne ainsi de la présence du zooplancton et indirectement de poissons se nourrissant de celui-ci.

Tout comme le milieu marin ouvert, un milieu dense en végétation peut diminuer l'intérêt de l'utilisation de la vision. Ainsi, les rapaces vivant notamment au sein de la forêt amazonienne, tels que les vautours urubus à tête rouge *Cathartes aura* et le caracara huppé *Caracara plancus* peuvent utiliser leur sens olfactif pour détecter la présence de carcasses (S. Potier, observation personnelle). Pour le vautour urubu à tête rouge, il semblerait d'ailleurs que le sens olfactif prévale au sens visuel.

Il n'est cependant pas nécessaire aux oiseaux de vivre dans un milieu non propice à l'utilisation de la vision pour posséder un sens olfactif fonctionnel. En effet, il apparaît qu'un grand nombre d'espèces d'oiseaux est capable d'utiliser l'olfaction pour trouver la nourriture, à l'instar des mésanges charbonnières *Parus major* qui peuvent discriminer entre un arbre sain et un arbre infecté par les chenilles d'un papillon par la seule émission de composés olfactifs émis suite à la consommation de feuilles par ces lépidoptères (5).

La navigation

La navigation par l'olfaction chez les pigeons voyageurs dans les années 70 a été en réalité la première découverte à montrer l'utilisation fonctionnelle de l'odorat chez les oiseaux. Ainsi, bien qu'ils puissent utiliser l'environnement magnétique et visuel pour s'orienter, l'olfaction serait le sens utilisé préférentiellement à longue distance. En effet, le Professeur F. Papi après avoir sectionné le nerf olfactif (les rendant anosmiques) et relâché les individus à plus de 150 km de leur volière, observa que moins de 10 % des pigeons anosmiques (ayant pour autant déjà effectué le trajet) arrivèrent à rentrer à la volière alors qu'environ 90 % des pigeons avec un sens olfactif fonctionnel rentrèrent. Suite à cette première découverte, trente ans d'expériences aussi diversifiées qu'on puisse l'imaginer sur cette espèce modèle ont confirmé que c'est bel et bien l'odorat qui guide les pigeons voyageurs à leur gîte (6).

Si l'orientation olfactive était certaine pour les pigeons, chez les oiseaux sauvages beaucoup de doutes persistaient. Cependant, les capacités olfactives des pétrels stimulaient la recherche sur ces espèces. En particulier, les pétrels nichant sous terre ont un comportement de navigation nocturne afin d'éviter les prédateurs au sein de la colonie. La reconnaissance du nid au retour des individus ne peut donc pas se faire par le biais d'indices visuels et ces pétrels utilisent l'olfaction pour retrouver et reconnaître leur nid souterrain dans l'obscurité (7). Mais les capacités de navigation olfactive des procellariiformes vont plus loin. Le puffin cendré *Calonectris borealis* semblerait utiliser l'olfaction pour s'orienter et retrouver son île de nidification à des distances exceptionnelles. En effet, une fois déplacés artificiellement à plus de 800 km de la colonie d'origine, alors que l'incapacité à utiliser le magnétisme n'affecte pas l'aptitude à rentrer, l'absence de



Poussin d'un jour de poule domestique

© Aline Bertin INRA-PRC

capacités olfactives désorientent totalement les individus qui finissent par se perdre et ne sont plus capables de retourner à leur île (8).

3. L'olfaction dans la vie sociale

Outre l'utilisation de l'odorat dans le but de s'orienter, les oiseaux sont capables d'utiliser des signaux olfactifs pour communiquer. L'olfaction paraît donc être utilisée dans divers contextes sociaux chez les oiseaux. La source des odeurs impliquées dans la communication entre individus est issue probablement des sécrétions de la glande uropygienne (glande cutanée principale des oiseaux située à la base de la queue), ou glande de la toilette. Cette glande produit une substance huileuse que les oiseaux répandent sur leurs plumes. L'analyse chimique des sécrétions de la glande et des plumes a permis de montrer que l'odeur émanée de l'oiseau contient des informations sur l'espèce d'appartenance, le sexe et l'identité d'un individu (9). Il apparaît donc que chaque individu possède une signature olfactive qui lui est propre permettant d'utiliser ces informations lors de la communication, notamment dans la reconnaissance individuelle et le choix du partenaire.

Ainsi, l'information olfactive pourrait permettre aux mouettes tridactyles *Rissa tridactyla* de s'apparier préférentiellement avec des individus génétiquement distants car elle reflète le degré d'apparentement des individus mâles (10). De surcroît, les poussins de pétrels possèdent des caractéristiques olfactives proches de celle de leurs parents (9). Cette information semble essentielle et le bouquet d'odeurs émis par un individu pourrait donc être un signal permettant de faire un choix tout en évitant la consanguinité. C'est le cas de l'Océanite tempête *Hydrobates pelagius* qui est capable de reconnaître et d'éviter l'odeur des parents, frères et sœurs (11). Une fois le partenaire choisi, sa signature olfactive individuelle permet aussi de le reconnaître tout au long de la vie, notamment dans l'obscurité du terrier chez les pétrels (7). Enfin, l'émission de composés chimiques permettrait aussi aux partenaires sexuels de potentiellement se synchroniser durant la période de reproduction. En effet, le bouquet d'odeurs émis par les femelles d'étourneaux unicolores *Sturnus unicolor* est différent en et hors période de reproduction (9) et pourrait donc témoigner de son aptitude à se reproduire.

Conclusion

Longtemps ignoré, ce bref aperçu montre pourtant à quel point la capacité des oiseaux à traiter les informations olfactives leur permet, au même titre que leurs capacités visuelles ou auditives, de s'adapter à leur environnement physique ou social. Qu'en est-il du sens du goût et de l'interaction entre ces systèmes ? Encore bien des questions restent à élucider sur le traitement des informations chimiosensorielles chez les oiseaux.

aline.bertin@inra.fr

simon.POTIER@cefe.cnrs.fr

Francesco.BONADONNA@cefe.cnrs.fr

RÉFÉRENCES

- (1) Bertin A, et al. (2010) *Ethology* 116, 1027-1037.
- (2) Bertin A, et al. (2012) *Chem Senses* 37, 253-261
- (3) Aigueperse N, et al. (2013) *Plos One* 8, e77583.
- (4) Bonadonna F, et al. (2006) *J Exp Biol* 209, 2165-2169.
- (5) Amo L, et al. (2013) *Ecology Letters* 16, 1348-1355.
- (6) Wallraff H (2005) *Connection Science*, 17, 91-106.
- (7) Bonadonna F et Nevitt GA (2004) *Science* 306, 835-835.
- (8) Gagliardo A (2013) *J Exp Biol* 216, 2165-2171.
- (9) Caro SP, et al. (2015) *Horm Behav* 68, 25-42.
- (10) Leclaire S, et al. (2012) *Proc R Soc Lond B Biol Sc* 279, 1185-1193.
- (11) Bonadonna F et Sanz-Aguilar A (2012) *Anim Behav* 84, 509-513.

OLFACTION ET CULTURE

MOUSTAFA BENSAFI, CAMILLE FERDENZI,
CATHERINE ROUBY

Centre de Recherche en Neurosciences de Lyon, CNRS UMR 5292, INSERM U1028, Université Claude Bernard Lyon 1, Lyon

De fortes différences entre individus caractérisent la perception olfactive : chacun de nous répond différemment aux composants chimiques qui l'environnent. Notre individualité s'exprime dès le niveau des récepteurs olfactifs ; l'odeur perçue résulte de l'activation d'une combinaison de récepteurs, chaque récepteur étant le produit d'expression d'un des 400 gènes olfactifs qui sont fonctionnels chez l'humain¹. Chez les mammifères, cette famille de gènes est très nombreuse et très polymorphique (1), ce qui implique pour une même odeur des différences individuelles de pattern de récepteurs activés et par conséquent de perception. Dans le cas de la molécule d'androsténone, deux individus porteurs de deux profils différents d'allèles du récepteur à cette molécule la jugent différemment en intensité, en qualité et selon ce profil, très déplaisante ou neutre (2). Mais le répertoire de gènes olfactifs n'explique pas à lui seul toute la variation : il existe d'autres facteurs que l'hérédité, individuels et environnementaux, qui y contribuent fortement comme le montrent des études sur des jumeaux. L'âge, le sexe, la personnalité et certaines pathologies influencent non seulement nos seuils de détection, mais aussi nos réponses affectives et cognitives aux odeurs. Le contexte a aussi son importance : ce que nous

savons ou croyons sur les odeurs perçues, notre profession ou encore notre appartenance culturelle sont déterminants.

Culture et exposition précoce

La plasticité du système olfactif et son modelage par l'environnement précoce sont bien démontrés chez l'animal. Les travaux chez l'humain vont dans le même sens, et montrent que les préférences olfactives sont déjà modulées *in utero* par les substances provenant de l'environnement maternel et celles présentes dans le liquide amniotique. Une équipe de recherche française l'a montré chez des nouveau-nés dont la mère avait ou non consommé de l'anis pendant la grossesse : le groupe de nouveau-nés dont la mère en avait consommé montrait une préférence stable pour l'arôme d'anis, mais pas celui dont la mère n'en avait pas consommé (3). On a aussi des preuves indirectes de l'influence périnatale des saveurs : une équipe allemande a montré que des sujets nourris au biberon avec du lait aromatisé à la vanille montraient à l'âge adulte une préférence pour cet arôme, qui n'existait pas chez les adultes du même âge nourris au sein, donc moins exposés à la vanille (4). Autre preuve de l'importance de l'environnement de l'enfant pour assigner une valeur affective aux odeurs : des enfants dont les parents consomment de l'alcool ou ont des tendances dépressives sont plus enclins à déprécier l'odeur de bière que des enfants dont les parents en consomment de façon conviviale (5).

Compte tenu de ces influences précoces, il n'est donc pas étonnant que les préférences olfactives changent selon la culture, puisque celle-ci propose des expériences chimiosensorielles qualitativement et quantitativement différentes autour du monde. Il est cependant remarquable que la variation semble réduite pour les odorants déplaisants : en comparant des enfants de 6 à 12 ans de trois groupes culturellement contrastés, Indonésiens, Syriens et Canadiens francophones, qui devaient évaluer 14 odorants, une étude a montré un consensus entre les trois cultures pour les odeurs déplaisantes, mais une divergence entre elles sur l'évaluation de ce qui est plaisant (6). Tout se passe comme si le système d'alarme que constitue notre odorat répondait de façon moins variable aux mauvaises odeurs (celles des sources à éviter) qu'aux odeurs plaisantes (celles des sources qu'on peut approcher, et apprendre à apprécier).

Cette variation culturelle concernant ce qui est agréable – comestible, bénéfique ou simplement sans danger – est bien connue mais on en sait moins sur son inscription neurobiologique ; en combinant une approche psychologique et neurophysiologique, une étude a examiné la modulation de l'activité perceptive et cérébrale selon l'expérience et la culture d'origine (7). La comparaison portait sur deux groupes de participants vivant en France et originaires soit d'Europe, soit d'Afrique du Nord. En comparant les réponses à l'odeur de menthe, supposée familière dès l'enfance en Afrique du Nord, et l'odeur de rose supposée aussi familière aux deux groupes, les chercheurs ont confirmé que le groupe originaire d'Afrique du Nord associait beaucoup plus l'odeur de menthe à des expériences vécues que le groupe d'origine européenne, du fait de la consommation de

¹ Chez l'humain, 51% des gènes dédiés à l'odorat sont non fonctionnels, contre 33 % chez les grands singes et moins de 20 % chez des primates plus éloignés ou encore chez la souris.