

# *Hibook*

---

La migration des oiseaux



# Sommaire

- **QUELQUES ELEMENTS D'INTRODUCTION**
  
- **CHOISIR SA VOIE**
  - Trois grands systèmes de migration
  - Routes, trajets ou fronts ?
  - Tracer sa route
  - Des obstacles de tailles
  
- **EN VOL**
  - Un paramètre essentiel : le vent
  - Et l'altitude alors ?
  - Seul ou accompagné
  - Partir un jour...Sans retour ?
  
- **EN MODE GPS**
  - Faire parler ses sens
  - Une composante génétique
  - S'orienter

Sources et recommandations

# QUELQUES ELEMENTS D'INTRODUCTION

## Une définition de la migration

Une définition aboutie de la migration la décrit comme « un mouvement saisonnier et régulier accompli entre deux régions distinctes par tout ou partie des individus d'une espèce d'oiseau ». Ainsi, avant de se reproduire dans nos régions, les oiseaux migrateurs entament un plus ou moins long voyage depuis leurs lieux d'hivernage.

Ce parcours a pour but d'établir leur nid dans une région assez riche en ressources (alimentaires notamment) leur permettant de réussir leur reproduction. Après celle-ci, ils entament alors le voyage inverse, ils retournent vers leur zone d'hivernage afin de passer la mauvaise saison dans une région favorable d'un point de vue météorologique.

## Les raisons de la migration

Si les oiseaux parcourent de si longues distances pour rejoindre très souvent l'Afrique, ce n'est pas tant pour échapper aux températures glaciales qu'aux conséquences de celles-ci sur leur régime alimentaire.

Les oiseaux granivores s'en sortent plutôt bien dans nos régions tempérées mais leurs collègues insectivores se retrouvent coincés : en plein hiver, point d'insectes...Pas le choix donc, il leur faut prendre la route et rejoindre des contrées lointaines où le climat permet à leurs proies de s'épanouir.

Ces oiseaux sont suivis par leurs prédateurs : les rapaces. Parmi les rapaces migrateurs, une grande partie se nourrit d'animaux à sang froid, comme les serpents. Là-encore, la raréfaction de leurs proies en hiver chez nous les pousse à partir. Mais justement, comment se prend cette décision de migrer ?

## La décision de partir en migration

Selon les dernières hypothèses, le fait de migrer aurait une large part génétique, d'autant plus dans les milieux où les ressources alimentaires varient de façon prédictible. Là où les ressources subissent de grandes variations, la migration serait contrôlée à la fois par un facteur génétique mais aussi une grande composante environnementale. Ces aspects du comportement migratoire sont mal connus et encore étudiés par de nombreux scientifiques.

Ce qui est sûr, c'est qu'une fois les beaux jours revenus, les oiseaux migrateurs reviennent dans nos régions. Hors de question pour eux de rester dans leurs lieux d'hivernage pour faire leurs petits : ils entreraient en compétition avec les oiseaux locaux pour les ressources (alimentation, refuges...). Il n'y a pas de place pour tout le monde !

Mais si certains oiseaux font ces longs voyages pour suivre la disponibilité en proie, tous ne partent pas. Tous les oiseaux sont capables d'effectuer une migration, grande ou petite, mais s'ils bénéficient d'un ensemble de ressources disponibles, pourquoi partir ?

C'est ainsi qu'on différencie chez les espèces d'oiseaux deux types de migrateurs : les «stricts» dont toutes les populations partent et les « partiels » où seules quelques populations vont migrer. C'est pourquoi vous pouvez observer des oiseaux en toute saison! Mais quant à savoir d'où ils viennent...



# La migration des oiseaux

---

CHOISIR SA VOIE

## Trois grands systèmes de migration

Dans une très grande majorité, les oiseaux migrent selon un axe nord-sud. Ils nichent dans les régions situées au nord, qu'ils quittent à l'automne pour leurs quartiers d'hivernage situés plus au sud. On considère trois grands systèmes de migration:

- Le continent américain
- Le système asiatique (Asie et Océanie)
- Le système Eurasie/Afrique.

Ces trois systèmes présentent de nombreuses différences, notamment par la nature des obstacles qui les composent. Au programme pour les oiseaux qui migrent au niveau du système « Eurasie/Afrique »: chaînes de montagnes et l'immense Sahara qui barre le continent africain. Pour les oiseaux américains: détour par l'Amérique centrale ou raccourci par le golfe du Mexique. Enfin, pour les oiseaux d'Asie: contournement de l'Himalaya puis traversées marines.

Ces trois zones géographiques présentent également de nombreuses ressemblances, notamment en matière de milieux. C'est pourquoi il est possible d'observer des oiseaux de la même famille (limicoles, anatidés...) dans les trois systèmes, à des latitudes similaires.

Si les oiseaux de l'hémisphère Nord migrent du nord vers le sud, les oiseaux de l'hémisphère Sud font pour leur hivernage...l'inverse! Ce sont les migrations dites « australes ». Elles sont toutefois d'une ampleur moindre et ce pour une raison toute simple: la surface des terres émergées est cinq fois moins grande dans l'hémisphère Sud que dans l'hémisphère Nord. Seuls les oiseaux du sud de l'Afrique, de l'Amérique du sud et de l'Australie vont migrer. Leurs migrations vont être plus courtes et les voies plus variables, très dépendantes des conditions météorologiques.

## Routes, trajets ou fronts?

Les oiseaux suivent ce que l'on appelle des voies ou des « routes » migratoires assez précises et spécifiques à leur famille. Le terme de « trajet » sera plutôt utilisé pour parler d'un individu. Tant que les oiseaux ne rencontrent pas d'obstacles, comme une chaîne de montagnes, ils vont migrer sur un large front.

Dans un même front de migration, certains axes sont plus empruntés que d'autres: ce sont en quelque sorte des « sous-fronts ». La taille du front de migration peut évoluer durant le voyage: de très étendu, il peut devenir beaucoup plus restreint lorsque les oiseaux atteignent leurs quartiers d'hiver. A l'inverse, des espèces se déplacent sur des fronts à la largeur uniforme durant toute la migration. Les Grues cendrées en sont un exemple bien

connu: elles traversent la France dans un couloir de seulement 200km de large! Ces fronts étroits sont caractéristiques des espèces qui voyagent en famille, les adultes transmettant cette connaissance aux jeunes.

## **Tracer sa route**

Si nous avons vu dans notre premier article sur la migration pourquoi les oiseaux partaient, il demeure une question: comment dessinent-ils leur voie migratoire? Le plus logique serait de suivre une ligne entre leur point de départ et leur point d'arrivée. Ainsi, beaucoup d'oiseaux suivent la route du grand Cercle, soit la route la plus courte entre deux points sur un globe, car elle permet de grands raccourcis. Mais les oiseaux tiennent compte de bien d'autres paramètres que la distance à parcourir pour déterminer leur voie de migration. Ainsi, s'ils doivent faire des pauses pour se nourrir et se reposer, ils vont suivre une route avec des « points-repas »: côtes, marais, fleuves...Suivre la côte permet également de se repérer dans l'espace. Les oiseaux marins quant à eux, vont voyager en fonction de zones à forte productivité planctonique qui ne sont elles-mêmes pas fixes dans le temps et l'espace. Ainsi, de manière générale, la saisonnalité des ressources est un facteur très important à prendre en compte pour les oiseaux migrateurs.

Autre paramètre essentiel: les conditions atmosphériques et notamment l'influence des vents. S'ils sont très puissants, ils peuvent complètement dévier un oiseau de sa trajectoire. Aussi, un oiseau expérimenté sera à même de prendre ce paramètre en compte et même, de l'utiliser à son avantage! Ce que nous pouvons prendre pour un détour dans une voie migratoire n'est qu'en fait une manière pour l'oiseau d'utiliser les courants pour son vol, ce qui lui permettra de diminuer ses dépenses énergétiques. Il parcourt alors plus de kilomètres mais de manière bien plus économique!

En bref, une voie migratoire ne se suit pas au hasard mais est bien déterminée en fonction de paramètres précis.

Pour ces questions de ressources alimentaires évoluant dans le temps et de vents dominants, les oiseaux ne suivent généralement pas la même route à l'aller qu'au retour. Une grande majorité d'oiseaux effectuent des migrations dites « en boucle », parcourue dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Par exemple, beaucoup d'espèces vont suivre la côte Atlantique à l'automne mais remontent par la vallée du Rhône au printemps. Rapaces, passereaux, limicoles sont ainsi coutumiers du fait.

Concernant les oiseaux marins, le facteur « vents » est le plus important: ils construisent leur route migratoire de manière à profiter au mieux de l'assistance des vents porteurs.

## Des obstacles de taille

Une migration n'est pas un chemin aisé: de nombreux obstacles se dressent sur le trajet. Les survoler ou les contourner, à chacun sa technique!

- **La mer**

Tous les oiseaux ne sont pas capables de traverser de grandes étendues d'eau. Cela ne pose pas de réel problème à une grande majorité de passereaux, pour peu qu'ils aient fait des réserves de graisse suffisantes. Certains sont ainsi capables de traverser 600km au-dessus de l'eau. Lorsqu'ils rencontrent de mauvaises conditions météo ou qu'ils sont fatigués, ils font étape...sur les bateaux! La Barge rousse, un limicole, est définitivement la championne toute catégorie du survol d'eau: 11.000km au-dessus du Pacifique sans se poser! Les planeurs en revanche n'aiment pas l'eau: les courants thermiques porteurs ne se forment pas au-dessus de l'eau, aussi, ils ne peuvent exercer de vol plané. Lors de leur migration, les planeurs comme les cigognes ou les rapaces préfèrent passer par les détroits (Gibraltar, Bosphore, l'isthme de Panama) pour survoler le moins d'eau possible.

- **Les montagnes**

Voilà un obstacle qui convient beaucoup mieux aux planeurs qu'aux passereaux! Les ascendances thermiques s'y forment en effet sur les pentes exposées au soleil. En France, les Pyrénées sont franchies majoritairement par les deux extrémités. Les flancs de la vallée du Rhône sont également favorables à la formation des thermiques. En revanche, les passereaux ont plus de difficultés face aux montagnes: la plupart migrent à moins de 500m d'altitude, ils sont donc obligés de monter en altitude pour franchir les cols les plus bas. Ceux qui arrivent à franchir les montagnes sans les contourner ont besoin de réserves énergétiques importantes.

- **Le désert**

Dans notre système « Eurasie/Afrique », le désert du Sahara est un obstacle majeur pour les oiseaux migrants, un véritable danger qui leur barre le chemin d'est en ouest. Les petits passereaux doivent impérativement constituer des réserves de graisse importantes avant de se lancer dans la grande traversée. La traversée en elle-même est mal connue: il semblerait qu'une grande majorité de passereaux migrent de nuit, en faisant des haltes régulières. Les rapaces et d'autres planeurs volent en journée, en essayant de faire de cette traversée les étapes journalières les plus longues de leur voyage, afin d'y rester le moins de temps possible.



# La migration des oiseaux

---

## EN VOL



## Un paramètre essentiel: le vent

Tout bon pilote vous le dira: pas de bonne navigation sans une parfaite connaissance des vents! Il peut être à un moment la plus précieuse des assistances et, en un instant, se transformer en pire ennemi. Avec un vent arrière, l'oiseau bénéficie d'une poussée naturelle qui peut lui permettre de lever le pied. On estime alors le gain de vitesse moyen de 30%! Avec une telle aide, l'oiseau va économiser énormément d'énergie. C'est avec un vent arrière que de minuscules oiseaux traversent des obstacles géographiques monstrueux comme le Sahara. Il est donc essentiel pour eux d'attendre les bonnes conditions avant de se lancer! Il a été démontré que si les Fauvettes des jardins tentaient la traversée hors vent de nord, plus de 90% mourraient d'épuisement...

Voilà pourquoi le vent est un paramètre si important pour un oiseau!

Tellement important que, lorsque les conditions météorologiques sont bonnes, les oiseaux en profitent et « tracent » leur route. Ils font des haltes beaucoup plus courtes qu'à l'accoutumée et privilégient les longues étapes de vol. A l'inverse, dès que la météo se dégrade, ils vont rester plus longtemps sur leur site de halte voire carrément s'accumuler si la situation perdure.

Toutes les espèces ne profitent pas du vent de la même manière: les familles d'oiseaux présentent des morphologies parfois très différentes entre elles et il existe plusieurs types de vols. Ainsi, les rapaces raffolent des courants ascendants, qui se forment par beau temps. Les oiseaux de mer « surfent » juste au-dessus des vagues où se créent des turbulences. Tous les oiseaux au vol battu vont être très attentifs à la direction du vent pour économiser de l'énergie. Seules exceptions (il en faut toujours): les Hirondelles rustiques et les Martinets noirs, qui préfèrent les vents de face semblant faciliter leur chasse d'insectes. Pour d'autres, au contraire, c'est vent quasi-nul ou rien! Grives à dos olive et Fauvettes grisette ne décollent que lorsque le vent au sol est inférieur à 10 km/h et ce, quelque soit sa direction.

Mais, me direz-vous, c'est bien joli tout ça mais comment les oiseaux déterminent-ils le sens du vent? Et bien, on ne sait pas vraiment. Au sol, les oiseaux peuvent mesurer l'intensité du vent: à la base de chaque plume, dans la peau, se situe un récepteur sensoriel. Le moindre déplacement de la plume par le vent va stimuler ce mécanorécepteur. L'oiseau va ainsi pouvoir mesurer la force du vent et sa direction. Mais lorsqu'ils sont en vol, difficile de savoir comment ils utilisent les informations transmises par ces mécanorécepteurs. Autre outil: l'organe de Vitali ou organe paratympanique (OPT). Certains oiseaux comme les faucons ou les martinets peuvent, grâce à cet organe situé dans leur oreille, détecter les changements de pression dans l'atmosphère. La pression atmosphérique, selon qu'elle augmente ou diminue, est synonyme de tempêtes ou de beau temps. En détectant ces changements, les oiseaux peuvent s'y préparer soit en faisant une halte, soit en changeant leur route.

## **Et l'altitude alors?**

En voilà un autre critère important! Au-delà d'une certaine altitude, la direction du vent peut changer par rapport à celle du sol. Les oiseaux ont tout intérêt à rechercher constamment la direction du vent qui les poussera vers leur destination. Ainsi, ils ne restent pas à la même altitude durant tout leur temps de vol: ils peuvent monter très haut pour redescendre si les conditions sont meilleures en bas.

Sauf que.

Atteindre une altitude importante par un simple vol battu demande un effort énergétique considérable! Une fois l'altitude atteinte, il leur faut lutter contre le manque d'air, en respirant plus vite, ce qui a tendance à déshydrater leur organisme. Le vol à une altitude élevée n'est donc intéressant que pour les migrateurs longue distance, d'autant plus qu'ils peuvent avoir à passer des chaînes de montagne. Pour des migrateurs courte distance, le jeu n'en vaut pas la chandelle. Mieux vaut rester à une altitude moyenne à basse, même si les vents sont moins favorables.

Des oiseaux sont capables de migrer sur de longues distances à une haute altitude et ce, grâce à une physiologie adaptée. Tout d'abord, tous les oiseaux ont un système pulmonaire bien plus efficace que le nôtre en matière d'échanges gazeux et une hémoglobine capable de transporter bien plus d'oxygène. Pour les oiseaux migrant à haute altitude, c'est un vrai avantage! De plus, leur rendement cardiaque augmente face à une diminution de la concentration en oxygène. Et c'est ainsi que les Oies à tête barrée sont capables de traverser chaque année l'Himalaya durant leur migration.

## **Seul ou accompagné?**

Certaines espèces préfèrent voler en groupes, en formation de vol très précise. Ce sont le plus souvent des espèces qui partent en familles et ainsi indiquent la route à suivre aux plus jeunes. Les rapaces peuvent également voler en groupes durant leur migration, alors qu'ils ont une vie majoritairement solitaire. Ce comportement semble dû à la nécessité pour eux de trouver des courants ascendants: ils se retrouvent donc tous logiquement aux mêmes passages, les plus jeunes profitant de l'expérience de leurs aînés. Des oiseaux comme les canards, les limicoles ou les fringilles partent en migration en groupes. C'est une stratégie importante pour ces oiseaux qui peuvent ainsi se défendre face à d'éventuels attaques de prédateurs.

## **Partir un jour...sans retour?**

La migration est une étape importante dans le cycle de vie d'un oiseau et elle est dangereuse à bien des égards. Chez les jeunes oiseaux inexpérimentés, elle peut être fatale. Ainsi, chez la Paruline bleue, 85% de la mortalité annuelle a lieu pendant ses deux migrations. Des haltes mal gérées, un épuisement trop important, une mauvaise navigation, la traversée du Sahara ou des Pyrénées...C'est finalement un vrai miracle de survivre! Près de 75% des jeunes Cigognes blanches ne survivent pas à leur premier voyage. Mais pour les grands planeurs, il faut également ajouter les risques de collision avec les lignes à haute tension.

La prédation est également un risque important durant la migration. Les rapaces comme les éperviers ou les faucons font coïncider leurs dates de migration avec celles de passereaux dont ils se nourrissent. Les faucons concolore et d'Éléonore ont même calé leur cycle de reproduction avec le passage automnal des passereaux en direction de l'Afrique!

Ouragans, tempêtes de neige ou de sable, brouillard, peuvent également causer des dommages terribles chez les migrants. On rapporte ainsi qu'en mars 1904, une tempête de neige violente dans le Minnesota causa la mort d'au moins 750.000 Bruants lapons. Les tempêtes se produisant en mer ont des effets dévastateurs, les oiseaux trouvant difficilement des refuges où se poser.

Enfin, les tirs illégaux, le braconnage font des ravages sur des populations d'oiseaux déjà fragilisées. Pour exemple, la Royal Society for the Protection of Birds et Birdlife Cyprus ont indiqué en mars 2017 qu'environ 2.3 millions d'oiseaux ont été tués durant l'automne 2016. Rien qu'à Chypre.

# La migration des oiseaux

---

## EN MODE GPS



## **Faire parler ses sens**

Bien que l'on ne s'en rende pas compte au quotidien, l'humain utilise pourtant de nombreux moyens matériels pour s'orienter. Carte, boussole, observation du soleil et des étoiles et, plus couramment GPS: sauf quelques rares exceptions, il est très difficile de se perdre de nos jours! Contrairement aux autres animaux, nous utilisons désormais très peu nos sens mais des outils que nous avons créés. Mais point de carte et de GPS pour les oiseaux, dont certains parcourent pourtant des dizaines de milliers de kilomètres! Encore plus fort: les juvéniles d'espèces qui ne partent pas en groupes familiaux semblent déjà connaître la route, sans l'avoir jamais parcouru! Quels sens utilisent-ils? Comment? Sont-ils très différents des nôtres?

Petit récapitulatif.

### **La vue**

Les oiseaux ont une excellente vue, les champions dans ce domaine étant les rapaces. Les aigles, par exemple, qui parcourent toute la journée un vaste territoire, sont capables de repérer une proie de 16 centimètres à 1.5km de distance! Les oiseaux voient le même spectre de couleurs que nous avec, en bonus, la capacité de détecter l'ultraviolet. Ils sont capables également d'utiliser les informations fournies par le coucher et le lever du Soleil car ils détectent le plan de polarisation de la lumière solaire polarisée. Il semble que cela les aide à s'orienter. La performance de la vue est globalement une aide fabuleuse lors de la migration car il permet aussi de visualiser à longue distance des repères sur la route.

### **L'ouïe**

Voici là encore un sens particulièrement développé chez les oiseaux. Contrairement à nous, ils sont capables de percevoir les infrasons. Une grande partie de leur communication passe par ce sens: chants lors de la saison de reproduction, cris d'alarme, de défense face à un prédateur...Les grues, qui partent en groupes lors de la migration, se repèrent les unes par rapport aux autres grâce à des cris de contact. Grâce à une ouïe ultra-performante, les oiseaux marins nichant en colonies sont capables de repérer leur petit grâce à son cri au milieu de centaines d'autres oiseaux! Et comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, certains disposent d'un organe particulier située dans l'oreille, l'organe de Vitali, qui leur permet de détecter les changements de pressions atmosphériques et ainsi, d'anticiper les changements brusques de temps.

### **L'odorat**

Beaucoup moins développé que chez les Mammifères, l'odorat est surtout présent chez les oiseaux charognards comme les Vautours ou les Urubus. Tout comme ceux-ci, les pétrels et les puffins se servent de leur odorat pour détecter des sources de nourriture. Il peut également les aider à retrouver le chemin de leur colonie puis de leur terrier. Canards

colvert, étourneaux et même mésanges se servent également de leur odorat à certains moments de leur vie (construction du nid, choix d'un partenaire...)

### **Le toucher**

Comme nous l'avons vu dans notre précédent article, les oiseaux disposent à la base d'une plume d'un récepteur sensoriel qui leur permet de déterminer la force et la direction du vent. Ce mécanorécepteur est donc une aide très importante pour leur navigation.

### **Le goût**

Difficile de savoir l'importance de ce sens chez les oiseaux...Son rôle dans l'orientation lors de la migration semble toutefois assez mineur.

Un sens en plus: la magnétoréception!

En est-on dépourvu ou n'en sommes-nous pas conscients? Toujours est-il que, contrairement à bon nombre de mammifères, nous n'utilisons pas un sens pour la perception des lignes de champs magnétique. Les oiseaux sont capables non seulement de déterminer leurs inclinaisons mais également leurs intensités, ce qui leur permet de connaître leur position, et donc de s'orienter.

## **Une composante génétique**

Comment des oiseaux qui n'ont jamais parcouru de voies migratoires partant sans leurs parents peuvent-ils atteindre leur destination sans encombre? Grâce aux « pouvoirs » de la génétique! La direction et la distance de migration sont ainsi programmées génétiquement chez l'oiseau. Comment le sait-on? Grâce à bon nombre d'expériences scientifiques ayant permis de mettre en évidence le Zugunruhe. Ce mot allemand (composé de Zug, le mouvement, et unruhe, l'agitation, l'anxiété) désigne l'état d'excitation qui saisit les oiseaux avant le départ en migration. Il a été observé lors d'expériences avec des oiseaux captifs. Il va s'exprimer par une activité nocturne inhabituelle: des sautilllements et des vibrations d'ailes incessants. On a mesuré précisément sa durée chaque nuit sur des Fauvettes à tête noire: elle correspond exactement à la distance de migration de l'espèce! Même captif, l'oiseau est donc mû par un irrésistible besoin de migrer.

Autre élément étonnant: l'oiseau ne part pas en migration au hasard mais par un chemin génétiquement déterminé. Les recherches ont montré que les oiseaux suivent un vecteur précis durant une durée « programmée » dans leur patrimoine génétique. On parle alors de « navigation vectorielle ». C'est ainsi que des juvéniles peuvent partir en migration sans leurs parents!

## **S'orienter**

Bon, c'est bien gentil tout ça mais au-delà de leur patrimoine génétique, quels outils les oiseaux utilisent-ils pour s'orienter? Car leur trajet est souvent semé d'embûches, ne serait-ce que météorologiques. Les oiseaux doivent parfois se dérouter pour éviter une tempête: ils doivent donc être capables de s'orienter afin de poursuivre leur route dans la bonne direction.

### **Le soleil**

Comme bon nombre d'animaux, les oiseaux n'utilisent pas le soleil en fonction de sa hauteur mais en déterminant son azimut, soit l'angle formé par rapport au sud (si on se situe dans l'hémisphère nord). Cet azimut varie en fonction de l'heure du jour mais également de la saison et de la latitude. Si ce paramètre est très important pour les oiseaux, il a quelques inconvénients. Ne pouvant être utilisé par un ciel nuageux ou de nuit, il est utilisé en complément d'un autre outil: le champ magnétique terrestre.

### **Les étoiles**

Là encore, des expériences scientifiques ont mis en évidence l'importance de la position des étoiles dans le ciel pour l'orientation des oiseaux. Ainsi, dans un planétarium, en ne faisant varier que l'orientation du ciel, on observait que les oiseaux modifiaient leur trajectoire. Sous un ciel de printemps, ils s'orientaient vers le nord et sous un ciel d'automne, vers le sud! Il semblerait qu'ils n'utilisent pas l'ensemble du ciel mais la zone située dans un rayon de 35 km autour de l'étoile Polaire. Contrairement à la distance et à la direction, cette aptitude à utiliser le ciel n'est pas déterminée génétiquement. Ils vont apprendre à utiliser cet outil en observant la rotation du ciel depuis le nid ou dans les jours suivant leur envol. Tout comme pour le soleil, les oiseaux n'utilisent pas la carte stellaire seul mais en complément de l'utilisation du champ magnétique.

### **Le champ magnétique terrestre**

Chez plusieurs espèces d'oiseaux dont les pigeons, les scientifiques ont trouvé dans la partie supérieure du bec une structure riche en magnétite. Les propriétés de ce minéral lui permettent d'orienter vers le nord les aiguilles sur lesquelles il est attaché. Grâce à ces cellules spécialisées, les pigeons peuvent détecter les changements d'intensité du champ magnétique terrestre, mêmes infimes, et ainsi déterminer leur position et la corriger si besoin.



## Sources et recommandations

- « La migration des oiseaux, Comprendre les voyageurs du ciel » de Maxime Zucca, Ed. Sud-Ouest
- « Migrations » de Claude Feigné et Pierre Petit, Editions Sud-Ouest.
- Le site de suivi de la migration des oiseaux en France: Migraction
- Crédits photos:
  - ✓ Couverture : Mike Wilson
  - ✓ Chapitre 1 : Alex Wigan
  - ✓ Chapitre 2 : Rowan Heuvel
  - ✓ Chapitre 3 : Eder Pozo Pérez