

La migration chez les Chiroptères



François SCHWAAB – 23/09/2023

Introduction

□ La migration :

- une des caractéristiques majeures de la faune mondiale.
- mouvement saisonnier, généralement à double sens, allant d'une aire géographique à une autre pour éviter des conditions climatiques défavorables et bénéficier de conditions énergétiques plus bénéfiques.

□ Chez les mammifères, la migration sur des distances supérieures à 1 000 km ne concerne que quelques espèces : des cétacés, des ongulés, des canidés et des chauves-souris.

□ Chez les chauves-souris :

- la migration est un phénomène rare, issu d'une évolution indépendante dans plusieurs genres.
- La majorité des chauves-souris sont des espèces sédentaires.

Introduction

- Pour les espèces migratrices de chauves-souris on peut distinguer deux groupes :
 - avec des déplacements sur de faibles distances,
 - avec des déplacements sur de grandes distances.
- Ces deux types de comportement correspondent à deux fonctions différentes.



Introduction

- ❑ Espèces des zones tempérées : migration \longleftrightarrow hibernation
 - différence saisonnière dans leur exigence en gîtes et en habitats de chasse + éloignement géographique des gîtes adaptés à leurs différentes exigences biologiques.
 - les femelles se déplacent sur de plus grandes distances que les mâles.

- ❑ Espèces des zones tropicales : migration \longleftrightarrow suivi de la disponibilité de la nourriture (maturation des fruits ou floraison des arbres).



Introduction

□ En Europe :

- démonstration du comportement migratoire réalisée par des campagnes de baguage avec 950 000 chauves-souris baguées entre 1932 et 2004.

- résultats probants pour de nombreuses espèces malgré un faible nombre de reprises de bagues.

(synthèse de Hutterer et al.)



- méthodes moins vulnérantes utilisées après 2020 : analyse des isotopes stables de l'hydrogène et du strontium stockés dans la kératine de la fourrure.

Plan de l'exposé

1. Statut des espèces européennes
2. Conséquences de la migration sur la morphologie et la physiologie :
 - a. Adaptation au vol sur de grandes distances,
 - b. Capacités d'orientation et de navigation,
 - c. Gestion de l'énergie et de l'eau durant le vol migratoire.
3. Effets de la migration sur le comportement sexuel et social et conséquences sur la génétique des populations.
4. Impacts de la migration sur les stratégies à mettre en place pour la conservation des espèces.

1 - Classification des espèces européennes

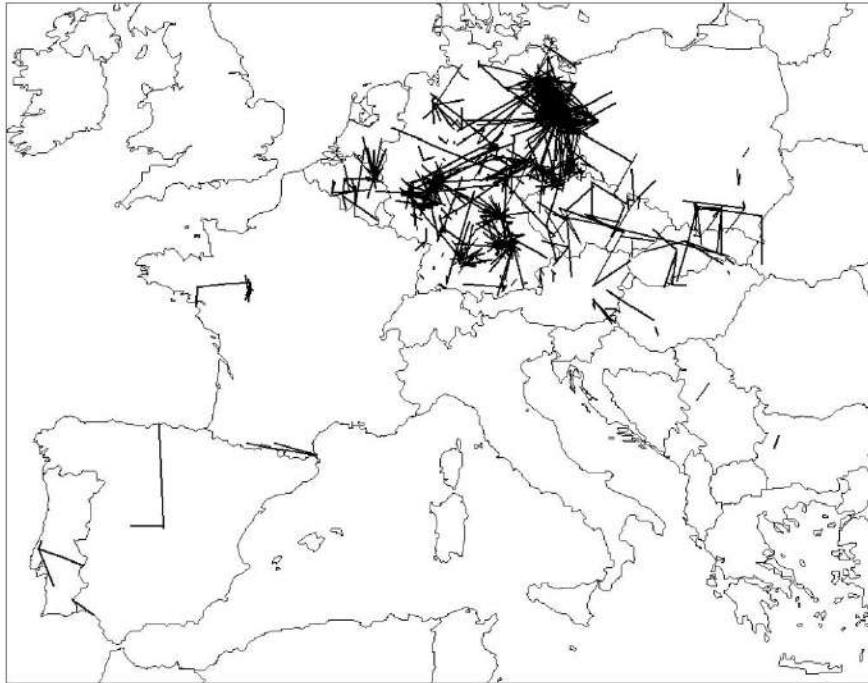
Mise en évidence de deux types de déplacements :

- ❑ Déplacements non orientés, d'une distance nettement supérieure aux A/R entre terrain de chasse et gîte. Ces déplacements suivent un schéma en forme d'étoile.
- ❑ Déplacements orientés par un gradient climatique : généralement NE <-> SO avec des records impressionnants de distance parcourues. Ces déplacements suivent des éléments linéaires du paysage : le littoral, les rivières et les vallées fluviales, les lignes de crête des massifs montagneux.

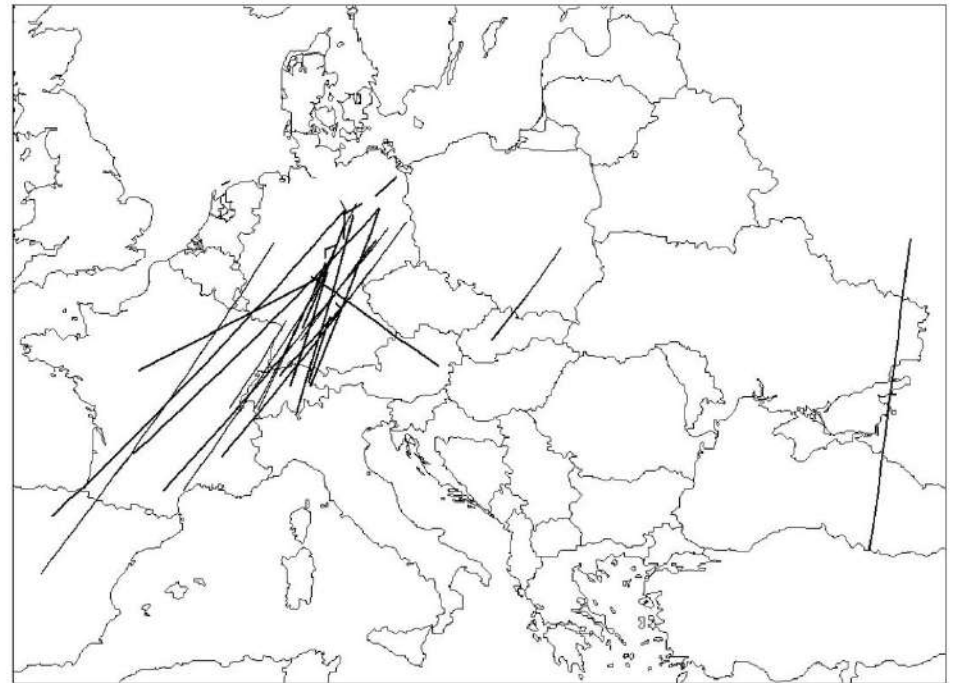
1 - Classification des espèces européennes

Exemples :

- le Grand murin : migrateur régional
- la Noctule de Leisler : migratrice au long cours



Déplacements du Grand murin (3 273)

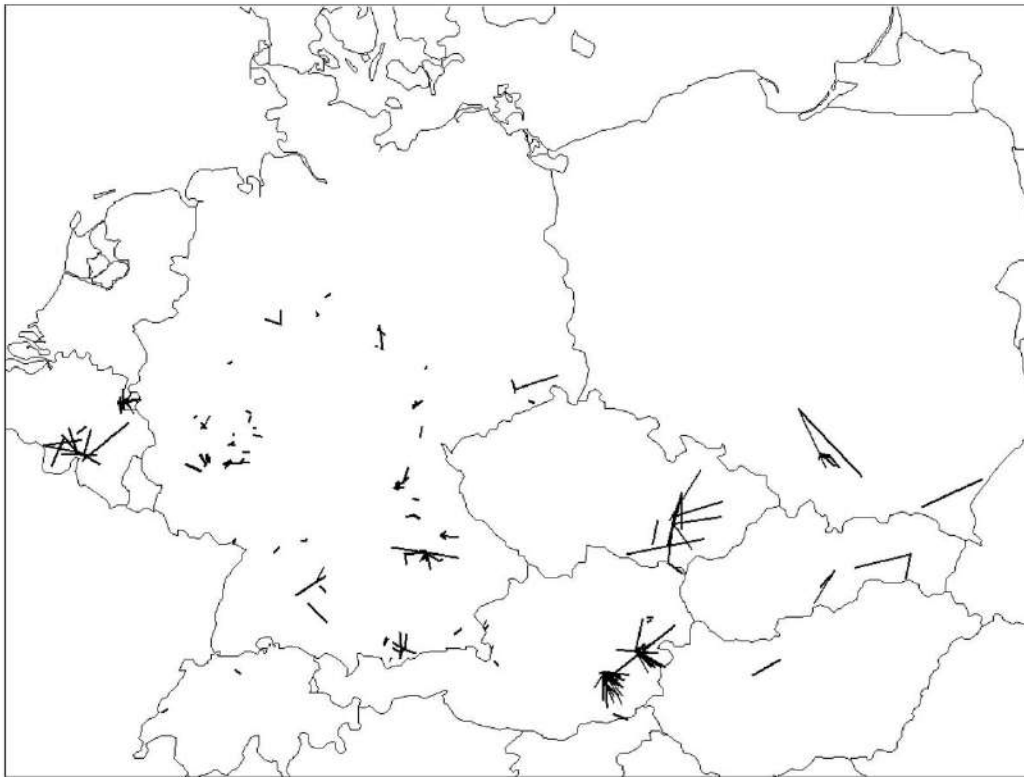


Déplacements de la Noctule de Leisler (36)

1 - Classification des espèces européennes

Classement des espèces (Hutterer 2005) :

- Espèces sédentaires :
 - déplacements inférieurs à 100 km
 - éventuels déplacements de dispersion



Exemple du Petit rhinolophe (368)

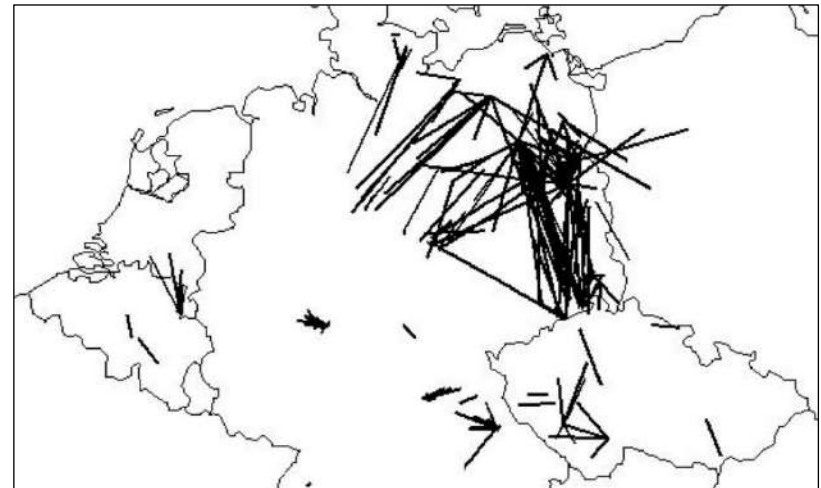
1 - Classification des espèces européennes

□ Espèces sédentaires :

- Genre *Rhinolophus* : toutes les espèces
- Genre *Plecotus* : toutes les espèces
- Genre *Pipistrellus* : *P. pipistrellus*, *P. kuhlii* et *P. pygmaeus*.
Grands déplacements constatés.
- Genre *Myotis* : *M. bechsteinii*, *M. emarginatus*,
M. mystacinus, *M. nattereri* et *M. punicus*.
- Genre *Eptesicus* : *E. serotinus* et *E. nilssonii*
- Genre *Barbastella* : *B. barbastellus*.
- Genre *Tadarida* : *T. teniotis*.

1 - Classification des espèces européennes

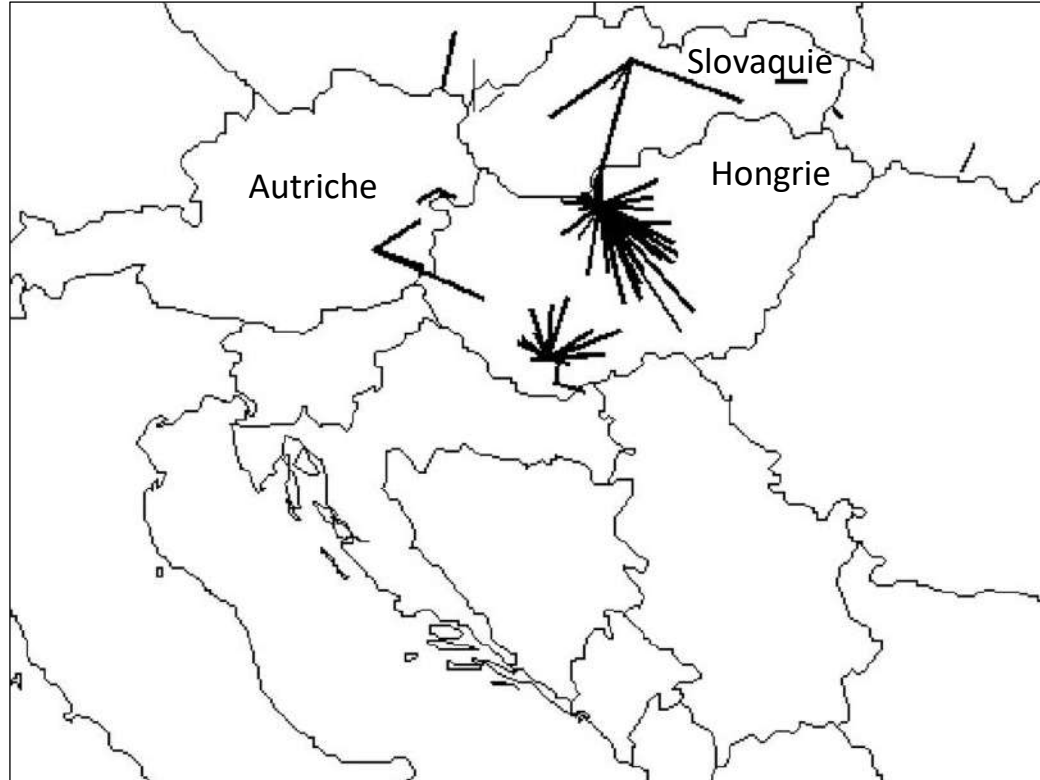
- Espèces migratrices partielles, occasionnelles ou régionales :
 - déplacement jusqu'à 300 km.
 - déplacements avec une cartographie sous forme d'étoile montrant les mouvements saisonniers :
 - nurseries implantées dans des régions n'offrant pas de sites d'hibernation,
 - nurseries implantées dans le nord de l'aire de répartition avec des sites trop froids en hiver.



Exemple du Murin de Daubenton (546)

1 - Classification des espèces européennes

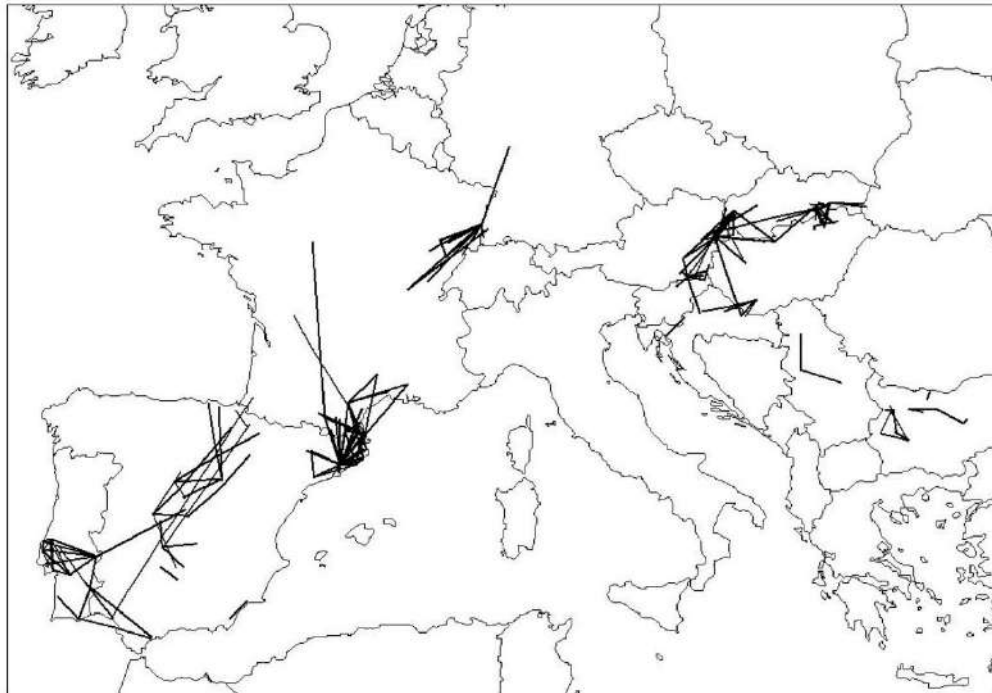
- Genre *Myotis* :
 - *M. myotis*, *M. blythii*, *M. brandtii*, *M. dasycneme*, *M. daubentonii* : migrants occasionnels,
 - *M. capaccinii* : migrant régional en Bulgarie.



Exemple du Petit murin en Europe centrale et de l'Est (75)

1 - Classification des espèces européennes

- Genre *Miniopterus* :
 - *M. schreibersii* migrateur partiel entre l'hiver et l'été sur un ensemble de gîtes répartis régionalement.
 - déplacements dictés par la température régnant dans les grottes (*Rodrigues & Palmerim 2008*).



Exemple du Minioptère de Schreibers (313)

1 - Classification des espèces européennes

- ❑ Espèces migratrices au long cours :
 - déplacement supérieurs à 1 000 km.
 - axe suivi : Nord-Est \longleftrightarrow Sud-Ouest



1 - Classification des espèces européennes

- Genre *Nyctalus* :
 - *N. leisleri* : espèce typiquement migratrice, autant pour les femelles que pour les mâles :
 - partant du NE de l'Europe : Allemagne et Pologne
 - jusqu'au SO : France, Suisse, voire Espagne
 - déplacements fréquemment supérieurs à 1 000 km
 - semble sédentaire, ou tout au plus vagabonde, dans le NO et le S de son aire de répartition.



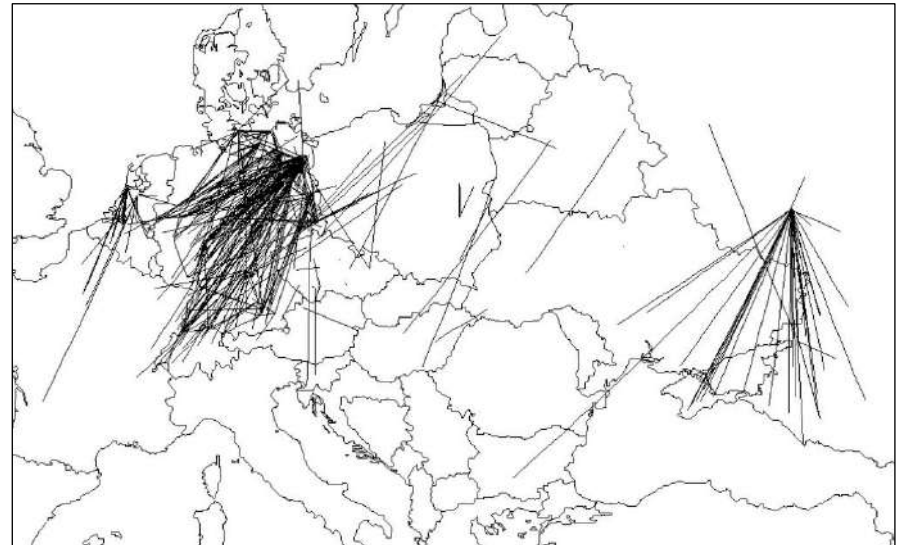
Noctule de Leisler (36)

1 - Classification des espèces européennes

- Genre *Nyctalus* :
 - *N. noctula* : autre espèce typiquement migratrice :
 - 55 000 individus bagués,
 - distance record de plus de 1 500 km,
 - axe de la migration clairement établi entre le NE (Allemagne, Pays-Bas et Pologne) et le SO (Suisse et France),
 - déplacements concernant principalement les femelles : les nurseries sont situées au NE et les sites d'hibernation au SO.

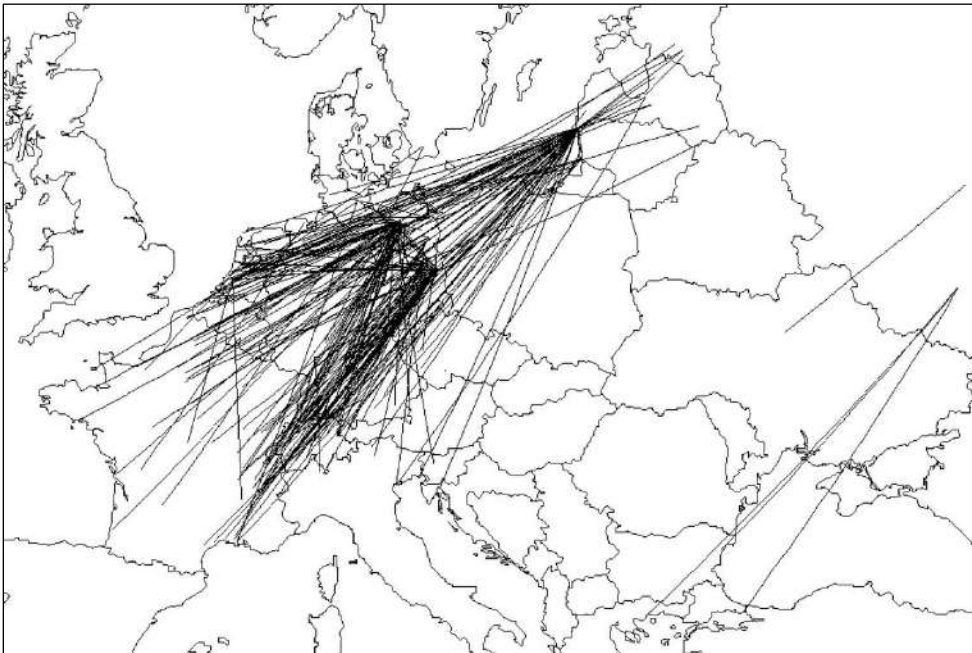


Noctule commune (667)



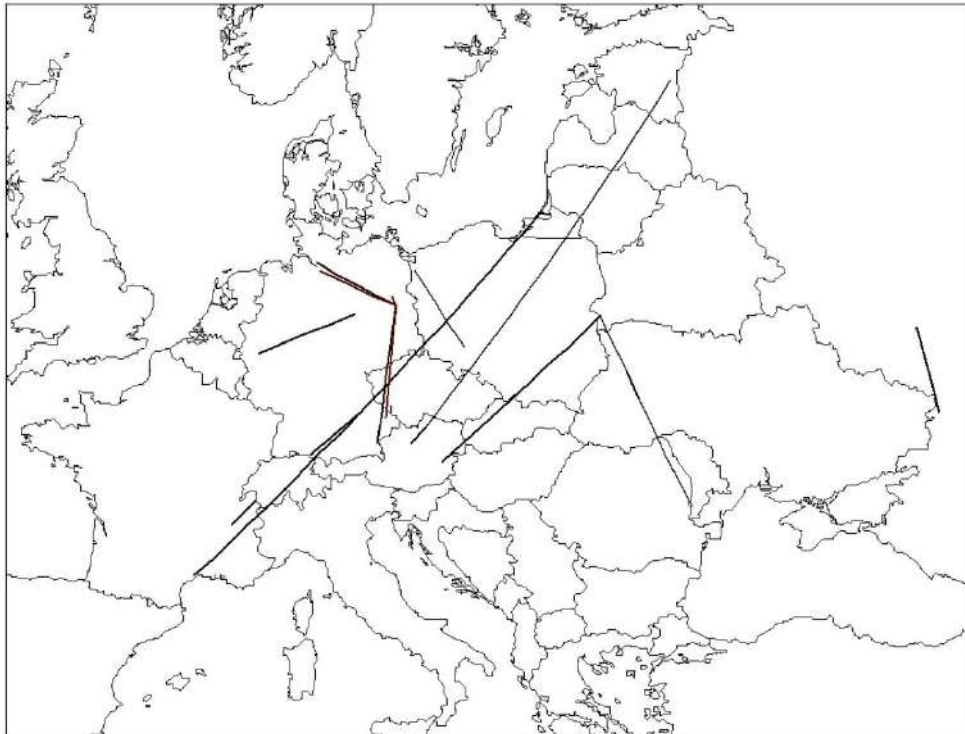
1 - Classification des espèces européennes

- Genre *Pipistrellus* :
 - *P. nathusii* :
 - 50 000 individus bagués dans les Pays baltes et en Allemagne (307 reprises).
 - record de distance > 2 500 km publié en 2022.
 - importance du Centre et du Sud-Ouest de la France comme aire d'hibernation pour les populations du NE et de l'O de l'Europe actuellement sous-estimée.



1 - Classification des espèces européennes

- Genre *Vespertilio* :
 - *V. murinus* :
 - déplacements sur de grandes distances bien documentés (15 reprises).
 - direction NE \longleftrightarrow SO empruntée pour rejoindre les sites d'hibernation.
 - En Suède, existence de voies trans-maritimes.



1 - Classification des espèces européennes

- ❑ Espèces au statut non déterminé :
 - *Nyctalus lasiopterus* : statut encore très méconnu car aucune donnée issue du baguage. En revanche, existence de nombreuses preuves indirectes confirmant le caractère migrateur de cette espèce.



- *Hypsugo savii* : statut de cette espèce inconnu car jamais étudiée par des campagnes de baguage.

2 - Adaptation morphologique et physiologique chez les chauves-souris migratrices

Le vol :

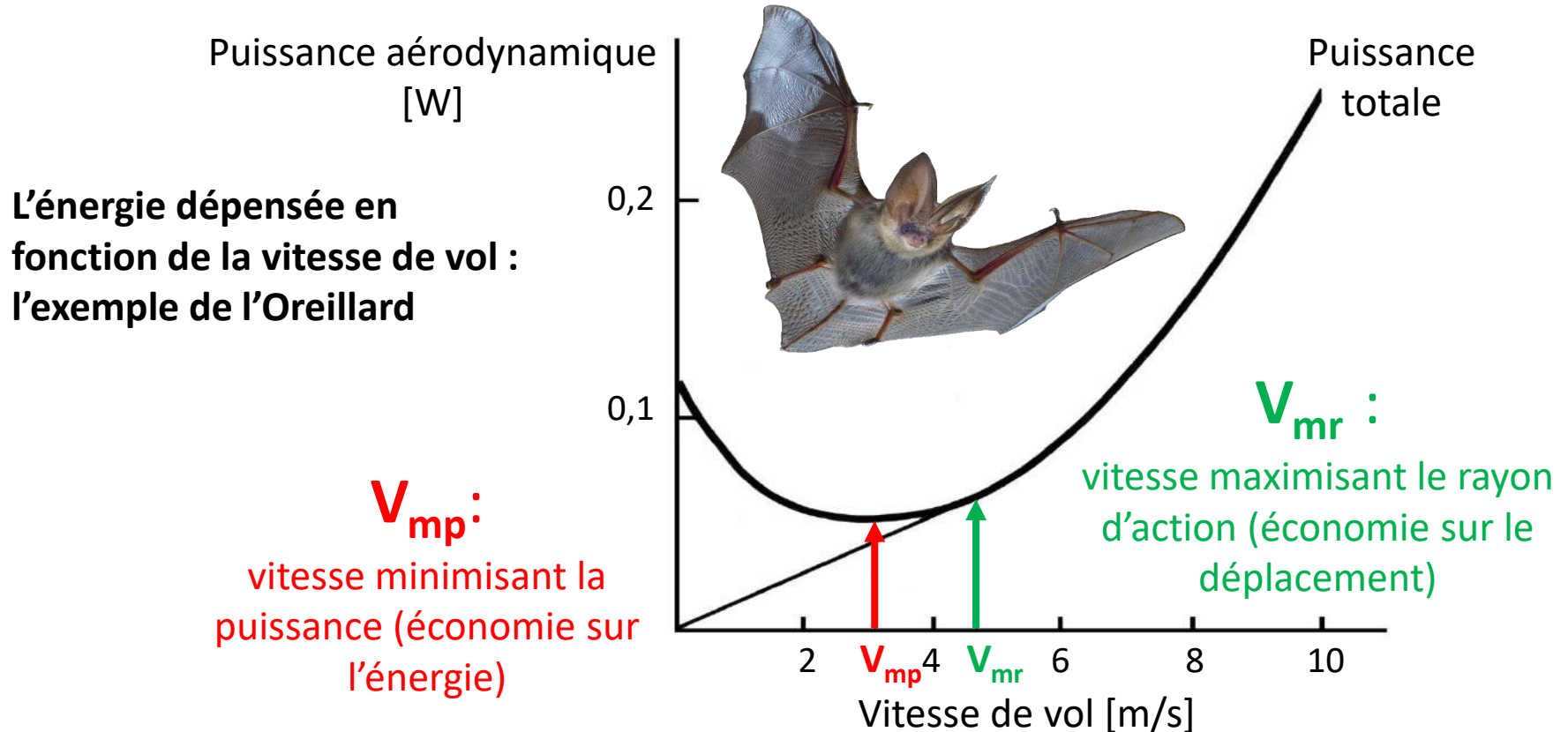
- Un vol à vitesse soutenue durant de longues périodes implique un coût énergétique élevé : les ailes des espèces migratrices sont étroites et pointues. Elles offrent une grande efficacité et permettent un vol rapide. De plus, ce type d'aile correspond aux espèces chassant les insectes en vol.

Le « *rapport de forme* » pour les ailes est très élevé, l'indice d'extrémité très faible et la charge allaire très importante.



2 - Adaptation morphologique et physiologique chez les chauves-souris migratrices

- Un échantillon des performances mesurées en vol migratoire pour *P. nathusii* donne les résultats suivants : vitesse de vol comprise entre 11,2 m/s et 13,1 m/s (soit entre 40 et 50 km/h) et altitude moyenne du vol de 11,5 m au-dessus du sol.



2 - Adaptation morphologique et physiologique chez les chauves-souris migratrices

- ❑ Pour *N. noctula*, la distance parcourue en une nuit varie entre 80 km et 600 km !



2 - Adaptation morphologique et physiologique chez les chauves-souris migratrices

Le choix des gîtes d'hibernation :

- ❑ De nombreuses espèces se reproduisent aux hautes latitudes :
 - les espèces sédentaires ou migratrices régionales hibernent localement,
 - les espèces migratrices au long cours se déplacent sur de grandes distances pour aller hiberner dans des zones au climat plus doux.

2 - Adaptation morphologique et physiologique chez les chauves-souris migratrices

- ❑ Pour établir leur gîte, les espèces migratrices choisissent majoritairement des sites épigés :
 - dans les arbres, dans les bâtiments (y compris des nichoirs), voire des fissures de falaises.
 - les conditions de température et d'hygrométrie de ces sites sont en général fluctuantes et les espèces qui les occupent ont développé une physiologie tolérante à ces variations.



2 - Adaptation morphologique et physiologique chez les chauves-souris migratrices

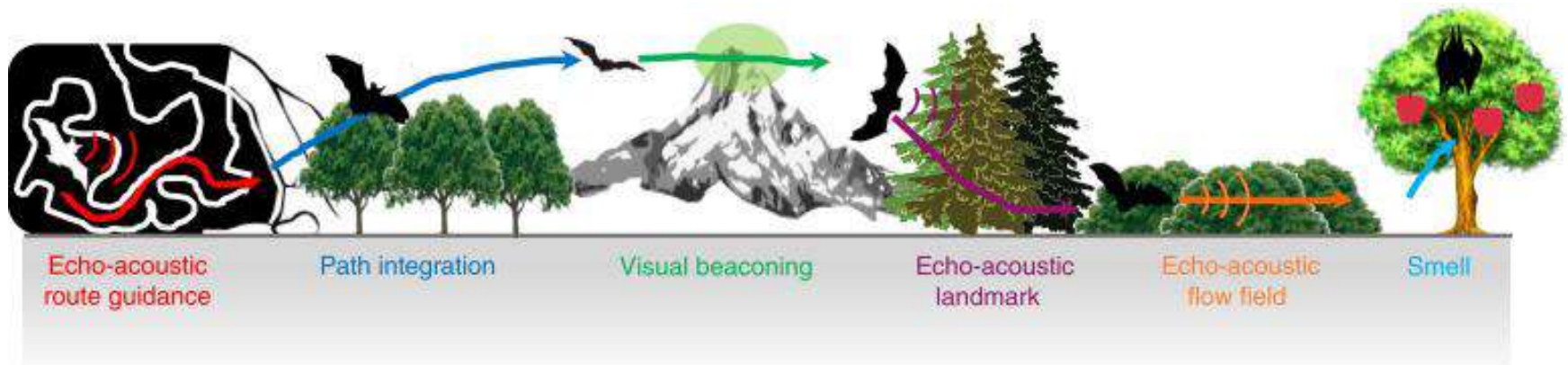
- Deux exemples significatifs : les femelles *N. noctula* et *P. nathusii* quittent leur zone de reproduction (température en hiver $< -10^{\circ}\text{C}$) et à l'issue de leur migration vers le SO, elles installent leurs gîtes d'hibernation dans les cavités des arbres, les joints de dilatation des bâtiments et des ouvrages d'art ainsi que les fissures dans les falaises.



2 - Adaptation morphologique et physiologique chez les chauves-souris migratrices

L'orientation et la navigation pour les déplacements sur de grandes distances :

- ❑ L'orientation est la capacité à se placer dans l'espace et le temps, la navigation est la détermination de la route à suivre pour atteindre un lieu précis.
- ❑ L'écholocalisation (sonar biologique permettant la détection et la localisation des proies) n'est que peu utilisée pour l'orientation et la navigation par les chauves-souris migratrices.



2 - Adaptation morphologique et physiologique chez les chauves-souris migratrices

- Synthèse des résultats publiés récemment :
 - Présence dans l'hippocampe de « cellules de lieu » (neurones dont le rôle est d'identifier la position de l'animal dans un espace tri-dimensionnel). L'espace volumétrique en trois dimensions est représenté par un codage de fréquences uniforme et isotrope.
 - La navigation utilise à la fois la position propre de l'animal mais également l'emplacement de l'objectif à atteindre. Dans l'hippocampe, un ensemble de neurones accordés en valeur angulaire avec l'objectif à atteindre a été identifié, même lorsque il était occulté : la direction de l'objectif est donc basée sur la mémoire. De plus, des neurones codant la distance ont également été mis en évidence : les signaux de direction et de distance à l'objectif constituent une représentation vectorielle des buts spatiaux.

2 - Adaptation morphologique et physiologique chez les chauves-souris migratrices

- ❑ Synthèse des résultats publiés récemment :
 - pour se repérer lors de grands déplacements, les chauves-souris utilisent des « indices internes de mouvement » (ou « intégration de chemins ») provenant des systèmes vestibulaires et somatosensoriels.
 - l'utilisation de la magnétite (Fe_3O_4) est avérée et les chauves-souris utilisent leur capacité à détecter le champ magnétique terrestre pour s'orienter.
 - leur vue sensible aux rayonnement lumineux polarisé leur permet de faire un repérage angulaire de la position dans la voûte céleste où se couche le soleil afin de caler leur boussole magnétique pour le retour au gîte.

2 - Adaptation morphologique et physiologique chez les chauves-souris migratrices

La gestion de l'énergie et de l'eau durant la migration :

- ❑ Augmentation de la masse corporelle par accumulation de graisse : 12% à 26 %.
- ❑ Déplacements par étapes assez courtes selon un itinéraire jalonné d'escales favorables à la chasse. Pour *P. nathusii*, la distance entre deux escales est d'environ 50 km.
- ❑ Elles chassent tous les soirs et ainsi évitent de métaboliser leur réserve de graisse qu'elles conservent pour hiberner. Pour *P. nathusii* (avec l'utilisation de l'isotope ^{13}C comme marqueur), il a été mis en évidence une stratégie de « combustible mixte » : d'une part, oxydation des réserves de triglycérides, et d'autre part, oxydation des nutriments obtenus par la chasse aux insectes. Stratégie permet l'obtention permanente de carburant et régénération des réserves tout au long du voyage.

2 - Adaptation morphologique et physiologique chez les chauves-souris migratrices

- ❑ Utilisation du mécanisme de la torpeur (léthargie diurne) pour minimiser la consommation énergétique.
- ❑ Pour compenser les importantes pertes hydriques liées aux longues durées de vol, les chauves-souris se réhydratent en buvant sur les surfaces d'eau libre. Les voies migratoires empruntent fréquemment les vallées des fleuves ou de grandes rivières et les escales sont situées dans des régions parsemées de nombreuses zones humides.

3 - Les effets de la migration sur le comportement social et sexuel et les conséquences sur la génétique des populations

Les effets de la migration sur le comportement social :

- ❑ En Europe, les espèces migratrices pratiquent la ségrégation sexuelle en été (femelle en nurseries avec une forte philopatrie natale et mâles en colonies séparées ou gîtant isolément).



3 - Les effets de la migration sur le comportement social et sexuel et les conséquences sur la génétique des populations

- ❑ Les accouplements ont lieu durant la migration, lors des escales et la parade nuptiale suit le modèle du lek. Le brassage génétique est effectué par les femelles qui s'accouplent avec des mâles rencontrés lors des haltes : cette stratégie favorise la panmixie.



3 - Les effets de la migration sur le comportement social et sexuel et les conséquences sur la génétique des populations

- La migration entraîne un taux de mortalité élevé qui est compensée par une fécondité accrue (gémellarité régulière).

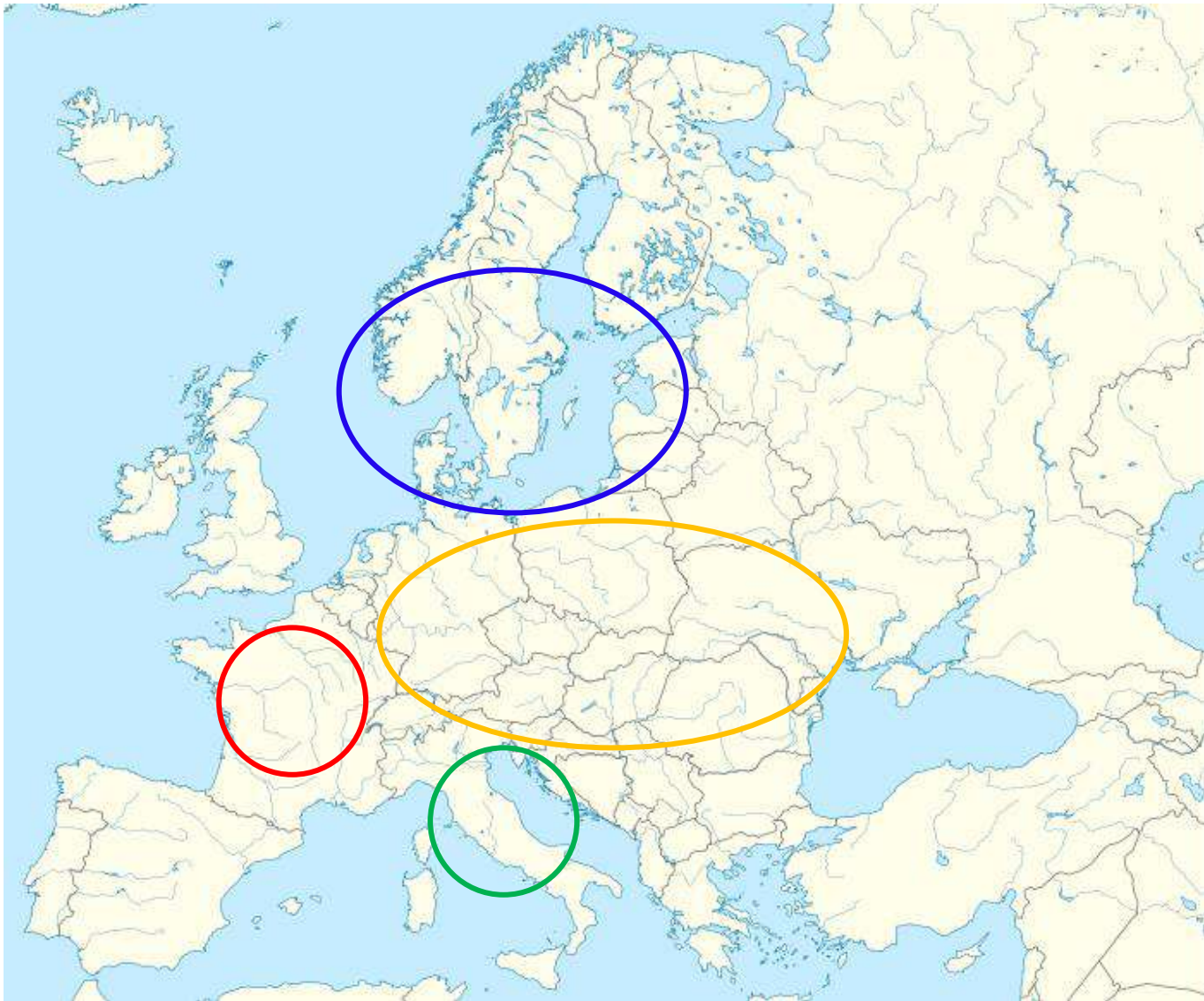


3 - Les effets de la migration sur le comportement social et sexuel et les conséquences sur la génétique des populations

Les conséquences de la migration sur la structure des populations :

- ❑ L'utilisation de marqueurs moléculaires pour l'étude de la biologie des populations a mis en évidence la dynamique spatiale des chauves-souris.
- ❑ Les espèces migratrices ont des populations moins structurées sur de vastes régions que les espèces sédentaires car la stratégie utilisée pour les accouplements favorise une faible connectivité migratoire entre les mâles et les femelles et une dispersion aléatoire des mâles.
 - Exemple : les populations de mâles de *N. noctula* sont génétiquement homogènes et les femelles forment quatre populations distinctes.

3 - Les effets de la migration sur le comportement social et sexuel et les conséquences sur la génétique des populations



Les quatre populations des femelles de Noctule

3 - Les effets de la migration sur le comportement social et sexuel et les conséquences sur la génétique des populations

- ❑ Les valeurs de l'indice de subdivision de Wright différencient fortement les espèces sédentaires et les espèces migratrices (Indice de Wright \sim coefficient de corrélation entre les gènes d'une même population et ceux tirés au hasard dans la population totale). L'indice pour *N. noctula* est de 0,0006 et le diamètre de sa région de panmixie est d'environ 3 000 km en Europe centrale.
- ❑ Toutefois, le partitionnement génétique peut également être issu d'événements géologiques et climatiques ou de barrières géographiques et écologiques.

4 - Les impacts de la migration sur les stratégies de conservation des espèces

La nécessité de protéger les gîtes et les terrains de chasse :

- ❑ En Europe, les espèces migratrices traversent de nombreuses frontières lors de leurs déplacements. Ce fait représente un défi pour la juridiction de ces pays, car il implique la protection des gîtes de mise-bas, d'estivage, d'accouplement et d'hibernation ainsi que les terrains de chasse à proximité des gîtes critiques et des escales lors de la migration.
- ❑ La convention de Bonn (CMS) signée en 1979 et entrée en vigueur en 1983 a pour objectif la conservation des espèces migratrices à l'échelle mondiale. L'accord UNEP/Eurobats est un traité international développé sous les auspices de la Convention de Bonn (signé en 1994).

4 - Les impacts de la migration sur les stratégies de conservation des espèces

Les parcs d'éoliennes, une nouvelle menace ?

- ❑ La lutte contre le réchauffement climatique a vu le développement de vastes parcs de très grandes éoliennes. Les turbines provoquent de véritables hécatombes parmi les chauves-souris et plus particulièrement parmi les espèces migratrices comme *P. nathusii* (2ème), *N. leisleri* (3ème) et *N. noctula* (4ème) (classement établi par Eurobats entre 2003 et 2015). Ainsi, certaines installations ont des effets dévastateurs et certains points de passage, comme le littoral et les cols alpins, doivent être préservés.



Bibliographie

❑ Au total 62 articles analysés

Quelques publications majeures :

❑ La migration : Fleming & Eby 2003, Fleming 2019

❑ La classification des espèces : Hutterer *et al.* 2005

❑ Impact sur l'anatomie et la physiologie :

○ Le vol : Norberg & Rayner 1987

○ L'orientation et la navigation : Holland *et al.* 2006, 2007, 2008

○ Gestion de l'énergie : Hedenström 2009, Voigt 2012, Krüger 2014

❑ Comportement sexuel et social : Petit *et al.* 1999, 2000, 2001

❑ Protection : Rydell *et al.* 2004, Kurvits *et al.* 2011, Rodrigues *et al.* 2016

La migration chez les Chiroptères



François SCHWAAB – 23/09/2023