# Mise en évidence d’une différenciation morphologique associée au régime alimentaire au sein de communautés d’oiseaux

## Introduction

## Matériel et méthodes

* Choix des classes
* ACM
* Rapport longueur / largeur du bec → régime alimentaire
* ANOVA pour voir le lien avec le régime alimentaire
* ANOVA pour voir le lien avec la phylogénie

1. Définition des classes de modalités

A partir des données sur le régime alimentaire et les caractéristiques morphologiques des oiseaux, des classes de modalités ont été élaborées.

Pour les classes de régimes alimentaires, une modalité de régime alimentaire a été attribuée à chaque individu, qui pouvait alors combiner plusieurs régimes alimentaires mais ne présentait bien qu’une modalité. Au total, 19 classes de régimes alimentaires ont été définies, dont 5 classes utilisées pour soutenir l’analyse car elles étaient les seules à présenter des effectifs équivalents et importants. (éviction des modalités rares)

Afin de déterminer les classes des caractéristiques morphologiques des oiseaux, une répartition par quartile a été effectuée, afin d’obtenir des nombres équivalents par classe de modalités. Les 8 variables ont donc été divisées en 4 classes de modalités correspondantes.

Par exemple, les classes de modalités suivantes ont ainsi été établies :

| Classe de régime alimentaire | Régime alimentaire | Classe de caractéristiques morphologiques | Caractéristiques morphologiques |
| --- | --- | --- | --- |
| Nec | Nectarivore | wingl\_trescourt | Ailes très courtes (<64.4 cm) |
| Fol | Folivore | wingl\_court | Ailes courtes (entre 64.4 et 81 cm) |
| Fruc\_Carn | Fructivore-carnivore | wingl\_moyen | Ailes moyennes (entre 81 et 113.6 cm) |
| Fr\_Car\_Char | Fructivore-carnivore-charognard | wingl\_long | Ailes longues (>113.6 cm) |

1. Réalisation de l'Analyse des Correspondances Multiples

Une Analyse des Correspondances Multiples a été effectuée sur les données contenant les classes de modalités pour chaque individu. Seuls les individus appartenant aux 5 modalités choisies ont été sélectionnés. Pour l’interprétation des figures, le rapport de corrélation, les contributions relatives et absolues sont utilisées.

Les caractéristiques morphologiques ont été utilisées comme variables explicatives, tandis que le régime alimentaire a été utilisé en tant que variable illustrative. Cette analyse a été réalisée sous R, avec le plugin FactoMineR.

1. Caractéristiques relatives de la morphologie du bec

Pour pouvoir analyser les caractéristiques morphologiques du bec, le rapport du bec a été calculé pour tous les individus.

Cette variable quantitative a été utilisée dans deux ANOVA à 1 facteur. L’une avec comme variable qualitative le régime alimentaire, l’autre avec comme variable qualitative la famille des individus appartenant aux Passériformes.

Des tests post-hoc de Tukey ont ensuite été réalisés sur les modèles d’ANOVA à 1 facteur établis.

## Résultats

3 graphiques & 4 tableaux

Pour le régime alimentaire :

(ANOVA 1 facteur, n=129, p = 0.05)

Pour la phylogénie :

Au sein des Passériformes, il existe une différence significative dans la morphologie du bec selon la famille de l’individu. (ANOVA 1 facteur, n=104, p = 0.05)

Pour le graphique de l’ACM :

-> les rapports de corrélations sont élevés sur la dimension 1 (en moyenne 60%), mais plus faibles pour la dim 2 (environ 30%)

-> CTR : explique bien dans les 2 dimensions

-> pour le COR : explique bien dans les 2 dimensions sauf pour les ailes courtes mieux expliquées par la dimension 3

L’analyse des correspondances multiples sur 2 dimensions montre des rapports de corrélations assez élevés sur la dimension 1 (en moyenne 60%) mais plus faibles pour la dimension 2 (environ 30%). Les contributions absolues des lignes et des colonnes à l’inertie des axes sont assez élevées sur les 2 dimensions. De même, les contributions relatives sont importantes dans les dimensions 1 et 2, bien que des modalités soient mieux expliquées par la dimension 3 (par exemple les ailes courtes).

L’interprétation de la représentation graphique de l’analyse (Fig. 1) est alors possible et permet de mettre en évidence d’abord une séparation des grands et des petits individus de par un effet taille. L’effet taille semble caractériser des groupes particuliers d’individus partageant un régime alimentaire commun : les invertivores sont plutôt petits, les granivores-invertivores et les frugivores-invertivores moyens et les frugivores-invertivores-limivores sont plus gros (Fig. 1). Les granivores stricts ne semblent pas présenter de particularités car ils sont proches du barycentre.

Ainsi, la distribution des individus échantillonnés présente un continuum entre les différents individus (Fig. 2). Celui-ci semble être plutôt lié à l’effet taille car les individus sont répartis par ordre croissant de taille, indépendamment de leur régime alimentaire (Fig. 3). En effet, les distances entre individus sont plus grandes pour un même régime alimentaire mais de tailles différentes.

Toutefois, il existe une différence entre les régimes alimentaires concernant la morphologie du bec, en particulier entre les nectarivores et les autres régimes (Tab. 1). Par exemple, les nectarivores ont des caractéristiques du bec significativement différentes de celles des invectivores-folivores (Tab.2).

Enfin, il existe également une différence entre familles au sein des Passériformes en termes de morphologie du bec (Tab. 3). Les *Alaudidae* présentent par exemple une morphologie du bec significativement différente des *Aegithalidae* (Tab. 4).

| Sturnidae-Laniidae | 8.49E-01 | 0.08028819 | 1.61771182 | 0.0144362 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Oriolidae-Mimidae | 8.17E-01 | 0.04828819 | 1.58571182 | 0.0241015 |

*Exemples :*

## Discussion

Il est supposé que les régimes alimentaires sont une pression de sélection assez importante pour être à l’origine de la structuration de la morphologie des individus. Aussi, l’héritage phylogénétique serait un facteur d’explication de la ressemblance morphologique entre individus apparentés ne possédant pas le même régime alimentaire.

On a vu que le régime alimentaire n’était pas un facteur de différenciation morphologique fort (Fig. 1), tandis que la distance phylogénétique entre les individus pourrait réellement être un facteur explicatif des ressemblances entre individus apparentés (Tab. 3).

Le régime alimentaire ne semble influencer fortement les caractéristiques morphologiques externes de l’oiseau. En effet, la longueur des ailes ou des pattes n’est pas significativement différente en fonction des régimes alimentaires. Aussi, il existe une corrélation entre ces caractéristiques morphologiques externes et la taille des individus : plus l’individu a une masse corporelle importante, plus les longueurs du bec, des ailes et des pattes sont importantes.

Toutefois, le régime nectarivore implique des caractéristiques morphologiques externes significativement différentes en comparaison avec les oiseaux n’ayant pas ce régime. (Wooler et al., 1988)

En effet, il a été mis en évidence que le régime nectarivore semblait particulier (Tab. 1). Cela peut s’expliquer car la nectarivorie est majoritairement associée à des radiations évolutives au sein de différents taxons. Les nectarivores changent de traits morphologiques internes et externes, et cela peut indiquer des corrélations phénotype-environnement et une évolution parallèle avec les organismes dont ils consomment le nectar. Le passage à la nectarivorie peut alors se définir comme une innovation clé de l’évolution au profit d’une diversification par le partage allopatrique d’une même niche écologique. (Schweizer et al., 2014)

Par ailleurs, la relation éco-morphologique entre la morphologie du bec et le régime alimentaire de l’oiseau ne peut être mise en évidence dans l’ensemble des Ordres actuels. En effet, la structure du bec répond à un nombre important de variables ayant des interactions complexes. Quant au régime alimentaire, il explique moins de 12% de la variation de la forme du bec. De plus, des formes de becs similaires peuvent correspondre à différents régimes alimentaires. Ainsi, les nombreuses morphologies connues des becs peuvent s’interpréter comme le résultat de compromis évolutifs et d’un héritage phylogénétique. (Navalón et al., 2018)

En effet, la variation de la morphologie du bec correspond à des gènes spécifiques actifs pendant le développement des individus. On peut faire l’hypothèse selon laquelle l’ensemble des ancêtres des oiseaux chanteurs modernes présentant les mêmes caractéristiques de becs a été soumis à des contraintes similaires au cours de l’évolution. Ainsi, l’adaptation de la morphologie du bec au régime alimentaire interviendrait après que les différents taxons aient pu briser le verrou génétique qui conditionnerait la forme de leur bec. (Bright et al., 2016)

## Conclusion

Pour conclure, les individus d’une même communauté peuvent présenter des différences morphologiques significatives lorsqu’ils ont des régimes alimentaires distincts et qu’au moins l’un d’eux est propice à une divergence rapide de ces caractéristiques. Toutefois, l’héritage phylogénétique semble être un facteur plus prépondérant dans la mise en place des caractéristiques morphologiques étudiées.

Afin de compléter les résultats obtenus, il serait possible de prendre en compte l’influence des régimes alimentaires sur la morphologie internes des individus. Par exemple, la longueur de l’intestin ou le volume du gésier pourraient être étudiés.

Aussi, il pourrait être pertinent de prendre en compte les différents habitats occupés par les individus échantillonnés. De cette manière, il serait possible de quantifier la disponibilité alimentaire et donc de conclure plus précisément sur l’influence des régimes alimentaires sur la morphologie des oiseaux.

-spécialisation des nectarivores : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ece3.1131>

-phylogénie structure du bec : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/evo.13655?casa_token=p-FsX97eBwwAAAAA:8iUzNnPlNpjg0pDiygE3Jmo0sRLeYjWVrDiM34CtRfv4CczkB9B78UTSEUVSr1irkx3Auyzl3XIp3Q>

<https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.1602683113>

-influence du régime alimentaire sur la morphologie des oiseaux : <https://academic.oup.com/zoolinnean/article-abstract/94/2/193/2658327>

-ouverture sur les habitats : *the role of habitat, intestins gnark gnark*

## Bibliographie

We suggest that community should be defined in a parallel manner as “the living organisms present within a space-time unit of any magnitude”. The statement “communities exist” is no longer a fruitless ontological problem (as Keddy 1993 suggested) but a tautology. By using an operational definition, we can now ask questions concerning the properties of communities, and the forces underlying variation in communities. Wilson (1991) asked whether “plant communities exist in a more meaningful sense, as integrated, discrete entities”. Keddy (1993) argued that this question is unscientific. Our operational definition transforms Wilson’s question to “Are there any communities which are integrated and discrete?” This reformulation should be scientifically valid by Keddy’s standards, as long as procedures for defining and detecting integration and discreteness can be identified. Wilson implies that the general usage of the term community connotes a strong degree of integration. Keddy believes that it is possible (but scientifically vacuous) to list criteria which distinguish whether a system exists as a community; these criteria are not listed, but presumably involve some sort of integration between species/and or environment. Some ecologists do indeed believe that integration is the key to definitions of community. In attempting to establish an epistemology of ecology, Scheiner (1993) considered communities as natural entities which are defined by ‘linking processes such as interactions among populations

<https://sci-hub.hkvisa.net/https://jstor.org/stable/3236162>

Gros fou

gord fou toi même 😡😡😡😡😡😡😡😡😡😡😡😡😡

# Annexes

| regime | rapport |
| --- | --- |
| Gr | 2.245454545 |
| Inv | 2.47826087 |
| Inv | 2.933333333 |
| Inv | 2.286821705 |
| Inv | 3.198347107 |
| Inv | 2.704918033 |
| Inv | 2.279411765 |
| Inv\_Carn | 1.880434783 |
| Inv\_lim | 3.093023256 |
| Gr\_In\_Lim | 2.262295082 |
| Inv\_lim | 2.144927536 |
| Inv | 2.115942029 |
| Fr\_Inv\_Lim | 2.284210526 |
| Fr\_Inv\_Lim | 2.396039604 |
| Inv | 2.322580645 |
| Fr\_In | 1.971830986 |
| Fr\_In | 2.385964912 |
| Inv | 2.755555556 |
| Inv | 2.66 |
| Inv | 2 |
| Inv | 2.28 |
| Inv | 2.022222222 |
| Gr\_In | 1.929577465 |
| Gr\_In | 2.127272727 |
| Gr | 2.5 |
| Gr\_Fruc | 1.547169811 |
| Gr\_Fruc | 1.302083333 |
| Gr\_In\_Lim | 3.164835165 |
| Fr\_In | 2.361344538 |
| Gr\_Fr\_In | 1.903614458 |
| Gr\_Fruc | 3.022988506 |
| Gr | 3.636363636 |
| Nec | 8.37037037 |
| Nec | 6.388888889 |
| Nec | 6.709677419 |
| Fruc | 2.817391304 |
| Fr\_In | 2.8375 |
| Gr\_Fr\_In | 3.387096774 |
| Inv | 2.397849462 |
| Inv | 1.941176471 |
| Inv | 2.014084507 |
| Inv | 3.134615385 |
| Inv | 2.851851852 |
| Fruc | 1.494505495 |
| Fr\_Inv\_Lim | 4.223404255 |
| Fr\_In | 2.237288136 |
| Inv | 2.625 |
| Inv | 2.051282051 |
| Fr\_In | 2.114754098 |
| Gr\_In | 1.930555556 |
| Gr\_In | 2.15 |
| Gr | 1.884057971 |
| Gr | 2.152542373 |
| Gr\_In | 1.806451613 |
| Gr\_In | 1.952380952 |
| Fr\_In | 1.861111111 |
| Gr\_In | 1.777777778 |
| Inv | 2.392156863 |
| Inv | 1.828571429 |
| Inv | 2.129032258 |
| Fr\_In | 2.380952381 |
| Gr\_In | 3.769230769 |
| Gr | 1.890909091 |
| Gr | 1.818181818 |
| Gr\_Fr\_Fol | 1.8 |
| Gr | 1.425 |
| Fr\_In | 2.287878788 |
| Gr\_Lim | 2.131386861 |
| Gr | 3.660377358 |
| Nec\_In | 6.257142857 |
| Nec | 5.820512821 |
| Inv | 2.531914894 |
| Inv\_lim | 4.113207547 |
| Inv | 4.119047619 |
| Inv | 3.384615385 |
| Inv | 2.675 |
| Inv | 2.766666667 |
| Fr\_Inv\_Lim | 2.5 |
| Fr\_Inv\_Lim | 2.360824742 |
| Fr\_Inv\_Lim | 3 |
| Fr\_Inv\_Lim | 2.626666667 |
| Inv | 2.507462687 |
| Inv | 2.755555556 |
| In\_Car | 2.705426357 |
| Fr\_In | 2.379310345 |
| Inv | 3.076923077 |
| Fr\_In | 2.044776119 |
| Fol | 1.566371681 |
| Inv | 3.333333333 |
| Fr\_In | 2.530612245 |
| Fr\_Inv\_Lim | 2.398058252 |
| Gr\_In | 2.076923077 |
| Gr\_In | 1.985507246 |
| Gr\_Fr\_In | 1.903614458 |
| Gr | 1.536231884 |
| Inv\_lim | 3.196078431 |
| Fr\_Inv\_Lim | 3.34 |
| Gr\_In | 1.785714286 |
| Gr\_Lim | 1.294444444 |
| Gr | 4.705882353 |
| Inv | 1.820359281 |
| Inv | 1.39673913 |
| Inv | 2.954545455 |
| Gr\_Lim | 2.083333333 |
| Inv | 2.533333333 |
| Inv\_Carn | 1.833333333 |
| Fr\_Inv\_Lim | 2.179104478 |
| Inv\_lim | 1.965517241 |
| Inv\_lim | 2.1875 |
| Fr\_Inv\_Lim | 2.565656566 |
| Inv | 2.651515152 |
| Inv | 2.5 |
| Fr\_In | 2.406779661 |
| Fr\_In | 2.49122807 |
| Inv | 2.294117647 |
| Inv | 2.48 |
| Inv | 2.285714286 |
| Inv | 3.102564103 |
| Inv | 2.869565217 |
| Inv | 3.4375 |
| Inv | 1.775 |
| Inv | 2.166666667 |
| Inv | 4.514705882 |
| Gr | 4.358974359 |
| Gr\_In | 1.780821918 |
| Gr\_In | 2.098591549 |
| Gr\_In | 1.769230769 |
| Fruc\_Carn | 2.093959732 |
| Fr\_Car\_Char | 2.318435754 |

| Ordre | Family | rapport |
| --- | --- | --- |
| Passeriformes | Motacillidae | 0.996610169 |
| Passeriformes | Motacillidae | 1.383495146 |
| Passeriformes | Laniidae | 1.209573092 |
| Passeriformes | Troglodytidae | 1.409090909 |
| Passeriformes | Prunellidae | 1.20069808 |
| Passeriformes | Turdidae | 1.361666667 |
| Passeriformes | Turdidae | 1.37704918 |
| Passeriformes | Turdidae | 1.394230769 |
| Passeriformes | Turdidae | 1.357142857 |
| Passeriformes | Sylviidae | 1.067226891 |
| Passeriformes | Sylviidae | 1.388987567 |
| Passeriformes | Sylviidae | 1.138582677 |
| Passeriformes | Sylviidae | 1.299810247 |
| Passeriformes | Sylviidae | 1.441729323 |
| Passeriformes | Paridae | 1.154696133 |
| Passeriformes | Paridae | 1.107325383 |
| Passeriformes | Paridae | 1.231481481 |
| Passeriformes | Emberizidae | 1.151866152 |
| Passeriformes | Emberizidae | 1.165467626 |
| Passeriformes | Carduelidae | 1.525096525 |
| Passeriformes | Carduelidae | 1.817391304 |
| Passeriformes | Carduelidae | 1.292424242 |
| Passeriformes | Sturnidae | 1.913043478 |
| Passeriformes | Oriolidae | 1.685082873 |
| Passeriformes | Tyrannidae | 1.06189968 |
| Passeriformes | Tyrannidae | 1.27982327 |
| Passeriformes | Tyrannidae | 1.158894646 |
| Passeriformes | Troglodytidae | 0.973782772 |
| Passeriformes | Troglodytidae | 1.103950104 |
| Passeriformes | Ptilogonatidae | 0.954455446 |
| Passeriformes | Mimidae | 0.769516729 |
| Passeriformes | Timaliidae | 0.70011534 |
| Passeriformes | Polioptilidae | 0.982387476 |
| Passeriformes | Aegithalidae | 0.900934579 |
| Passeriformes | Paridae | 1.167752443 |
| Passeriformes | Emberizidae | 0.975757576 |
| Passeriformes | Emberizidae | 1.386773547 |
| Passeriformes | Emberizidae | 1.340909091 |
| Passeriformes | Emberizidae | 0.867791842 |
| Passeriformes | Emberizidae | 0.881048387 |
| Passeriformes | Emberizidae | 0.87047619 |
| Passeriformes | Cardinalidae | 1.265743073 |
| Passeriformes | Cardinalidae | 1.230664858 |
| Passeriformes | Parulidae | 1.242105263 |
| Passeriformes | Vireonida | 1.198428291 |
| Passeriformes | Vireonida | 1.297504798 |
| Passeriformes | Icteridae | 1.236942675 |
| Passeriformes | Icteridae | 1.546107784 |
| Passeriformes | Carduelidae | 1.436525612 |
| Passeriformes | Carduelidae | 1.33530572 |
| Passeriformes | Carduelidae | 1.314049587 |
| Passeriformes | Carduelidae | 1.287128713 |
| Passeriformes | Corvidae | 0.898805341 |
| Passeriformes | Furnariidae | 0.371830986 |
| Passeriformes | Furnariidae | 0.823684211 |
| Passeriformes | Furnariidae | 0.688648649 |
| Passeriformes | Furnariidae | 0.857333333 |
| Passeriformes | Rhinocryptidae | 1.166324435 |
| Passeriformes | Rhinocryptidae | 1.283950617 |
| Passeriformes | Rhinocryptidae | 1.015286624 |
| Passeriformes | Rhinocryptidae | 1.195384615 |
| Passeriformes | Rhinocryptidae | 1.189944134 |
| Passeriformes | Rhinocryptidae | 1.51884058 |
| Passeriformes | Tyrannidae | 1.149328859 |
| Passeriformes | Tyrannidae | 1.172916667 |
| Passeriformes | Tyrannidae | 0.944123314 |
| Passeriformes | Tyrannidae | 1.132394366 |
| Passeriformes | Phytotomidae | 1.150943396 |
| Passeriformes | Troglodytidae | 1.056565657 |
| Passeriformes | Mimidae | 0.966088328 |
| Passeriformes | Turdidae | 1.219090909 |
| Passeriformes | Emberizidae | 1.165662651 |
| Passeriformes | Emberizidae | 1.294509151 |
| Passeriformes | Emberizidae | 1.217983651 |
| Passeriformes | Emberizidae | 1.380434783 |
| Passeriformes | Icteridae | 1.265348595 |
| Passeriformes | Icteridae | 1.182481752 |
| Passeriformes | Carduelidae | 1.415238095 |
| Passeriformes | Alaudidae | 1.862745098 |
| Passeriformes | Motacillidae | 1.289655172 |
| Passeriformes | Laniidae | 0.918181818 |
| Passeriformes | Turdidae | 1.178861789 |
| Passeriformes | Turdidae | 1.195652174 |
| Passeriformes | Turdidae | 1.369230769 |
| Passeriformes | Turdidae | 1.174311927 |
| Passeriformes | Sylviidae | 1.298076923 |
| Passeriformes | Sylviidae | 1.125 |
| Passeriformes | Sylviidae | 1.210084034 |
| Passeriformes | Sylviidae | 0.916030534 |
| Passeriformes | Sylviidae | 1.036036036 |
| Passeriformes | Sylviidae | 1.066666667 |
| Passeriformes | Sylviidae | 0.768115942 |
| Passeriformes | Sylviidae | 1.189473684 |
| Passeriformes | Sylviidae | 1.245098039 |
| Passeriformes | Sylviidae | 1.283950617 |
| Passeriformes | Aegithalidae | 0.677777778 |
| Passeriformes | Paridae | 1.1640625 |
| Passeriformes | Sittidae | 1.819148936 |
| Passeriformes | Certihiidae | 0.953846154 |
| Passeriformes | Emberizidae | 1.242857143 |
| Passeriformes | Fringillidae | 1.302158273 |
| Passeriformes | Carduelidae | 1.412280702 |
| Passeriformes | Corvidae | 1.1125 |
| Passeriformes | Corvidae | 0.761078998 |