



Variabilité de la coloration mélanique et de la distance d'envol chez le pigeon biset urbain



GONELLA Baptiste

Stage de troisième année de Licence de Biologie des Organismes
effectué du 10 mars au 10 juin 2014
à l'Université du Québec à Montréal sous la direction scientifique de
Monsieur Luc-Alain GIRALDEAU, Professeur et Doyen de la Faculté des Sciences

Soutenu le 13 juin 2014

"Le présent rapport constitue un exercice pédagogique qui ne peut en aucun cas engager la responsabilité de l'Entreprise ou du Laboratoire d'accueil"



Variabilité de la coloration mélanique et de la distance d'envol chez le pigeon biset urbain



GONELLA Baptiste

Stage de troisième année de Licence de Biologie des Organismes
effectué du 10 mars au 10 juin 2014
à l'Université du Québec à Montréal sous la direction scientifique de
Monsieur Luc-Alain GIRALDEAU, Professeur et Doyen de la Faculté des Sciences

Soutenu le 13 juin 2014

"Le présent rapport constitue un exercice pédagogique qui ne peut en aucun cas engager la responsabilité de l'Entreprise ou du Laboratoire d'accueil"

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier chaleureusement mon maître de stage Luc-Alain GIRALDEAU, professeur en comportement animal et Doyen de la Faculté des Sciences de l'UQAM, pour m'avoir accepté en stage et permis de découvrir véritablement le métier de chercheur en biologie fondamentale. Je lui suis très reconnaissant pour les conseils précieux et avisés qu'il m'a transmis lors de nos réunions de laboratoire.

Mille mercis également à Carolyn Louise HALL, agente de recherche de Monsieur GIRALDEAU, pour son support au quotidien, ses conseils de rédaction, son soutien en général, sa patience et ses encouragements. Grâce à elle, je maîtrise davantage les règles de rédaction d'un article scientifique.

Je tiens à remercier aussi grandement Lisa JACQUIN, ATER assistant-lecturer pour ses recommandations lors de nos réunions Skype, pour ses suggestions et pour son énorme travail de thèse sur lequel je me suis appuyé pour mon étude.

Je suis également particulièrement reconnaissant à Denis RÉALE, chercheur en comportement animal, pour son aide très importante dans les analyses statistiques, et pour tout ce qu'il m'a appris dans ce domaine.

Enfin, je voudrais remercier toutes les personnes que j'ai pu côtoyer à Montréal et qui ont contribué à mon intégration.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
MÉTHODES	3
Modèle d'étude et détermination de la coloration mélanique.....	3
Sites d'étude.....	4
Mesure de la distance d'envol.....	5
Analyses statistiques.....	6
RÉSULTATS.....	7
Proportion de pigeons mélaniques	7
Distance d'envol	8
DISCUSSION.....	10
Proportion d'individus mélaniques	10
Distance d'envol	10
CONCLUSION	13
RÉFÉRENCES	14
ANNEXES	16
Tableau des tâches	16
Calendrier de stage	16
Approbation du protocole CIPA	17

INTRODUCTION

Le milieu urbain se définit comme un milieu densément peuplé (>1000 hab/km²), et marqué par des activités humaines intenses (Pickett *et al.*, 2011). L'urbanisation (accroissement de la population en ville) est un phénomène majeur depuis ce dernier siècle. Les villes se caractérisent par une forte fragmentation du paysage (mosaïque de petites surfaces bâties ou végétales, séparées par des ruptures nettes) et se définissent aussi par des perturbations anthropiques comme la pollution chimique, lumineuse et sonore (Pickett *et al.*, 2011). Ces perturbations rendent difficile la colonisation de l'environnement urbain, mais quelques espèces comme le pigeon biset *Columba livia*, sont capables d'exploiter le milieu urbain et ses ressources (Jacquin, 2011). Ces individus colonisant le milieu urbain ont souvent des caractéristiques particulières par rapport à leurs congénères vivant en milieu rural. Par exemple, les individus exploitant le milieu urbain ont souvent des réponses au stress atténuées par rapport aux individus ruraux (Møller, 2008). Cependant, ces différences peuvent être dues à de la plasticité ou à de la sélection, et le rôle des processus sélectifs dans l'évolution de ces traits chez les espèces urbaines est encore mal connu.

Dans ce cadre, la coloration mélanique chez le pigeon biset est un bon modèle d'étude des phénomènes évolutifs en milieu urbain car c'est un trait phénotypique facilement observable ayant une base génétique avérée (Jacquin, 2011). Plusieurs études en Europe et en Asie ont montré que les zones très urbaines comprenaient une plus grande proportion de pigeons mélaniques que les zones rurales (Obukhova, 2001, 2007 ; Johnson, 2010 ; Jacquin *et al.*, 2013). Les morphes mélaniques pourraient avoir un avantage sélectif par rapport aux morphes clairs en milieu urbain, tandis que les morphes clairs auraient un avantage sélectif en milieu moins urbanisé. Johnston et Janiga (1995) ont ainsi formulé l'hypothèse que les morphes mélaniques auraient des caractéristiques physiologiques et comportementales qui leur confèreraient un avantage en milieu urbain par rapport au phénotype sauvage moins mélanique, et que la coloration mélanique reflèterait des caractères biodémographiques en lien avec l'urbanisation. Dans ce cas, les différents morphes mélaniques devraient avoir des réponses différentes à l'urbanisation en termes d'aptitude. Plusieurs hypothèses ont été avancées pour expliquer la plus forte occurrence de morphes mélaniques en milieu plus urbanisé. D'une part, il pourrait s'agir de mortalité différentielle entre morphes. En effet, les différents morphes auraient des réponses contrastées vis-à-vis des parasites sanguins le long d'un gradient urbain (Jacquin *et al.*, 2011). Ainsi, à Paris, les morphes clairs seraient plus sensibles aux parasites dans des zones plus urbanisées tandis que les morphes foncés auraient la même prévalence de parasites sanguins le long d'un gradient d'urbanisation (Jacquin *et al.*, 2013). Cela suggère que les morphes mélaniques seraient moins affectés par l'urbanisation, notamment en raison de différences immunitaires qui peuvent affecter la sensibilité aux parasites. En effet, des études moléculaires montrent que les gènes du système mélanocortique codant pour la coloration mélanique ont des effets pléiotropes sur l'activité immunitaire chez les vertébrés (Ducrest *et al.*, 2008 ; Roulin et Ducrest, 2011) mais également sur la reproduction et le comportement (Ducrest *et al.*, 2008). Par exemple, les individus mélaniques sont en général plus actifs sexuellement et plus agressifs, avec un plus fort taux de testostérone que les individus clairs (Ducrest *et al.*, 2008). Cependant, le rôle des différences de comportement en milieu urbain est encore mal connu. Une des

hypothèses avancées pour expliquer le plus grand succès des morphes mélaniques en milieu urbain serait leur meilleure tolérance à la présence humaine ou aux perturbations anthropiques. En effet, vu le coût particulièrement élevé des réponses au stress, surtout si elles sont fréquentes, la colonisation des milieux urbains s'accompagne souvent d'une plus faible sensibilité aux facteurs de stress (Møller, 2008) et donc d'une augmentation du mélanisme. Il serait donc intéressant de comparer des réactions comportementales des différents morphes du pigeon biset urbain face aux facteurs de stress urbain tels que la proximité d'un humain.

La distance d'envol mesure la réponse d'un animal face à un stress – l'approche d'un prédateur potentiel, comme un humain. Il reflète le compromis auquel est confronté un oiseau entre les bénéfices acquis par l'activité en cours et les coûts d'une fuite quand un prédateur potentiel s'approche (Blumstein, 2006). Les populations d'oiseaux urbains montrent une plus faible distance d'envol que les populations rurales pour une même espèce (Møller, 2008 ; McGiffin *et al.*, 2013). De telles différences de distance d'envol peuvent aussi exister entre des zones d'urbanisation plus ou moins fortes. En effet, les populations australiennes de mainates communs ont une distance d'envol plus faible dans les zones urbaines que dans les zones périphériques (McGiffin *et al.*, 2013). Ces différences de réponse au stress intraspécifiques illustrées par la distance d'envol fournissent des informations importantes sur la perception de l'environnement de chaque individu (Møller, 2008).

L'objectif de cette étude était, dans un premier temps, de vérifier l'existence d'un gradient de coloration mélanique le long d'un gradient d'urbanisation chez le pigeon biset en Amérique du Nord comme il est rapporté en Europe. En effet, les villes européennes et les villes nord-américaines ont des trames urbaines très différentes (Beaujeu-Garnier, 1972) qui imposent une définition différente du taux d'urbanisation, car les villes européennes se sont construites à partir d'un noyau central et se sont étendues de façon radiale alors que les villes nord-américaines se sont développées plus tardivement à partir d'un motif souvent en damier (Beaujeu-Garnier, 1972). Il est donc possible pour les villes européennes de définir des « anneaux » qui diffèrent par leur niveau d'urbanisation alors que l'on définira, pour les villes nord-américaines, des secteurs d'urbanisation différente. Dans un second temps, il était intéressant de savoir si une explication comportementale pourrait justifier de l'existence d'un tel gradient en utilisant la distance d'envol comme mesure du comportement. Plus spécifiquement, j'ai testé si les populations de pigeons présentes dans les zones les plus urbanisées ont une distance d'envol plus faible que celles présentes dans des zones moins urbanisées et si les individus les plus mélaniques ont une distance d'envol plus faible que les individus plus clairs.

MÉTHODES

Toutes les procédures ont été conformes aux directives du Conseil Canadien de Protection des Animaux (CCPA) et ont été approuvées dans le protocole 0514-874-0515 par le Comité Institutionnel de Protection des Animaux (CIPA) de l'UQAM.

Modèle d'étude et détermination de la coloration mélanique

Le pigeon biset *Columba livia* appartient à l'ordre des colombiformes et à la famille des colombidés. Ces oiseaux sont granivores et les individus urbains se nourrissent principalement dans les rues et les parcs des villes. Les pigeons bisets sauvages sont de type barré-bleu (Gibbs et Barnes, 2000), mais leur domestication a amené une grande variété de couleurs dans les populations urbaines. Lors de la colonisation du milieu urbain, une partie de cette variété a été conservée chez les pigeons bisets urbains (dits « féroces »), mais les pressions de sélection à l'origine du maintien de ce polymorphisme sont encore inconnues.

La variation de coloration chez les pigeons bisets est due au dépôt de deux types de pigments différents, les pigments phéomélaniques (responsables de la couleur rousse) et les pigments eumélaniques (responsables de la couleur gris noir) (Haase *et al.*, 1992). Dans cette étude, je me suis intéressé uniquement à la coloration eumélanique car elle est la plus répandue chez les pigeons bisets (Johnston et Janiga, 1995).

Les pigeons présentent une variation continue de la coloration eumélanique allant du blanc au noir, et pouvant être divisée en cinq groupes à l'œil nu (Johnston et Janiga, 1995 ; Jacquin *et al.*, 2011) : (0) blanc ou presque blanc, (1) barré-bleu (manteau gris avec deux barres foncées), (2) damier clair (manteau gris parsemé de taches foncées représentant moins de 50 % de la surface totale) (3) damier foncé (manteau foncé parsemé de taches plus ou moins foncées représentant plus de 50 % de la surface totale), et (4) noir (manteau à plus de 90 % noir) (Fig. 1). La distinction entre (2) damier clair et (3) damier foncé étant parfois impossible dans cette étude, ces deux catégories ont été regroupées en une seule sous le nom de « mélange ». De plus, si les pigeons n'étaient pas identifiables (mauvaise qualité de la photographie) lorsque le groupe était trop important, les individus étaient classés dans un groupe « non identifié » et étaient exclus des analyses (cette catégorie a représenté 7.03 % des pigeons échantillonnés).

La proportion d'individus mélaniques a été calculée comme le nombre d'individus damiers clairs, damiers foncés et noirs, divisé par le nombre total d'individus identifiés. Les individus « non identifiés » n'ont pas été inclus dans le total.



Figure 1 : Catégories de morphes eumélaniques de pigeon biset (adapté de Haag *et al.*, 2006).

Sites d'étude

L'objectif était de comparer la répartition des morphes colorés dans des sites plus ou moins urbanisés. Pour estimer le niveau d'urbanisation, j'ai calculé la densité moyenne de population humaine pour un diamètre de 1 km. Cette valeur a été choisie à partir d'études précédentes montrant que la plupart des pigeons ont un domaine vital relativement limité en ville (en-dessous d'un diamètre de 1 km ; Lévesque et McNeil, 1986 ; Rose *et al.*, 2006). Pour calculer cette densité moyenne de population humaine, j'ai utilisé des cartes des arrondissements de la ville de Montréal, téléchargeables sur le site de la ville (<http://ville.montreal.qc.ca/>). Un cercle d'un diamètre de 1 km a été tracé et le pourcentage de chaque couleur présente dans le cercle a été multiplié par le milieu de chaque intervalle de densité de population afin d'obtenir une estimation de la densité moyenne de population en habitant/km². Cette densité de population humaine est souvent très corrélée au niveau d'urbanisation (Centre d'Études Techniques de l'Équipement de l'Ouest, 2002), et reflète l'importance de l'occupation du territoire par l'homme.

Un total de 30 sites ont été présélectionnés à l'aide d'une banque de données en ligne (<http://ebird.org/>) qui répertorie la présence d'oiseaux au Québec (région : Montréal, années : 2013 et 2014, période : mars à mai), ainsi que sur la base d'études précédentes à Montréal (Lefebvre et Giraldeau, 1984 ; Morand-Ferron *et al.*, 2009). Pour ne pas échantillonner les mêmes oiseaux plusieurs fois, seuls les sites espacés d'au moins 1 km et présentant régulièrement des pigeons ont été conservés. Il est donc probable que les pigeons présents sur un site n'aient pas été comptés une deuxième fois sur un autre site. Sur les 30 sites, seuls 8 remplissaient les critères : le métro Angrignon, la cathédrale anglicane du métro McGill, le parc La Fontaine, l'hôpital Royal Victoria, le carré Saint Louis, le métro Parc, le parc du Portugal et la place Normand Béthune.

Les 8 sites ont été échantillonnés chacun plusieurs fois, à des jours et des heures aléatoires afin d'éviter un effet circadien sur la présence de pigeons, entre le 04 avril et le 07 mai 2014, pour un total de dix jours d'observation sur le terrain. Je nourrissais les pigeons avec un mélange de graines pour pigeons et colombes (marque Hagen). Après cinq minutes, je notais les pigeons appartenant à chaque morphe venus s'alimenter et ceux qui restaient à leur place. Je prenais alors des photos de chaque session en cas d'envol soudain du groupe (Tab. 1).

Table 1 : Récapitulatif des différentes variables étudiées. Le nombre moyen de pigeons a été calculé à partir de plusieurs photos prises à chaque visite. MA : Métro Angrignon, CA : Cathédrale Anglicane, PLF : Parc La Fontaine, HRV : Hôpital Royal Victoria, CSL : Carré Saint Louis, MP : Métro Parc, PP : Parc du Portugal, CNB : Carré Normand Béthune.

Site	Densité de population (hab/km)	Nombre moyen de pigeons	Proportion moyenne d'individus mélaniques (nombre de visites)
MA	2333	10.25	0.63 (4)
CA	2432	31.48	0.83 (3)
PLF	2851	11.33	0.79 (6)
HRV	6037	18.77	0.73 (6)
CSL	7556	8.5	0.87 (4)
MP	12815	36.68	0.81 (3)
PP	12834	24.67	0.90 (3)
CNB	12988	13.6	0.94 (5)

Mesure de la distance d'envol

La distance d'envol est la distance séparant un observateur humain d'un oiseau lorsque celui-ci s'envole. Il s'agit d'une mesure couramment utilisée pour comparer les réponses des oiseaux face à des prédateurs potentiels et est très utilisée dans les études sur les oiseaux urbains (Møller, 2008). La distance d'envol traduit le compromis entre les bénéfices obtenus par l'activité en cours (nourrissage) et le risque de rester sur place comme proie potentielle (Blumstein, 2006). Étant donné que les réponses au stress (approche d'un prédateur potentiel) peuvent être particulièrement coûteuses si elles sont provoquées fréquemment, la colonisation du milieu urbain s'accompagne souvent d'une réduction de la sensibilité à ces facteurs de stress, et les espèces urbaines ont souvent une distance d'envol plus faible que les espèces rurales (Møller, 2008).

L'objectif était de comparer la distance d'envol entre les morphes de pigeon biset. Je me suis positionné à 8 m du patch de nourriture et j'ai marché vers un oiseau choisi aléatoirement, à allure vive et constante, en suivant la méthode décrite par Møller (2008). J'ai mesuré la distance exacte me séparant de lui avant mon départ et la distance qui nous séparait lorsque celui-ci s'enfuyait. Étant donné que les oiseaux n'étaient pas marqués et afin d'être sûr de ne pas utiliser deux fois un même individu, j'ai échantillonné aléatoirement seulement un oiseau par morphe par site. J'ai pu ajouter un autre individu reconnaissable par une caractéristique unique. J'ai dû attendre dix minutes pour que chaque pigeon reprenne une activité normale, avant de pouvoir refaire une mesure de distance d'envol sur un autre individu. Au total, j'ai échantillonné 25 individus (1 Blanc, 7 Barrés-Bleus, 9 Mélangés, 8 Noirs).

Analyses statistiques

Proportion d'individus mélaniques

Un modèle linéaire généralisé mixte (GLMM) avec la méthode du « Maximum Likelihood » (ML) a été construit sous R 3.1.0, avec la proportion de morphes mélaniques comme variable réponse. Le site d'observation a été inclus comme variable aléatoire afin de contrôler la pseudo-réplication due aux multiples mesures faites sur le même site et la densité de population humaine a été incluse comme effet fixe. Mais le modèle ne convergeait pas. Mes données ne suivant pas une loi normale, j'ai donc calculé la proportion moyenne d'individus mélaniques pour chaque site et fait un test non paramétrique de corrélation de rang de Spearman (Siegel et Castellan, 1988) afin de tester une corrélation non affine entre la densité de population humaine et la proportion moyenne de morphes mélaniques.

Mesure de la distance d'envol

Un modèle linéaire généralisé mixte (GLMM) avec la méthode du « Maximum Likelihood » (ML) a été construit sous R 3.1.0, avec la distance d'envol comme variable réponse et le site d'observation comme variable aléatoire (afin d'enlever les effets de sites confondants et non mesurés). La densité de population humaine et les types de morphes (barré-bleu, mélangé, noir) ont été inclus comme effets fixes, ainsi que leur interaction. La signification de ces effets fixes a été testée en utilisant un test de ratio de maximum de vraisemblance (« Likelihood Ratio test » : LRT ; Bolker *et al.*, 2009).

RÉSULTATS

Proportion de pigeons mélaniques

La proportion moyenne de pigeons mélaniques était comprise entre 62.5 à 93.7 % sur l'ensemble des sites, avec une médiane de 82.1 %. La densité de population humaine estimée sur l'ensemble des sites, pour un diamètre de 1 km, s'étendait de 2333 à 12988 hab/km², avec une médiane de 6797 hab/km². La proportion moyenne de pigeons mélaniques augmente significativement avec la densité moyenne de population humaine (Spearman : $r_s = 0.79$; $N = 8$; $p = 0.028$) (Fig. 2).

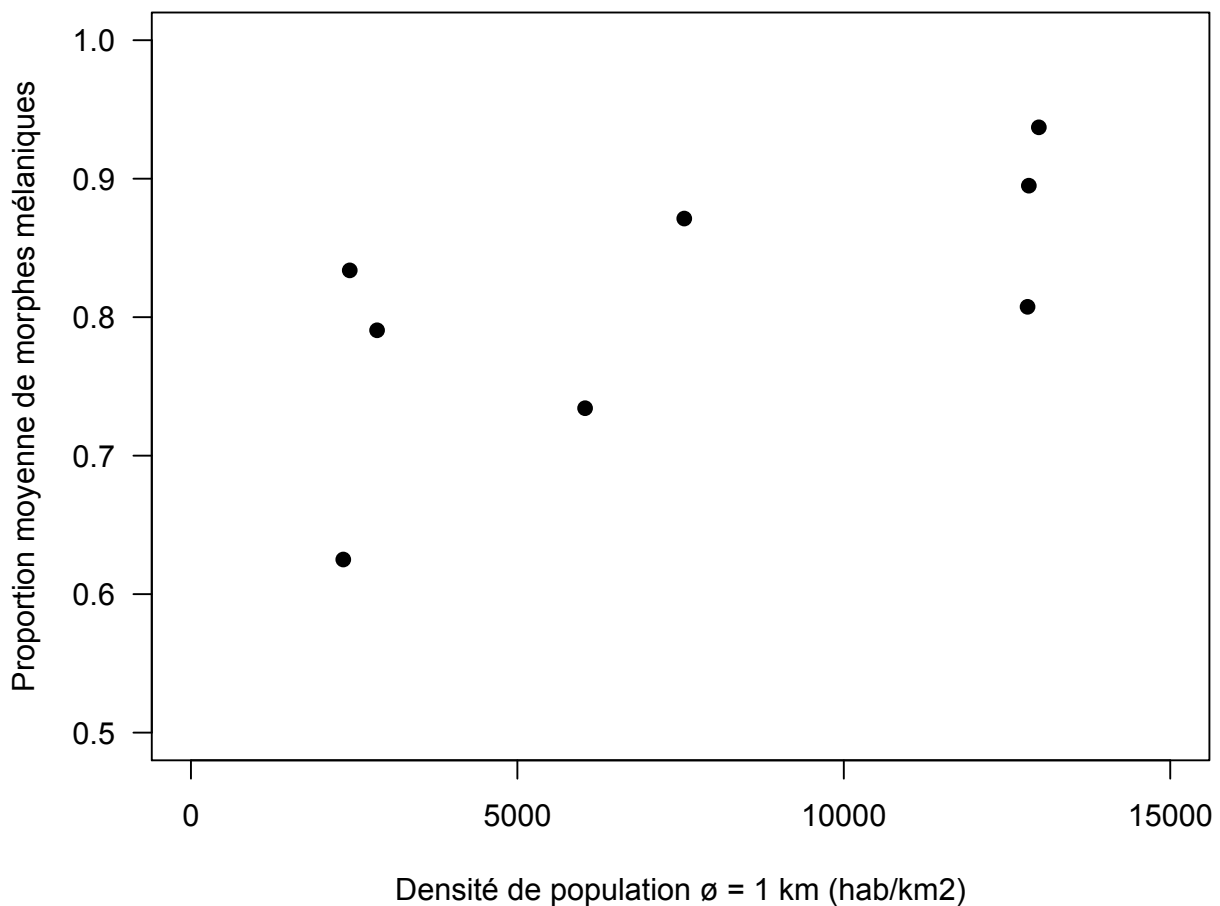


Figure 2 : Proportion moyenne de morphes mélaniques en fonction de la densité de population humaine (hab/km²).

Distance d'envol

J'ai obtenu 25 mesures de distance d'envol (1 Blanc, 7 Barrés-Bleus, 9 Mélangés, 8 Noirs). Vu que je n'ai pu obtenir qu'une seule mesure d'un individu blanc, ce morphe a été exclu des analyses. La distance d'envol s'étendait de 0 à 6.4 m avec une médiane de 1.7 m. La densité de population humaine, les catégories de morphes et l'interaction de ces deux facteurs, n'étaient pas en lien avec la distance d'envol (Tab. 2, Fig. 3 et 4).

Table 2 : Log-likelihood ratio tests des GLMM avec la densité de population humaine et les catégories de morphes comme variables fixes, la distance d'envol comme variable réponse et le site d'échantillonnage comme variable aléatoire. DPH : Densité de Population Humaine.

	d.d.l.	Log-Likelihood	LRT	Δ d.d.l.	p-value
DPH + morphe	6	-17,063			
DPH + morphe + DPH*morphe	8	-16,865			
Facteur testé : DPH*morphe			0,40	2	0,82
DPH	4	-17,251			
DPH + morphe	6	-17,063			
Facteur testé : morphe			0,38	2	0,83
morphe	5	-17,083			
DPH + morphe	6	-17,063			
Facteur testé : DPH			0,04	2	0,84

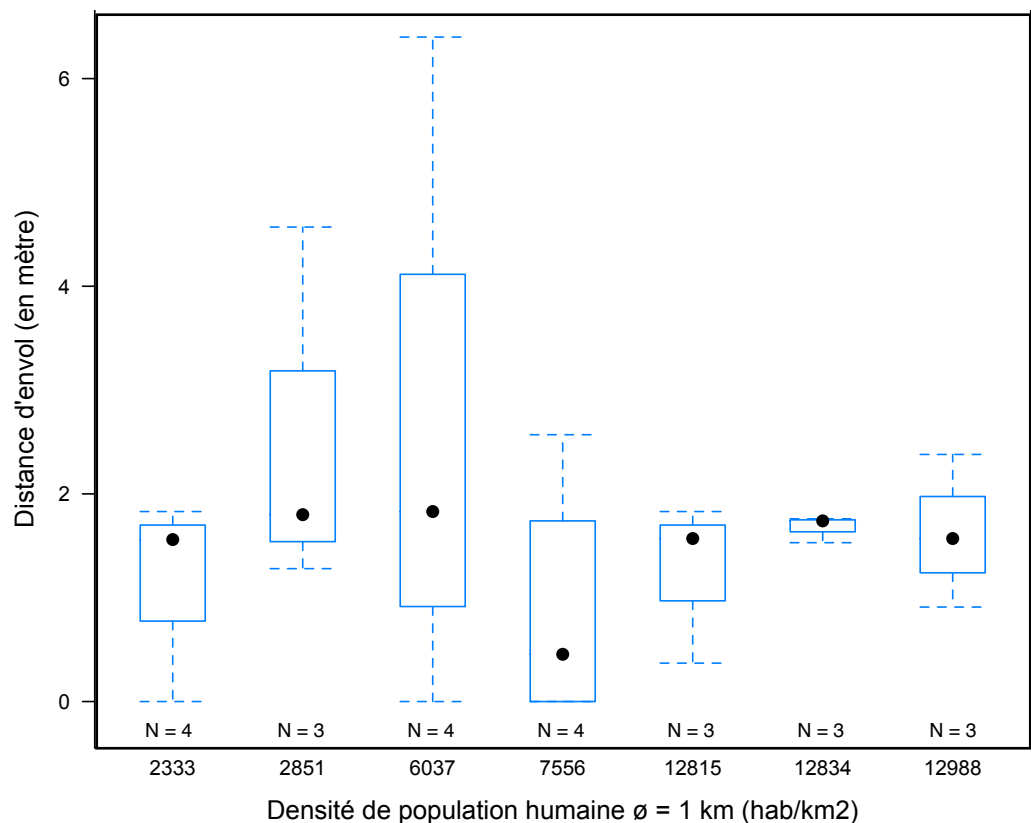


Figure 3 : Distance d'envol en fonction de la densité de population. La boîte à moustache montre la médiane (point noir), les premier et troisième quartiles (traits pleins), la limite des 5 et 95 % (pointillés).

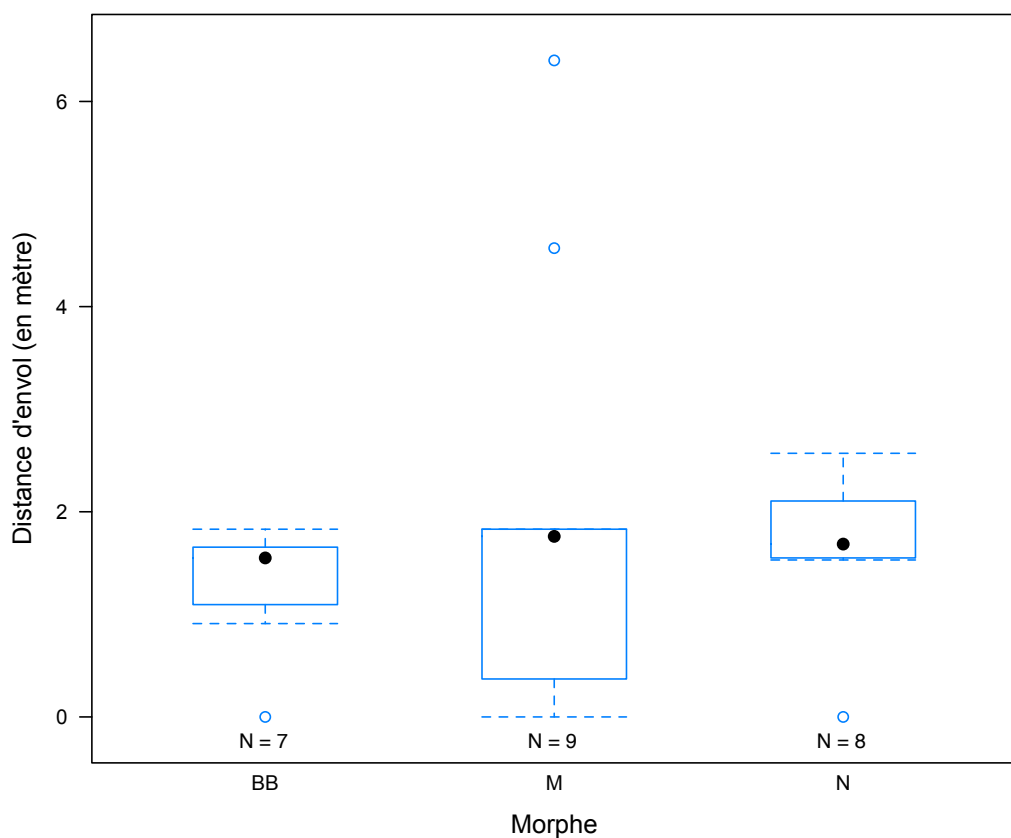


Figure 4 : Distance d'envol en fonction des catégories de morphes. BB : Barré-Bleu, M : Mélangé (damier clair et damier foncé), N : Noir. La boîte à moustache montre la médiane (point noir), les premier et troisième quartiles (traits pleins), la limite des 5 et 95 % (pointillés), les valeurs extrêmes (points blancs) supérieures à 1.5 fois la longueur de la boîte.

DISCUSSION

Proportion d'individus mélaniques

Cette étude montre que la proportion d'individus mélaniques chez le pigeon biset est plus importante dans les sites où la densité de population humaine est la plus élevée. Cela confirme les études européennes qui comparent les centres-villes aux périphéries (Johnston et Janiga, 1995 ; Obukhova, 2011 ; Johnson, 2010) ou des sites plus urbanisés entre eux (Jacquin *et al.*, 2013). Mon étude suggère que cet effet de l'urbanisation serait indépendant de la morphologie urbaine qui est très différente entre les villes d'Amérique du Nord et les villes européennes (Beaujeu-Garnier, 1972).

La relation entre la densité de population et la fréquence des morphes mélaniques peut s'expliquer par de multiples facteurs, comme une mortalité différentielle liée à des réponses contrastées vis-à-vis des parasites sanguins (Jacquin *et al.*, 2011, 2013) et/ou un meilleur succès reproducteur (Ducrest *et al.*, 2008). De plus, la sélection d'habitat pourrait aussi avoir une influence sur la répartition des morphes mélaniques le long d'un gradient d'urbanisation. En effet, si les individus mélaniques sont particulièrement avantagés dans les zones les plus urbanisées, il se pourrait que ces individus préfèrent s'établir dans ces zones-là.

Il est possible que cette relation entre la proportion de morphes mélaniques et la densité de population humaine puisse varier avec la saison. J'ai effectué mon échantillonnage à la fin de l'hiver et Johnston et Janiga (1995) rapportent que selon Obukhova et Kreslavskii (1985), les morphes mélaniques survivraient mieux l'hiver en zones urbanisées que les morphes clairs et a contrario, survivraient moins bien en zones rurales selon Petersen et Williamson (1949). Si une telle différence dans les probabilités de survie des morphes l'hiver existe au sein même des villes entre les zones très urbanisées et les zones moins urbanisées, alors je m'attendrais à ce que la proportion de morphes mélaniques soit plus élevée en zones très urbanisées et plus faible en zones moins urbanisées à la fin de l'hiver. De plus, si les individus mélaniques sont particulièrement favorisés dans les zones les plus urbanisées pendant l'hiver, alors ces individus pourraient migrer vers ces zones l'hiver venu. Chacun de ces scénarios induirait une forte variation de la corrélation trouvée entre la proportion de morphes mélaniques et la densité de population au cours de l'année et il serait donc intéressant de répéter l'étude à d'autres saisons.

Distance d'envol

Concernant la relation entre la densité de population humaine et la distance d'envol, je m'attendais à ce que cette distance diminue lorsque la densité de population humaine augmente. En effet, dans un milieu où la proximité avec les humains est beaucoup plus importante, les oiseaux s'envolant plus tardivement face à un humain pourraient être avantagés (Møller, 2008). Je m'attendais donc observer une diminution de la réponse au stress des pigeons, traduite par une distance d'envol plus courte. Cependant, la densité de population humaine n'a pas eu de lien avec la distance d'envol. Cette absence de relation peut être due à plusieurs facteurs.

Tout d'abord, dû à la faible taille d'échantillon, je n'ai peut-être pas eu assez de puissance pour détecter statistiquement une relation. En effet, les fortes contraintes (sites espacés d'au moins 1 km, saison, présence régulière de pigeons) ont réduit le nombre de sites potentiels (30 sites au total mais seuls 8 exploitables). Il serait donc intéressant de chercher d'autres sites afin d'enrichir la plage de densité de population humaine qui s'étend de 2333 à 12988 hab/km², notamment avec des zones d'environ 4000 et 10000 hab/km². Cela induirait une relation beaucoup plus fine et robuste entre la proportion de morphes mélaniques et la densité de population humaine.

Plusieurs études ont montré une diminution de la distance d'envol de nombreuses espèces d'oiseaux entre zones rurales et zones urbaines (Møller, 2008), ou entre le centre et la périphérie de la ville (McGiffin *et al.*, 2013). Il serait donc intéressant de comparer les zones toutes urbanisées de la présente étude avec des zones très faiblement urbanisées (moins de 2000 hab/km²) situées en campagne. En effet, il se peut que l'absence de lien entre la densité de population humaine et la distance d'envol des pigeons provienne du fait que la plage de densité n'était pas assez large et que même s'il existait des différences de densité de population humaine entre les sites étudiés, ces différences n'étaient pas assez marquées pour déceler une quelconque relation.

Enfin, dans les zones de forte densité humaine, la nourriture était souvent distribuée avant mon arrivée par des citadins (observée trois fois pour les trois sites avec la plus haute densité de population et une fois pour une densité moyenne, HRV). Cela avait pour conséquence de modifier le compromis auquel faisaient face les pigeons. En effet, une fois qu'un individu s'était alimenté, il lui était moins dommageable d'abandonner une parcelle de nourriture, ce qui signifie qu'il serait parti plus tôt et donc que sa distance d'envol aurait été plus grande. Ce problème a pu augmenter les distances d'envol pour les fortes densités de population humaine.

J'ai également testé si des différences de réponses comportementales aux facteurs de stress pouvaient expliquer la plus forte présence de morphes mélaniques en milieu urbain. En effet, le mélanisme est souvent associé à d'autres facteurs physiologiques comme une plus faible sensibilité au stress chez les vertébrés (réponse à la corticostérone : Ducrest *et al.*, 2008). Je m'attendais donc à observer une plus faible distance d'envol des morphes mélaniques par rapport aux morphes clairs. Cependant, je n'ai pas observé de relation significative de la différence de mélanisme sur la distance de fuite. Cela est surprenant car plusieurs études tendent à montrer que le mélanisme est très lié avec certains traits comportementaux comme l'agressivité, le succès reproducteur ou la hardiesse (Ducrest *et al.*, 2008). De plus, il a été montré que les tortues de Hermann les plus mélaniques sont moins craintives que leurs semblables face à l'homme (Mafla *et al.*, 2011) et que plus certains salmonidés (saumon d'Atlantique et truite arc-en-ciel) étaient tachetés, moins ils étaient stressés lors d'un confinement (Kittilsen *et al.*, 2009). Cette absence de relation peut être due à plusieurs facteurs.

Tout d'abord, je disposais d'un faible échantillon. En effet, je ne pouvais pas capturer les pigeons pour les marquer. Afin d'assurer l'indépendance des données, je n'ai pu utiliser que des pigeons reconnaissables morphologiquement. J'ai donc fait le test de la distance d'envol sur un individu de chaque morphe uniquement, ce qui a réduit mon échantillon. Il est donc possible que l'absence de lien soit en partie due au trop faible effort d'échantillonnage.

De plus, c'était souvent tout le groupe qui s'envolait et non pas un seul individu (19 cas sur 24 soit 79.2 % des cas). Il se peut donc que mes mesures reflètent la distance d'envol de l'individu

le plus stressé dans le groupe et non pas celle de l'individu observé. Finalement, mesurer la distance minimale jusqu'à laquelle un pigeon est prêt à s'approcher d'un humain pourrait davantage fonctionner. Pour améliorer cette expérience et tester cette hypothèse, je propose que l'expérimentateur utilise un protocole similaire à celui appliqué ici, mais à la place d'approcher un individu, il lui offrirait de la nourriture qu'il déposerait dans sa main ou à ses pieds. L'expérimentateur pourrait alors noter la distance minimale que le pigeon est prêt à laisser entre eux deux pour venir s'alimenter. J'ai souvent observé des gens nourrir les pigeons de cette façon, avec une grande variation dans la réponse des pigeons : j'ai moi-même pu nourrir des pigeons venus manger dans ma main alors que certains ne s'approchaient pas à moins de 30 cm de mes pieds. Il serait intéressant de voir si cette variation est en lien avec les morphes ou la densité de population humaine. Cette mesure permettrait d'éviter le problème rencontré lors de la mesure de la distance d'envol lorsque tout le groupe de pigeons s'envolait.

Je me suis intéressé à la distance d'envol comme mesure comportementale de la réponse face à un stress. La variabilité dans cette réponse devait ainsi justifier la distribution des morphes mélaniques le long d'un gradient d'urbanisation. Cette mesure de distance d'envol n'ayant pas expliqué cette différence de distribution, il existe d'autres mesures comportementales comme le test de néophobie (Williams *et al.*, 2012), qui pourraient être utilisées pour montrer ces différences entre morphes. La distance d'approche des humains est souvent utilisée pour étudier l'impact anthropique sur la faune (Fernández-Juricic *et al.*, 2005 ; Wolf et Croft, 2010) mais on pourrait s'intéresser dans le cadre des pigeons urbains, à leur propre distance d'approche lorsqu'ils viennent se nourrir, comme présentée ci-dessus. Il serait intéressant également de voir s'il existe de la compétition entre morphes sur les parcelles de nourriture. Les individus mélaniques sembleraient avoir un plus fort taux de testostérone (Ducrest *et al.*, 2008) et de plus grandes dépenses énergétiques (Ducrest *et al.*, 2008), ce qui pourrait entraîner une différence de stratégie d'exploitation des parcelles.

CONCLUSION

Dans cette étude, j'ai pu vérifier l'existence d'un lien entre urbanisation et coloration mélanique déjà révélé en Europe (Jacquin, 2011 ; Jacquin *et al.*, 2013), en Asie (Obukhova, 2001, 2007) et en Océanie (McGiffin *et al.*, 2013). Cependant, mes données ne me permettent pas de valider l'hypothèse d'une explication comportementale dans ce lien. Mais des mesures de comportement autres que la distance d'envol pourraient expliquer le lien entre l'urbanisation et les espèces animales commensales de l'homme comme le test de la néophobie (Williams *et al.*, 2012). Cependant, il sera toujours difficile de comprendre les facteurs associés à l'urbanisation qui déterminent les variations de traits (Jacquin, 2011) car de nombreux facteurs covarient avec l'urbanisation comme le stress, les parasites, la nourriture, et sont susceptibles d'être très variables entre les milieux urbains et ruraux (Jacquin, 2011). Il est donc possible que d'autres caractères associés au mélanisme, comme la dominance sociale et l'agressivité (Senar, 2006) soient déterminants dans les différences entre morphes en milieu urbain. D'une manière générale, il est difficile de séparer les différentes pressions de sélection associées au milieu urbain, d'où la nécessité d'une approche expérimentale complémentaire en conditions contrôlées pour étudier l'influence de chacun des facteurs environnementaux. Cette étude contribue au développement de l'écologie urbaine, qui est une discipline que nous devons explorer dans le but d'une meilleure compréhension de notre impact anthropique et ainsi trouver des moyens de le réduire. (Fernández-Juricic *et al.*, 2005 ; Wolf et Croft, 2010).

RÉFÉRENCES

- Beaujeu-Garnier J., 1972. Comparaison des centres-villes aux États-Unis et en Europe [Caractéristiques et possibilités d'évolution]. In: *Annales de Géographie*, **81** (448), 665-696.
- Blumstein D.T., 2006. Developing an evolutionary ecology of fear: how life history and natural history traits affect disturbance tolerance in birds. *Animal Behaviour*, **71**, 389-399.
- Bolker B.M., Brooks M.E., Clark C.J., Geange S.W., Poulsen J.R., Stevens M.H.H. et White J.-S.S., 2009. Generalized linear mixed models, a practical guide for ecology and evolution. *Trends in Ecology & Evolution*, **24** (3), 127-135.
- Centre d'Études Techniques de l'Équipement de l'Ouest, 2002. *La densité : éclairage sur le concept de densité et sur les différents usages de ses mesures*. CEREMA, Paris. 92 p.
- Ducrest A.L., Keller L. et Roulin A., 2008. Pleiotropy in the melanocortin system, coloration and behavioural syndromes. *Trends in Ecology and Evolution*, **23**, 502-510.
- Fernández-Juricic E., Venier M.P., Renison D. et Blumstein D.T., 2005. Sensitivity of wildlife to spatial patterns of recreationist behavior: A critical assessment of minimum approaching distances and buffer areas for grassland birds. *Biological Conservation*, **125**, 225-235.
- Gibbs D. et Barnes E., 2000. *Pigeons and doves : a guide to pigeons and doves of the world*. Yale University Press, Angleterre. 615 p.
- Haag-Wackernagel D., Heeb P. et Leiss A., 2006. Phenotype-dependent selection of juvenile urban feral pigeons *Columba livia*. *Bird study*, **53**, 163-170.
- Haase E., Ito S., Sell A. et Wakamatsu K., 1992. Melanin concentrations in feathers from wild and domestic pigeons. *Journal of Heredity*, **83**, 64-67.
- Jacquin L., 2011. Coloration mélanique et stratégies d'histoire de vie chez le pigeon biset urbain. Thèse, Université Pierre et Marie Curie, France. 253 p.
- Jacquin L., Récapet C., Bouche P., Leboucher G. et Gasparini J., 2011. Melanin-based coloration is related to parasite load and cellular immune response in feral pigeons. *Journal of Avian Biology*, **42**, 11-15.
- Jacquin L., Récapet C., Prévot-Julliard A.-C., Leboucher G., Lenouvel P., Erin N., Corbel H., Frantz A. et Gasparini J., 2013. A potential role for parasites in the maintenance of bird color polymorphism in cities. *Œcologia*, **173**, 1089-1099.
- Johnson S.L., 2010. *Relationship between feral pigeon (Columba livia) plumage morphs and urban habitat types in greater Manchester*. MSc final year report, University of Salford at Manchester, Angleterre.
- Johnston R. F. et Janiga M., 1995. *Feral pigeons*. Oxford University Press, New York. 320 p.
- Kittilsen S., Schjolden J., Beitnes-Johansen I., Shaw J.C., Pottinger T.G., Sørensen C., Braastad B.O., Bakken M. et Øverli Ø., 2009. Melanin-based skin spots reflect stress responsiveness in salmonid fish. *Hormones and Behavior*, **56**, 292-298.
- Lefebvre L. et Giraldeau L.-A., 1984. Daily feeding site use of urban pigeons. *Revue Canadienne de Zoologie*, **62**, 1425-1428.

- Lévesque H., McNeil R., 1986. Déplacements du pigeon biset (*Columba livia*) dans le Vieux-Port de Montréal. *Le Naturaliste Canadien*, **113**, 47-54.
- Mafli A., Wakamatsu K. et Roulin A., 2011. Melanin-based coloration predicts aggressiveness and boldness in captive eastern Hermann's tortoises. *Animal Behaviour*, **81**, 859-863.
- McGiffin A., Lill A., Beckman J. et Johnstone C.P., 2013. Tolerance of human approaches by Common Mynas along an urban-rural gradient. *Emu - Austral Ornithology*, **113**, 154-160.
- Morand-Ferron J., Lalande É. et Giraldeau L.-A., 2009. Large-scale Input Matching by Urban Feral Pigeons (*Columba livia*). *Ethology*, **115**, 707-712.
- Møller A.P., 2008. Flight distance of urban birds, predation, and selection for urban life. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, **63**, 63-75.
- Obukhova N.Y. et Kreslavskii A.G., 1985. Color Variation in the Blue Rock Pigeon (*Columba livia*) Urban Populations: Possible Mechanisms of Polymorphism Maintenance. *Zoologicheskyy Zhurnal*, **64** (11), 1685-1694.
- Obukhova N.Y., 2001. Geographic variation of color in the synanthropic Blue Rock Pigeon. *Russian Journal of Genetics*, **37**, 649-658.
- Obukhova N.Y., 2007. Polymorphism and phene geography of the blue rock pigeon. *Russian Journal of Genetics*, **43**, 609-619.
- Obukhova N.Y., 2011. Dynamics of balanced polymorphism morphs in Blue Rock Pigeon *Columbia livia*. *Russian Journal of Genetics*, **47**, 83-89.
- Petersen N.F. et Williamson K., 1949. Polymorphism and breeding of the Rock Dove in the Faroe Islands. *Ibis*, **91**, 17-23.
- Pickett S.T.A., Cadenasso M.L., Grove J.M., Boone C.G., Groffman P.M., Irwin E., Kaushal S.S., Marchall V., McGrath B.P., Nilon C.H., Pouyat R.V., Szlavecz K., Troy A. et Warren P., 2011. Urban ecological sustems: scientific foundations and a decade of progress. *Journal of Environmental Management*, **92**, 331-362.
- Rose E., Nagel P. et Haag-Wackernagel D., 2006. Spatio-temporal use of the urban habitat by feral pigeons (*Columba livia*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, **60**, 242-254.
- Roulin A. et Ducrest A.L., 2011. Association between melanism, physiology and behaviour: A role for the melanocortin system. *European Journal of Pharmacology*. **660** (1), 226-33.
- Senar J.C., 2006. Color displays as intrasexual signals of aggression and dominance. In: *Bird Coloration. II. Function and Evolution*. Hill G.E. et McGraw K.J. Harvard University Press, États-Unis. 87-137.
- Siegel S. et John Castellan Jr. N. J., 1988. *Nonparametric statistics for the behavioral sciences (2nd edition)*. McGraw-Hill Higher Education, New York. 399 p.
- Williams L.J., King A.J. et Mettke-Hofmann C., 2012. Colourful characters: head colour reflects personality in a social bird, the Gouldian finch, *Erythrura gouldiae*. *Animal Behaviour*, **84**, 159-165.
- Wolf I.D. et Croft D.B., 2010. Minimizing disturbance to wildlife by tourists approaching on foot or in a car: A study of kangaroos in the Australian rangelands. *Applied Animal Behaviour Science*, **126**, 75-84.

ANNEXES

Tableau des tâches

Intervenant	Idée originale	Bibliographie	Mise en place du protocole	Protocole CIPA	Collecte des données	Analyse statistique	Rédaction
Principal	LJ	BG	BG	BG	BG	BG, DR	BG
Secondaires	BG, LAG	CH, LJ	CH, LAG, LJ	CH		CH	CH, LAG, LJ

CIPA : Comité Institutionnel de Protection des Animaux
BG : Baptiste GONELLA, stagiaire
CH : Carolyn Louise HALL, agente de recherche de Luc-Alain GIRALDEAU
DR : Denis RÉALE, chercheur en comportement animal
LAG : Luc-Alain GIRALDEAU, maître de stage
LJ : Lisa JACQUIN, co-tutrice de stage

Calendrier de stage

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13
Bibliographie													
Protocole													
Protocole CIPA													
Expérimentation													
Statistiques													
Rédaction													

Approbation du protocole CIPA

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL COMITÉ INSTITUTIONNEL DE PROTECTION DES ANIMAUX (CIPA)

FICHE DE PROTOCOLE

Chercheur principal : Luc-Alain Giraldeau

Département / Compagnie: Sciences biologiques

Personnes qui manipuleront les animaux : Luc-Alain Giraldeau; Baptiste Gonella; Carolyn Hall

Titre du projet/du cours : *Differences de réaction des morphes de couleurs face aux défis de l'approvisionnement en milieu urbain chez les pigeons biset (Columba livia)*

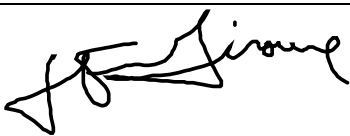
Référence de protocole : 0514-874-0515

Ce protocole est valide jusqu'au **1^{er} mai 2015**. Sa catégorie invasive de recherche est **B** (Expériences causant peu d'inconfort ou de stress).

Conformément aux directives du Conseil canadien de protection des animaux (CCPA), votre protocole sera revu et approuvé annuellement par le CIPA, et ce jusqu'à trois reprises. Par suite, le présent protocole pourra être renouvelé deux fois. Toute demande de modification **mineure** à ce protocole devra être acheminée à l'attention de monsieur Jean-François Giroux ainsi qu'à celle de madame Manon St-Germain. Une modification **majeure** nécessitera le dépôt d'une demande à cet effet auprès du CIPA. **Prenez note qu'une variation de 15% et plus du nombre indiqué ci-dessous constituera une modification majeure à votre protocole.**

NOMBRE D'ANIMAUX AUTORISÉS

Espèce	Lignée/ Souche	Sexe	Âge ou poids	Nombre/Animaux	Rejets
Columbia livia (pigeon biset)		M & F	Tous les âges	400	0

Jean-François Giroux Président du CIPA	Louis-Philippe Auger Coordonnateur du CIPA
	

RÉSUMÉ

L'urbanisation est un défi important pour la conservation de la biodiversité. De nombreuses espèces ont colonisé avec succès les villes, mais les processus évolutifs qui se déroulent dans les zones urbanisées restent méconnues. Certaines espèces prospèrent mieux que les autres en zones urbanisées, et au sein d'une espèce les populations urbaines diffèrent souvent des populations rurales. Cependant, il est impossible de dire si ces différences reflètent des changements évolutifs ou de la plasticité phénotypique. Les pigeons « féroces » (*Columba livia*) existent en grand nombre dans beaucoup de villes d'Europe et d'Amérique du Nord, et présentent une variation continue dans la coloration mélanique qui peut refléter des stratégies d'histoire de vie différentes pour la survie en conditions urbaines. En Europe, la proportion d'individus mélaniques augmente avec le niveau d'urbanisation. Dans cette étude, J'ai testé si cette relation entre la distribution de morphes et la densité de population humaine comme index de l'urbanisation, existe également en Amérique du Nord, où la structure des villes est assez différente des villes d'Europe. De plus, j'ai testé si les pigeons présents dans les zones de haute densité humaine avaient une distance d'envol réduite lorsqu'ils étaient approchés par un prédateur potentiel (un humain). J'ai également comparé la distance d'envol chez les différents morphes mélaniques, puisque les individus mélaniques sont connus pour être moins sensibles que les individus pâles aux situations de stress. Cependant, il n'y a pas eu de relation significative entre la distance d'envol et la densité de population ou le mélanisme. Cela peut être dû à ma faible taille d'échantillon, ou au fait qu'il a été difficile d'obtenir des distances d'envol qui reflètent la réponse au stress d'un individu plutôt que celui du groupe en entier. Il serait intéressant de voir si le mélanisme est lié à d'autres comportements comme la néophobie. Cette étude contribue au développement de l'écologie urbaine, qui est une discipline que nous devons explorer dans le but d'une meilleure compréhension de notre impact anthropique et ainsi trouver des moyens de le réduire.

Mots-clés : *Columba livia*, coloration mélanique, morphes, gradient d'urbanisation, distance d'envol.

ABSTRACT

Urbanization is a major challenge for biodiversity conservation. Numerous species have successfully colonized cities, yet the evolutionary processes taking place in urbanized areas remain poorly known. Some species are more successful in urban areas than others, and within a species urban populations often differ from rural populations of the same species, but whether the differences reflect evolutionary changes or plasticity is also unknown. Feral pigeons (*Columba livia*) exist in large numbers in many cities in both Europe and North America, and display continuous variation in melanin-based coloration that may reflect alternative life-history strategies to cope with urban conditions. In Europe, the proportion of melanistic individuals increases with the level of urbanization. In this study, I tested whether the same relationship between distribution of morphs and human population density, an index of urbanization, exists in North America, where the structure of cities is quite different from that in Europe. Furthermore, I tested whether pigeons in areas with higher population density decreased their flight initiation distance when approached by a potential predator (a human). I also compared the flight initiation distance of the different melanistic morphs, since more melanistic individuals thought to be less sensitive to stressful situations than pale ones. However, flight initiation distance was not related to human population density or to coloration. This may be due to our low sample size, or to the fact that it was difficult to obtain flight initiation distances that reflect the response of stress of an individual rather than for the group as a whole. It would be interesting to see whether melanism is related to other behaviors, such as neophobia. This study contributes to our knowledge of urban ecology, which is an area we must expand in order to better understand our anthropogenic impact and thereby find ways to reduce it.

Keywords: *Columba livia*, melanistic coloration, morphs, urbanization gradient, flight initiation distance.