

Sommaire

Remerciements	5
Sommaire	11
Introduction.....	13
1. Les attitudes envers les animaux : la combinaison complexe de nombreux facteurs.....	13
2. Une perception relative et évolutive : elle varie selon les aires culturelles et évolue dans le temps	18
3. Les différentes attitudes vis-à-vis des animaux : l'échelle de Kellert et Berry	21
4. L'utilité des animaux pour les êtres humains : des services aux nuisances.....	23
5. Le milieu urbain : un écosystème particulier	26
Problématique de la thèse	30
Objectifs de la thèse	31
Matériel et méthode général	33
Modèles d'études	33
Le pigeon.....	33
Le rat	35
Le hérisson	38
Méthodologies	41
1. Composition du questionnaire et déroulement de l'enquête	41
2. Test de l'effet fertilisant du guano de pigeons sur différentes espèces cultivées en ville	42
3. Confrontation des usagers de la ville avec les services rendus par les pigeons	43
Chapitre 1 : Perception de la faune urbaine spontanée par les usagers de Paris	45
Appreciation and perception of spontaneous urban fauna by humans in a French city, Paris	47
Chapitre 2 : Un service écosystémique rendu par le pigeon urbain : l'effet fertilisant de ses fientes dans l'agriculture urbaine	75
Utilisation of pigeon guano as a fertilizer on cherry tomato plants in urban agriculture.....	77
Utilisation de guano de pigeons comme engrais sur des courgettes, des mâches et des radis dans le cadre de l'agriculture urbaine.....	95
Quantifying trace metals in pigeon guano-fertilized vegetables in an urban agriculture context	97
Chapitre 3 : Peut-on améliorer l'appréciation et la perception d'un animal urbain en fournissant des informations sur les services qu'il rend ?	117
Can the appreciation and perception of an urban animal be improved by providing knowledge about the services it provides?	119
Synthèse et perspectives.....	137
Conclusion.....	147
Bibliographie	149
Annexes.....	161
Table des illustrations.....	179
Table des tableaux	180

Introduction

Les êtres humains ont toujours été entourés par des animaux et ont tissé des liens particuliers avec eux. Déjà, dans l'art préhistorique, les hommes ont principalement représenté la faune qu'ils côtoyaient. Les attitudes que les humains ont développées à l'égard des animaux sont diverses. Eagly et Chaiken définissent l'attitude comme « une tendance psychologique exprimée par l'évaluation d'une entité particulière avec un certain degré de faveur ou de dépréciation » (Eagly & Chaiken, 1993). L'attitude qu'a un individu envers un animal dépend de très nombreux facteurs.

1. Les attitudes envers les animaux : la combinaison complexe de nombreux facteurs

Ces facteurs peuvent être propres à l'individu, à l'animal ou bien à la relation entre les deux. Ainsi, l'attitude envers les animaux dépend du genre de la personne. Le plus souvent, les femmes ont des attitudes plus positives vis-à-vis des animaux (Herzog et al., 1991 ; Herzog 2007 ; Cailly Arnulphi et al., 2017). Elles sont par exemple plus nombreuses à être engagées dans la protection animale (dans la revue de 9 articles de Herzog en 2007, le pourcentage de femmes dans l'activisme en faveur des animaux varie de 67% à 80%) tandis que les hommes sont plus susceptibles de chasser (dans un recensement de United States Census Bureau en 2004-2005, les États-Unis comptaient 17 millions de chasseurs contre 2,6 millions de chasseuses) ou de maltraiter des animaux (Herzog 2007). Cependant, les hommes sont plus à l'aise avec l'idée de toucher certains animaux généralement perçus négativement comme les araignées, serpents, vers, crapauds, souris et chauve-souris (Herzog et al., 1991). En effet, d'autres études tendent à montrer que les individus de genre féminin ont plus souvent peur de

certains animaux comme les serpents (Prokop et al., 2009), les crapauds, les araignées, les insectes ou les limaces (Zhang et al., 2014). Ceci serait dû à une pression sociale exercée sur les garçons de la part de leurs semblables et de leurs parents qui les encourageraient à ne pas avoir peur de la nature, alors qu'au contraire les filles seraient poussées à en avoir peur en étant découragées à faire des activités extérieures ou à être des garçons manqués et la désirabilité sociale peut être une force puissante (voir Crowne & Marlow, 1960 ; Holtgraves, 2004).

L'âge entre aussi en compte. Par exemple, les rats, les chauve-souris, les escargots en Norvège (Bjerke & Østdahl, 2004) ou le condor des Andes (Cailly Arnulphi et al., 2017) sont plus appréciés par les personnes les plus jeunes. Au contraire, d'autres espèces animales sont plus appréciées par les personnes plus âgées : toujours en Norvège, les papillons, les pies, les mouettes ou les abeilles sont plus aimés par les plus âgés (Bjerke & Østdahl, 2004).

Le niveau d'étude a également un impact sur l'attitude envers un animal ; en général, les personnes ayant fait le plus d'études ont tendance à plus aimer certaines espèces animales comme les papillons, les hérissons, les canards et les renards (Bjerke & Østdahl, 2004) ou le condor des Andes (Cailly Arnulphi et al., 2017).

L'endroit où vit l'individu a aussi son importance ; ainsi, les enfants chinois qui vivent à la campagne sont plus en contact avec la nature que ceux des villes, ce qui les rend plus biophiles (qui « aiment la vie et les systèmes vivants » ; Fromm, 1964) et moins biophobes (qui a « peur des êtres vivants ou [a de] l'aversion à leur égard » ; Simaika & Samways, 2010 ; Zhang et al., 2014).

Le métier ou les études suivies peuvent aussi avoir une incidence sur l'attitude. Les fermiers voient le condor des Andes plus négativement car ils craignent à tort des attaques contre leurs troupeaux (Cailly Arnulphi et al., 2017). Il en est de même pour le loup qui reçoit

moins d'attitudes positives de la part des éleveurs que des autres personnes (Williams et al., 2002), mais cette fois les attaques envers les troupeaux sont bien réelles. Les étudiants en biologie ont une attitude plus positive envers les serpents que les autres étudiants (Prokop et al., 2009) ce qui pourrait être dû à une meilleure connaissance de ces animaux ou à une affinité initiale avec les animaux qui les ont poussés à s'inscrire en biologie.

D'autres facteurs propres à l'individu (ou aux sociétés) peuvent influencer l'attitude vis-à-vis des animaux tels que la culture (Kellert, 1984a) qui comprend l'histoire, les croyances notamment religieuses, les pratiques et les représentations culturelles (Serpell, 2004), le contexte local comme l'environnement immédiat (Hunter & Brehm, 2004), l'orientation des valeurs notamment environnementales (Hunter & Brehm, 2004), etc...

Les caractéristiques propres à l'animal jouent aussi un rôle dans l'attitude que les personnes ont envers eux. Différentes espèces reçoivent généralement différentes appréciations (Driscoll, 1995 ; Bjerke & Østdahl, 2004 ; Batt, 2009 ; George et al., 2016).

Leur physique a une influence sur l'attitude : la taille (généralement les animaux les plus grands sont préférés) et l'esthétique (comme les papillons qui sont appréciés pour leur beauté ; Kellert, 1984a), le côté laid ou visqueux peut les rendre effrayant (comme les limaces et les vers ; Bennett-Levy & Marteau, 1984), mais aussi l'apparence visuelle de manière générale, l'impression tactile et l'impression auditive (Merckelbach et al., 1987). Certaines caractéristiques physiques des animaux tels que les griffes ou les dents tranchantes peuvent même les faire passer pour des « méchants » aux yeux des enfants (Lee, 2012).

Les êtres humains ont aussi tendance à plus apprécier les animaux qui leur ressemblent biologiquement (Batt, 2009) et/ou qui sont proches phylogénétiquement (i.e. dans l'arbre de

parenté du vivant ; Kellert, 1984a). C'est le cas du chimpanzé qui est l'animal le plus aimé dans une liste de 40 animaux (Batt, 2009) et qui ressemble beaucoup à l'homme du fait qu'il est son plus proche parent actuel. D'autre part, les animaux aux caractéristiques néoténiques (qui conservent les caractéristiques des bébés à l'âge adulte : tête et yeux proportionnellement plus grands comme chez les écureuils, démarche instable comme celle des manchots...) reçoivent plus d'intérêt de la part du public et même des scientifiques (Estren, 2012). La néoténie serait un processus adaptatif qui permettrait d'inhiber l'agressivité des prédateurs et/ou des compétiteurs (Lorenz, 1943).

Bien sûr, le comportement des animaux entre également en jeu dans l'attitude que les humains ont envers eux. L'intelligence de l'animal, sa dangerosité et son mode de locomotion (Kellert, 1984a), ses tendances prédatrices (Kellert, 1984a ; Oli et al., 1994) et ses attitudes spécifiques (Serpell, 2004) entrent en ligne de compte dans les attitudes que leur portent les humains. Leur rapidité et leurs mouvements soudains peuvent susciter la peur chez les hommes (Bennett-Levy & Marteau, 1984). Les rats et les araignées font partie de ces animaux qui se déplacent rapidement avec des mouvements soudains et qui suscitent la peur (Bennett-Levy & Marteau, 1984). Les comportements des animaux peuvent aussi induire en erreur les attitudes des êtres humains : par exemple, le loup était plus craint que le puma alors que ce dernier était plus dangereux vis-à-vis de l'homme, ceci serait dû au fait que le puma était plus discret et moins visible (Kellert et al., 1996). Les espèces qui ont certains comportements (qui sont néophiles, audacieuses, innovantes, ont une bonne mémoire et ont des comportements flexibles) peuvent devenir nuisibles aux yeux des hommes (Barrett et al., 2018). En effet, ces caractéristiques leur permettent de vivre dans de nouveaux milieux tels que les villes et donc d'entrer en conflit avec les hommes (Barrett et al., 2018). Par exemple, la néophilie pour les objets permet à la mésange charbonnière (*Parus major*) d'exploiter facilement des ressources nouvelles et parfois imprévisibles en milieu urbain (Tryjanowski et al., 2016). Ou encore, les

fourmis, *Tapinoma sessile*, qui font preuve d'un comportement flexible, en zones urbaines où elles changent de systèmes d'accouplement et forment des super-colonies, ce qui les rend nuisibles par rapport à leurs homologues rurales qui vivent dans des colonies uniques (Buczowski, 2010).

La relation entre l'homme et une espèce animale a aussi son importance dans l'attitude des hommes avec cette espèce (Kellert, 1984a). Il y a tout d'abord l'histoire entre ces deux espèces (Kellert, 1984a) comme, par exemple, le pygargue à tête blanche (*Haliaeetus leucocephalus*) qui est le symbole historique des États-Unis ce qui fait qu'il est apprécié par la population de ce pays (Kellert, 1984a). L'expérience d'un individu avec une espèce particulière compte également (Serpell, 2004). En Suède, les ours et les loups sont vus plus négativement dans les zones où les gens ont des expériences directes avec eux (Eriksson et al., 2015). La fréquence de rencontre joue aussi un rôle : plus le renard nain de San Joaquin (Californie, États-Unis) est rencontré par quelqu'un, plus cette personne apprécie cet animal (Bjurlin & Cypher, 2005). L'affect (i.e. les réactions affectives et/ou émotionnelles des personnes à l'égard des animaux) et l'utilité (i.e. la valeur instrumentale des animaux pour les personnes ; Serpell, 2004) sont aussi très importants : par exemple, les enfants plus empathiques ont des attitudes plus positives à l'égard des animaux de compagnie (Daly & Morton, 2006) ; les chiens ou les chevaux sont à la fois jugés très utiles et sont très aimés (Driscoll, 1995). La nuisance de l'espèce pour l'homme a un impact sur l'attitude de l'être humain envers cet animal : le raton laveur n'est pas très apprécié aux États-Unis où il est considéré comme nuisible notamment pour les cultures (George et al., 2016).

Aucun de ces facteurs n'est exclusif et ils se combinent de façon complexe pour influencer l'attitude et la perception des individus et des sociétés vis-à-vis des animaux. Il existe diverses définitions de la perception en géographie. L'une d'entre elle est la suivante : « De manière générale, la perception se définit comme la fonction par laquelle l'esprit, le sujet, se représente, pose devant lui les objets. » (Dupré, 2006). C'est un processus actif qui fait appel à tous les sens (Bailly, 1977). « Le terme perception renvoie [donc] aux mécanismes perceptifs et aux phénomènes cognitifs qui rendent possible l'élaboration d'images » (Gumuchian, 1991).

Les attitudes que les hommes ont vis à vis des espèces animales peuvent avoir des conséquences concrètes, par exemple, dans la conservation (Sitas et al., 2009) ou la régulation de certaines populations animales. En effet, selon l'espèce considérée, les personnes n'approuvent pas de la même façon le contrôle légal ; ainsi, lors d'un sondage au début des années 1990 aux États-Unis, 95% des sondés étaient pour le contrôle légal des rats et des souris mais seulement 59% pour les écureuils (Braband & Clark, 1991).

2. Une perception relative et évolutive : elle varie selon les aires culturelles et évolue dans le temps

Les perceptions sont extrêmement diverses en fonction des régions culturelles et peuvent évoluer dans le temps.

Le rapport aux animaux diffère selon les cultures. Dans le monde occidental, ce rapport est très hiérarchisé et l'homme est considéré comme une espèce supérieure qui peut à sa guise utiliser les autres espèces qui lui sont, en quelque, sorte inféodées. Ce rapport dérive sans doute

de la religion et notamment de la Bible. Dans la Genèse, il est écrit : « Puis Dieu dit : Faisons l'homme à notre image, selon notre ressemblance, et qu'il domine sur les poissons de la mer, sur les oiseaux du ciel, sur le bétail, sur toute la terre, et sur tous les reptiles qui rampent sur la terre. ». Mais, il existe, bien sûr, d'autres types de relations entre humains et animaux. Philippe Descola, dans son livre *Par-delà nature et culture* (2005), a par exemple distingué quatre types de relations entre humains et non-humains qui existent à travers le monde en fonction de la ressemblance et de la différence entre les physicalités et les intériorités (voir Tableau 1). Les physicalités correspondent à l'apparence extérieure, mais aussi aux modes d'existence, aux régimes alimentaires et aux modes de reproduction. Les intériorités correspondent, quant à elles, à la subjectivité, à la conscience notamment de soi, à la connaissance, à la mémoire, à l'intentionnalité, à la communication et à la mortalité.

	Ressemblance des intériorités	Différence des intériorités
Ressemblance des physicalités	Totémisme Ex : Aborigènes d'Australie	Naturalisme Ex : Occidentaux
Différence des physicalités	Animisme Ex : Dogons du Mali	Analogisme Ex : Indigènes des Andes

Tableau 1 : Tableau des relations humains et non-humains d'après Descola (2005).

Le naturalisme est ce que nous connaissons dans le monde occidental où il existe une frontière entre ce qui relève des hommes (i. e. la culture) et le reste du monde (i. e. la nature) ; il y a donc une différence des intériorités. Cependant, le monde physique et donc les physicalités y sont les mêmes pour les humains comme les non-humains : ils sont tous constitués d'atomes, les mêmes lois physiques s'y appliquent... Au contraire, dans l'animisme qui existe par exemple chez les Dogons du Mali (Petit, 1997), les humains et les non-humains possèdent tous un

« esprit » (ressemblance des intériorités) mais leurs corps diffèrent ainsi que « leurs mœurs [ou leurs modes] de comportement spécialisé » (Descola, 2005) (différence des physicalités). Dans le totémisme, qu'on trouve entre autres chez les Aborigènes d'Australie (Peterson, 1972), les non-humains ont les mêmes intériorités (émotions, conscience, désirs...) que les humains mais aussi les mêmes physicalités (« [mêmes substances telles que la chair, le sang et la peau et] une même forme de vie » ; Descola, 2005). Enfin, dans l'analogisme comme chez les peuples indigènes des Andes (Descola, 2008), les intériorités comme les physicalités sont différentes entre les humains et les non-humains. Il existe donc bien différentes façons de considérer les non-humains dont les animaux font partie selon les régions culturelles.

Les perceptions et attitudes envers les animaux peuvent aussi évoluer dans le temps. Dans l'Europe pré-indo-européenne (i. e. lors de la préhistoire), les animaux pouvaient être divinisés. Il existait, par exemple, une déesse-serpent et une déesse-oiseau (Boekhoorn, 2008). Au fil du temps, ces animaux ont perdu leur côté divin, notamment avec l'émergence de la religion monothéiste. Comme nous l'avons vu, avec l'arrivée du Christianisme, les animaux sont devenus des êtres dominés par l'homme. Cette vision est alors celle qui a perduré jusqu'à aujourd'hui. Cependant, récemment, cette perception est de plus en plus remise en cause en Occident avec, par exemple, le mouvement antispéciste. Ce mouvement, apparu en France en 1985, « revendique un traitement identique pour les hommes et pour les animaux, en vertu de leur capacité commune à vouloir vivre et à pouvoir souffrir. ») (Dubreuil, 2009). L'antispécisme est généralement associé au végétarisme (i. e. régime alimentaire où est exclue la chair animale ; Laisney, 2016) et au véganisme (i. e. mode de vie où est exclu tout type d'exploitation des animaux ; Laisney, 2016) qui semblent aussi progresser. D'après une enquête de l'IFEN-INSEE en 1998, seul 2% des Français étaient végétariens. Plus récemment, dans un sondage Opinion

Way pour le magazine Terra Eco réalisé en 2016, 3% des personnes interrogées se déclaraient végétariennes, et 10% envisageraient de suivre ce régime. Dans une enquête Toluna de 2015 pour AgroParisTech, 10% des 15 à 24 ans seraient végétariens en France. Il y aurait donc bien une tendance à une augmentation du régime végétarien qui est en partie motivé par le bien-être animal. En effet, ce dernier arrive en deuxième position, après la raison économique, dans les raisons pour lesquelles les personnes ne consomment pas ou moins de viande (d'après le Sondage Mediaprism pour Good Planet). Cependant, ces évolutions récentes restent encore marginales et l'approche anthropocentrée est encore celle qui domine en Occident.

L'attitude spécifique envers un animal peut également évoluer dans le temps. Même si George et ses collègues (2016) ont constaté que les attitudes moyennes des hommes envers une espèce animale étaient relativement constantes sur le court terme (de 1978 à 2014, soit 36 ans), quelques espèces comme le loup (voir aussi Kellert et al., 1996), le rat ou le coyote ont connu une amélioration de l'attitude des Américains à leur égard sur cette période. Sur du plus long terme, les perceptions de certains animaux peuvent évoluer de façon favorable ou non. Ainsi, l'image du pigeon s'est dégradé dans le monde occidental au cours du XXème siècle (Jerolmack, 2008 ; Skandrani et al., 2014). Au contraire, le hérisson qui était mal vu notamment en France au début du XXème siècle est devenu un animal très apprécié aujourd'hui (Burgaud, 1996). Ainsi, les perceptions et attitudes envers les animaux ne sont ni constantes, ni universelles.

3. Les différentes attitudes vis-à-vis des animaux : l'échelle de Kellert et Berry

Au début des années 1980, Kellert et Berry ont mis au point une échelle des attitudes à l'égard des animaux (voir Tableau 2). Ils en distinguent neuf principales qui sont : la naturaliste,

l'écologiste, l'humaniste, la moraliste, la scientifique, l'esthétique, l'utilitariste, la dominioniste et la négativiste/neutraliste.

Attitude	Description	% population américaine
Naturaliste	Premier intérêt et affection pour la vie sauvage et l'extérieur	10%
Écologiste	Première préoccupation pour l'environnement en tant que système et pour les inter-relations entre les espèces de la vie sauvage et les habitats naturels	7%
Humaniste	Principal intérêt et forte affection pour un individu animal, principalement pour les animaux de compagnie et les grands mammifères	35%
Moraliste	Première préoccupation pour les bons et les mauvais traitements des animaux, avec une forte opposition à l'exploitation ou à la cruauté envers les animaux	20%
Scientifique	Premier intérêt dans les attributs physiques et le fonctionnement biologique des animaux	1%
Esthétique	Premier intérêt dans les caractéristiques artistiques et symboliques des animaux	15%
Utilitariste	Première préoccupation pour la valeur pratique et matérielle des animaux ou de leur habitat	20%
Dominioniste	Premier intérêt dans la maîtrise et le contrôle des animaux typiquement dans les situations sportives	3%
Négativiste/Neutraliste	Évitement passif ou actif des animaux dû à de l'indifférence, de l'antipathie ou de la peur	37%

Tableau 2 : Échelle originale des attitudes de Kellert et Berry avec leurs prévalences estimées dans la population américaine. D'après Kellert & Berry, 1980.

Ils ont également évalué quelle était leur prévalence estimée dans la population américaine c'est-à-dire quels sont les pourcentages des attitudes dominantes dans la population. Les attitudes envers les animaux les plus courantes étaient : la négativiste/neutraliste (37%), l'humaniste (35%), la moraliste (20%) et l'utilitariste (20% ; Kellert & Berry, 1980). Les attitudes peuvent varier en fonction de la culture ; par exemple, les étudiants turcs ont des

attitudes scientifique et naturaliste plus positives vis à vis des serpents que les étudiants slovaques (Prokop et al., 2009). Concernant l'attitude utilitariste qui sera celle qui nous intéressera le plus ici, Kellert (1984a) a constaté que les personnes qui ont le plus une attitude utilitariste sont les fermiers, les chasseurs, les pêcheurs, les plus âgés et les moins utilitaristes sont les jeunes, les personnes en faveur de la protection de l'environnement ou de la vie sauvage, les gens ayant fait des études et les personnes seules. De plus, les adultes sont plus utilitaristes que les enfants, les garçons plus que les filles, et les urbains plus que les ruraux (Kellert, 1984b).

4. L'utilité des animaux pour les êtres humains : des services aux nuisances

Comme nous l'avons vu l'utilité des animaux, avec l'affect, sont les deux plus importants déterminants dans les attitudes humaines vis-à-vis des animaux selon Serpell (Serpell, 2004). Lorsque des personnes estiment l'utilité d'une espèce animale, celle-ci est positivement corrélée à l'appréciation de cette espèce, mais aussi à leur importance estimée, à leur intelligence estimée et à leur innocuité estimée (Driscoll, 1995). Certaines personnes sont plus susceptibles d'accepter l'utilisation des animaux : plus une personne croit en l'esprit animal, plus son attitude envers l'utilisation des animaux est négative (Knight et al., 2004) ; les hommes et les non-végétariens sont plus favorables à l'utilisation des animaux que les femmes et les végétariens (Knight et al., 2004). Mais d'autres facteurs peuvent agir sur les attitudes à l'égard de l'utilisation des animaux, comme le traitement cognitif, les caractéristiques des espèces d'animaux utilisés et le type d'utilisation des animaux (Knight et al., 2003). Certains auteurs ont mis en place une échelle des attitudes envers le traitement des animaux et ont constaté que trois catégories se distinguaient : celle des « animaux de compagnie » qui obtiennent les meilleurs scores (les plus pro-animal), suivie de celle des « animaux utiles » et enfin celle des

« animaux nuisibles » (Taylor & Signal, 2009). Ceci indique que l'utilité des animaux pour les hommes conditionnent comment ils seront traités.

Un concept qui est en accord avec l'attitude utilitariste des animaux et qui s'est beaucoup développé ces dernières années est celui des services écosystémiques. Dès 1970, ce concept est apparu dans des textes académiques (SCEP, 1970). Il a ensuite été démocratisé parmi les écologues lors de l'Évaluation des Écosystèmes pour le Millénaire en 2005. Les services écosystémiques y ont été définis comme « les bénéfices que les humains tirent des écosystèmes » (Millenium Ecosystem Assessment, 2005). L'écosystème, quant à lui, y est défini comme « un complexe dynamique composé de plantes, d'animaux, de micro-organismes et de la nature morte environnante agissant en interaction en tant qu'unité fonctionnelle » (Millenium Ecosystem Assessment, 2005). Les services écosystémiques y ont été divisés en quatre catégories qui sont : les services de prélèvement (ou de production), les services de régulation, les services culturels et les services d'auto-entretien (ou de support) (Millenium Ecosystem Assessment, 2005). Des exemples de services de prélèvement sont les jardins privés au Vall Fosca, dans les Pyrénées Catalans en Espagne, qui fournissent de la nourriture de qualité, du fourrage, des engrais naturels ou encore des plantes médicinales (Calvet-Mir et al., 2012). Un cas de service de régulation est l'équarrissage de carcasses d'animaux d'élevage dans les Cévennes par les vautours fauves (Sarrazin, 2013). En effet, en mangeant les carcasses des animaux morts, les vautours permettent de réguler ce type de déchets. De plus, ils permettent de faire moins souvent appel à des entreprises ce qui aide à faire des économies financières et à relâcher moins de CO₂ dans l'atmosphère (Dupont et al. 2011, 2012). Un exemple de service écosystémique culturel est l'écotourisme. Par exemple, en Polynésie française, au large de l'île de Moorea, des touristes viennent voir les requins-citrons faucilles (Clua & Pascal, 2014). Un

cas de service d'auto-entretien est la formation des sols dans les cultures arables conventionnelles et biologiques en Nouvelle-Zélande grâce en partie aux 12 à 244 vers de terre présents par m² (Sandhu et al., 2010).

Cependant, les écosystèmes peuvent être aussi la source de mauvais services (disservices en anglais) c'est-à-dire de nuisances comme par exemple, les maladies (comme le virus d'Ebola qui peut être transmis par certaines chauves-souris frugivores ; Leroy et al., 2005), les morsures de serpents (Dunn, 2010), les allergies (notamment dues aux pollens des arbres) ou les piqûres d'insectes (Carinanos et al., 2017). Lyytimäki et Sipilä (2009) définissent les mauvais services comme des « fonctions d'écosystèmes perçues comme étant négatives pour le bien-être humain. ». On retrouve ces mauvais services aussi dans le milieu urbain où les éléments de nature qui y sont présents peuvent aussi bien rendre des services aux citoyens qu'entraîner des désagréments (Lyytimäki et al., 2008). Par exemple, des dommages aux structures peuvent être causés par décomposition du bois par activité microbienne, les excréments d'oiseaux peuvent accélérer la corrosion, les racines des arbres endommager les trottoirs ou les animaux creuser des trous pour la nidification (Petersen et al., 2007). D'après une revue de Von Döhren et Haase (2015), les mauvais services urbains touchent principalement l'écologie (c'est-à-dire les structures, les fonctionnements et/ou services écosystémiques), suivie par l'économie (les structures et les processus (socio-)économiques), la santé humaine et la psychologie (comme la création de sentiments négatifs tels que l'anxiété et l'inconfort chez certaines personnes). Il y aurait donc des éléments de nature qui seraient désirables et d'autres indésirables pour l'homme notamment dans le milieu urbain qui est pensé pour lui et par lui.

5. Le milieu urbain : un écosystème particulier

Le milieu urbain est un écosystème particulier et nouveau qui présente des caractéristiques spécifiques en matière de biodiversité (Kowarik, 2011). Certaines espèces animales y sont plus abondantes qu'en milieu rural comme le merle noir, la pie bavarde ou le faucon pèlerin (Luniak, 2004). De nombreuses contraintes s'exercent sur la faune qui y vit tels que la présence de bâtiments, de systèmes souterrains de tuyaux et de câbles, de système de communication, d'industries et des citadins (Trojan, 1981). Les espèces qui ont colonisé les villes présentent donc certaines caractéristiques que n'ont pas les espèces qui leurs sont le plus apparentées et uniquement rurales : ces traits phénotypiques sont de fortes capacités de dispersion et d'innovation, un bon système immunitaire, une forte fécondité annuelle, un fort taux de survie adulte, une large aire de reproduction et une grande taille de population (Møller, 2009). Dans le milieu urbain, les oiseaux ont par exemple accès à plus de nourriture qu'ailleurs mais généralement de moins bonne qualité (Shochat et al., 2010). Cette abondance de nourriture et la présence de peu de prédateurs font qu'ils sont en densité plus élevée que dans les autres milieux (Shochat et al., 2010). Cependant, du fait qu'il y ait peu d'habitats et de l'exclusion compétitive, la diversité en espèce d'oiseaux y est relativement faible et certaines espèces dominant les autres (Shochat et al., 2010).

Pour l'Institut National de la Statistique et des Études Économiques (INSEE), l'unité urbaine est définie par rapport à la continuité du bâti et du nombre d'habitants : « on appelle unité urbaine une commune ou un ensemble de communes présentant une zone de bâti continu (pas de coupure de plus de 200 mètres entre deux constructions) qui compte au moins 2 000 habitants. ». Cette définition du milieu urbain n'est pas universelle : elle varie selon les pays et peut évoluer dans le temps.

La relation entre les citadins et la nature est multiple et complexe. Certains aspects de la nature ont tendance à être appréciés par les citadins, d'autres peuvent être détestés. Concernant les animaux vivant en ville, par exemple, les citadins (de Norvège) aiment plus les animaux sauvages tels que les petits oiseaux, les écureuils, les hérissons, les papillons, les canards et les oies mais aussi des animaux domestiques comme les chiens. Ce qui fait de ces animaux une faune désirable. Au contraire, la faune indésirable pour les Norvégiens se constitue de petits animaux de la faune spontanée tels que les chauves-souris, les escargots, les espèces d'invertébrés, les souris et les rats (Bjerke & Østdahl, 2004) qui sont des animaux qui suscitent souvent la peur et le dégoût (Bennett-Levy & Marteau, 1984 ; Davey, 1998). D'autres sont moyennement appréciés comme des animaux de la faune spontanée comme les renards, les blaireaux, les oiseaux de proie, les pies, les corneilles, les mouettes, les sauterelles et les bourdons ou des espèces férales comme les chats (qui peuvent être aussi domestiques) et les pigeons (Bjerke & Østdahl, 2004). La faune férale correspond à des animaux qui étaient avant domestiqués et qui sont redevenus sauvages. La faune spontanée ou sauvage se caractérise par des animaux dont les populations se développent spontanément sans l'intervention de l'homme. Les animaux domestiques, quant à eux, sont élevés par l'homme.

Dans certaines villes, les citadins ont un lien privilégié avec la nature (du moins avec une partie) : par exemple, à Seattle et Berlin, environ 50% des gens nourrissent et observent les oiseaux quotidiennement (Clucas et al., 2011). D'autres n'ont pas ce contact direct, à Trondheim en Norvège, l'activité en rapport avec la nature la plus pratiquée est le fait de regarder des programmes sur la nature à la télévision (activité pratiquée par près de 60% des citadins), loin devant l'observation des oiseaux par 41% des gens interrogés (Bjerke & Østdahl, 2004). La nature en ville rend des services mais peut aussi être source de désagréments pour ces habitants

(Lyytimäki et al., 2008). Les espèces qui posent le plus de problèmes en ville sont, en Norvège, les chats, les chiens et les mouettes (Bjerke & Østdahl, 2004). Concernant les chats, les problèmes qu'ils causent qui sont souvent cités sont les odeurs fortes, les excréments, les vocalisations nocturnes, la mise à mort d'oiseaux et les zoonoses (Clarke & Pacin, 2002 ; Gunther & Terkel, 2002). En Bretagne, dans les années 1990, les oiseaux qui posent le plus de problèmes sont les pigeons, les étourneaux, les goélands et les corvidés ; les plaintes sont dans 43% des cas liées aux salissures, 36% des cas liées au bruit et 21% des cas des préoccupations de santé (Clergeau et al., 1996). A Chicago, les problèmes liés aux oiseaux en ville sont sensiblement les mêmes puisque ce qui dérange le plus ce sont les fientes et les nids sur les maisons (Belaire et al., 2015). Les problèmes causés par cette faune urbaine nécessitent qu'elle soit gérée, souvent par les municipalités. Ainsi, pour lutter contre les désagréments causés par les pigeons certaines municipalités comme celle de Paris ou Fontenay-sous-Bois ont mis en place des pigeonnières contraceptifs (Figure 1). Dans ce type de pigeonnière, la première ponte des oiseaux est laissée intacte, mais les suivantes sont rendues stériles (par secousses manuelles des œufs). Ils ont donc pour buts de limiter le nombre de pigeons en ville et de les regrouper dans un endroit voulu où ils dérangent peu les riverains comme dans un parc (Contassot, 2007).



Figure 1 : Photographie du pigeonnier contraceptif rue Gabriel Lacassagne à Fontenay-sous-Bois

Malgré ces problèmes pouvant être posés par la présence d'éléments de nature en ville, de nombreux citoyens sont conscients de l'importance d'avoir une biodiversité importante auprès d'eux. En Allemagne, des personnes interviewées dans un parc ont considéré la biodiversité en général comme étant très précieuse (Voigt & Wurster, 2014). A Paris, les personnes interrogées dans des jardins publics ont exprimé une forte préférence pour une diversité riche en espèces (à l'exclusion des insectes) et ont associé cette diversité à leur bien-être subjectif dans les jardins (Shwartz et al., 2014). Mais cette biodiversité qui est valorisée semble être choisie car certaines espèces en sont exclues (comme les insectes dans l'exemple précédent). Les citoyens aiment aussi la biodiversité mise en scène comme les arbres d'alignement. Aux États-Unis, les rues commerçantes sont préférées avec des arbres et de la végétation que ce soit pour les acheteurs ou bien les vendeurs, ces deux catégories de personnes y associent plus de bénéfices que d'inconvénients (Wolf, 2004). A Chicago, les habitants reconnaissent l'existence des services rendus par les oiseaux en ville (Belaire et al., 2015).

Cependant, même si les citoyens reconnaissent l'importance d'une certaine biodiversité en ville, celle-ci est mal connue et évaluée. Dans l'exemple précédent de Chicago, la reconnaissance des services est positivement corrélée à la biodiversité perçue mais non la biodiversité réelle (Belaire et al., 2015). Ainsi, plus les citoyens estiment qu'il y a de nombreuses espèces d'oiseaux dans leur ville, plus ils reconnaissent l'existence des nombreux services écosystémiques que ces espèces rendent. A l'inverse, la richesse spécifique aviaire réelle n'est liée qu'à la reconnaissance de deux services (sur les 11 étudiés) : le plaisir des yeux et le fait de faire partie de l'écosystème. A Paris, les personnes interrogées ont sous-estimé la richesse en espèces et ont seulement remarqué les changements dans la richesse en fleurs indigènes dans les jardins où les personnes avaient été informées de l'augmentation de la biodiversité en espèces et où la participation du public avait été organisée (Shwartz et al., 2014). Enfin, dans l'exemple de l'Allemagne, peu de personnes ont pu citer des structures et d'espèces spécifiques (Voigt & Wurster, 2014).

Parmi les espèces animales présentes en ville, certaines se développent sans l'aide de l'homme, ce sont les espèces de la faune urbaine spontanée. Nous définissons donc la faune urbaine spontanée, comme les animaux vivant en zone urbaine et qui se développent spontanément c'est-à-dire sans intervention humaine. Ces espèces sont donc susceptibles d'être considérées comme n'étant pas à leur place en ville et pouvant poser des problèmes aux citoyens.

Problématique de la thèse :

Nous l'avons vu, les attitudes qu'ont les êtres humains envers les espèces animales dépendent de très nombreux facteurs. L'utilité que prête une personne à une espèce fait partie

de ces facteurs qui affectent l'attitude envers l'espèce. L'attitude utilitariste était parmi les plus courantes aux États-Unis dans les années 1980 avec 20% de la population qui avait cette attitude de manière prédominante et on peut supposer qu'on est proche de ce pourcentage en Europe à l'heure actuelle. Le succès du concept de service écosystémique (du moins auprès des écologues) au cours de ces dernières années tend à prouver que l'utilitarisme est très présent dans le monde occidental encore à l'heure actuelle. Driscoll a remarqué que l'utilité estimée d'une espèce était notamment corrélée positivement à son appréciation : plus une espèce est jugée utile, plus elle est appréciée (Driscoll, 1995). A partir de ce constat, on peut penser qu'augmenter l'utilité estimée d'une espèce pourrait la rendre plus appréciable. Ainsi, nous pouvons supposer que si nous informons un public sur des services écosystémiques rendus par une espèce animale, cette espèce pourrait être perçue plus positivement par ce public. Ce qui nous amène à la problématique principale de cette thèse : **l'apport d'informations sur des services écosystémiques rendus par une espèce de la faune urbaine spontanée peut-elle changer la perception de cette espèce par les usagers de la ville ?**

Objectifs de la thèse :

Afin de répondre à cette question, nous allons tout d'abord chercher à savoir comment plusieurs espèces sont perçues et appréciées par les personnes présentes à Paris à l'aide d'un questionnaire (Chapitre 1). Dans ce contexte, je me suis intéressée à trois espèces qui font partie de la faune urbaine spontanée et que l'on trouve à Paris : le pigeon biset (*Columba livia*), le rat surmulot (*Rattus norvegicus*) et le hérisson d'Europe (*Erinaceus europaeus*). Nous avons choisi d'étudier ces espèces car elles sont toutes les trois très présentes en ville mais ne sont pas toutes *a priori* autant appréciées les unes que les autres. Puis, nous nous focaliserons sur le pigeon, en étudiant un service écosystémique qu'il pourrait rendre dans le milieu urbain, la fertilisation de

culture grâce à ses fientes (Chapitre 2). Enfin, nous informerons des personnes de l'existence de ce service écosystémique et d'un second, la séquestration de métaux traces dans leurs plumes, et nous verrons si cela impacte positivement la perception du pigeon pour ces personnes (Chapitre 3). Avant de rentrer dans les différents chapitres, je commencerai par présenter les espèces étudiées et les méthodologies utilisées.

Matériel et méthode général

Modèles d'études

Le pigeon



Figure 2 : Photographie d'un pigeon biset (*Columba livia*) en milieu urbain.

Le pigeon biset (*Columba livia*) présenté en Figure 2 est l'oiseau urbain le plus commun à travers le monde (Aronson et al., 2014). Il pèse environ 350 g à l'âge adulte (Johnston & Johnson, 1989) et il est granivore, mais il peut manger quelques insectes et mollusques et, bien sûr, des restes de nourriture (pain, gâteaux, poubelle... ; Johnston & Janiga, 1995) trouvés en ville, ce qui a permis son développement en nombre dans ce milieu. Il est monogame et reste avec le même partenaire tout au long de sa vie (Johnston & Janiga, 1995). Il est sexuellement mature à 11 ou 12 semaines (Kigir et al., 2010). Il pond généralement deux œufs par couvée et peut se reproduire tout au long de l'année mais la majorité de sa reproduction s'effectue au printemps, en été et au début de l'automne dans l'hémisphère nord (Johnston & Janiga, 1995). L'espérance de vie du pigeon excède rarement trois ans (Haag, 1990 ; Johnston & Janiga, 1995).

L'histoire de la relation du pigeon avec l'homme commence dès l'Antiquité où le pigeon était d'abord associé aux divinités (Skandrani et al., 2014) et par sa domestication pour sa viande, puis pour ses fientes en tant qu'engrais (Jerolmack, 2007 ; Skandrani et al., 2014). Il a ensuite servi de messenger ce qui a conduit à son expansion géographique (Jerolmack, 2007). Enfin, plus récemment, il est utilisé dans des courses, pour faire des acrobaties aériennes ou pour des raisons esthétiques (Jerolmack, 2007). Il a été symbole de fidélité, amour et paix (Jerolmack, 2007). Que ce soit aux États-Unis ou en Europe, l'image de cet oiseau s'est dégradée au cours du XXème siècle (Jerolmack, 2008 ; Skandrani et al., 2014). D'après la presse américaine (notamment le *New York Times*), les pigeons sont devenus une nuisance dans les années 1930 et 1940 ; à partir des années 1950, il est vu comme une menace sanitaire et petit à petit, il devient "un rat avec des ailes" (Jerolmack, 2008). Son image s'est donc rapidement dégradée au cours du dernier siècle, à mesure qu'il perdait de son utilité pour les hommes. On peut donc supposer que son image peut encore évoluer et s'améliorer si les citoyens sont convaincus de leur utilité. Le fait que les pigeons soient vus actuellement plutôt comme une nuisance est dû à une dynamique complexe qui prend en compte l'écologie de l'animal et son comportement (leur abondance et leur façon de se nourrir en ville) mais aussi ses interactions avec les êtres humains (Skandrani et al., 2014). Cependant, le nombre de personnes qui ont réellement eu des problèmes avec les pigeons restent plutôt faible, du moins en Norvège, avec 8% des personnes concernées (Bjerke & Østdahl, 2004). Les pigeons sont considérés comme n'étant pas à leur place en ville (Skandrani et al., 2014). A Paris, il a été noté qu'en moyenne 81% des personnes n'interagissent pas avec les pigeons ; les interactions (positives ou négatives) dépendent du contexte et de l'âge : les enfants interagissent davantage que les adultes et les personnes âgées avec les pigeons, tandis que les touristes interagissent plus avec les pigeons que les autres personnes (Skandrani et al., 2015). Il existe aussi d'autres personnes qui interagissent avec les pigeons régulièrement et qui les apprécient beaucoup, ce sont les

nourrisseurs réguliers. A Paris, contrairement aux idées reçues ce ne sont pas exclusivement des femmes âgées, il y a aussi des hommes et des « jeunes » et ils ne sont pas isolés socialement (Colon & Lequarré, 2013). Mais globalement, les pigeons sont moyennement appréciés, comme en Norvège, où il fait partie des espèces moyennement aimées dans la liste des espèces urbaines (Bjerke & Østdahl, 2004), ou encore aux États-Unis, où le pigeon a obtenu des scores moyens sur les échelles d'appréciation, d'importance estimée, d'intelligence estimée et d'innocuité estimée (Driscoll, 1995). En Afrique du Sud, auprès du personnel d'une université, le pigeon a été perçu plus positivement avec plus de la moitié des personnes interrogées qui avaient eu des expériences positives avec les pigeons, environ un quart qui ont une perception négative du pigeon et 21% qui sont neutres dans leur perception des pigeons (Harris et al., 2016). On peut alors se demander comment est perçu à Paris cet animal qui paraît omniprésent et qui fait partie intégrante de l'écosystème urbain et qui pour certains n'est pas encore suffisamment étudié alors qu'il pourrait permettre notamment de reconnecter les citoyens à la nature (Capoccia et al., 2018).

Le rat

Le rat est un rongeur et le mammifère le plus commun au monde (Sullivan, 2004). L'espèce qui nous intéresse, qui a pour nom scientifique *Rattus norvegicus*, a de nombreux noms en français : rat brun, rat gris, (rat) surmulot, rat d'égout, rat des villes, rat de Norvège. Il mesure 40 cm de long queue comprise et pèse environ 500 g (Sullivan, 2004). Il ne faut pas le confondre avec *Rattus rattus*, le rat noir (ou rat des champs ou rat des greniers) qui est plus petit et a été poussé hors des villes par le rat brun (Sullivan, 2004). La Figure 3 montre les différences morphologiques entre le rat noir et le rat brun. Le rat brun vit en colonie hiérarchisée. Il est omnivore (Clapperton, 2006) et opportuniste ; le choix des aliments est donc principalement

déterminé par la disponibilité (Traweger & Slotta-Bachmayr, 2005). Il atteint la maturité sexuelle au plus tard à quatre mois, puis se reproduit tous les mois (Miller, 1911). Le rat brun, en ville lorsque les conditions sont favorables, peut se reproduire tout au long de l'année et avoir cinq portées de quatre à huit petits par an (Perry 1945 ; Davis 1953). L'espérance de vie du rat est très courte ; elle est inférieure à un an (la probabilité de mourir par an est de 90% à 95% ; Davis 1953).

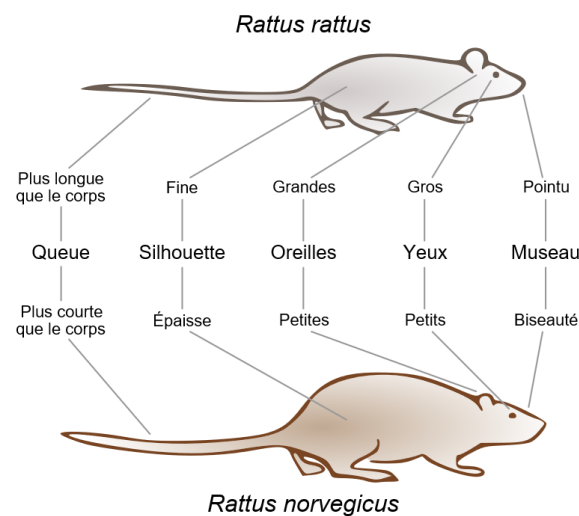


Figure 3 : Schéma indiquant les différences morphologiques entre *Rattus rattus* (le rat noir) et *Rattus norvegicus* (le rat brun). D'après Karim-Pierre Maalej traduit par Sponk (talk)

Le genre *Rattus* est apparu il y a environ trois millions d'années et s'est rapidement dispersé en Asie du sud-est (Aplin et al., 2003). Le genre a ensuite colonisé la plupart des habitats et tous les continents sauf l'Antarctique (Lund, 1994). Au XIX^{ème} siècle, les rats sont déjà associés à tous les maux : la perte économique (Burt, 2006), la crasse, la saleté, le mal, le vice, la maladie... et sont considérés comme de la vermine (Fissell, 1999). A la fin du XIX^{ème} siècle, le bacille de la peste a été découvert par le Dr. Yersin qui a affirmé que le rat était probablement le principal vecteur de cette bactérie (Treille & Yersin, 1894). Dès lors le rat a été associé à la peste (Benedictow, 2011). Mais contrairement à ce qu'on pourrait croire ce n'est

pas *Rattus norvegicus* actuellement présent dans les villes d'Europe qui véhicula la peste. En effet, le rat brun n'arriva en Europe que dans les années 1500 (Puckett et al., 2016) alors que le plus grand épisode de peste appelé la « peste noire » eut lieu en 1348 à Paris (Gottfried, 2010). C'est le rat noir (*Rattus rattus*), qui est arrivé bien plus tôt (lors de l'Antiquité), qui a été le vecteur de cette maladie (McCormick, 2003). L'expansion en Europe de *Rattus norvegicus*, qui porte rarement la puce qui véhicule la peste, a même permis avec l'amélioration de l'hygiène au cours de la période post-médiévale, le déclin de l'épidémie de peste en Europe occidentale (Panagiotakopulu, 2004). Un autre problème que pose le rat est celui des morsures, mais celles-ci restent plutôt rares : 10 morsures pour 100 000 habitants par an aux États-Unis dans les années 1960 (Clinton, 1969).

Le rat est parmi les animaux les moins aimés. Aux États-Unis dans les années 1980, il est détesté comme les cafards, les moustiques et les guêpes (Kellert, 1984a). Le rat est le deuxième animal après la couleuvre sur une liste de 30 animaux à susciter le plus de peur et d'évitement (devant la méduse, l'araignée et l'abeille ; Merckelbach et al., 1987). Sur les échelles d'appréciation, d'importance estimée, d'intelligence estimée et d'innocuité estimée, il obtient des scores faibles (Driscoll, 1995). Dans les espèces urbaines, il est l'espèce la moins appréciée en Norvège (Bjerke & Østdahl, 2004). Au Royaume-Uni auprès d'étudiants en science des années 2000, les rats ont une appréciation de 3,7/10 mais ils sont plus aimés que les vers de terre, les araignées, les abeilles ou encore les méduses (Batt, 2009). Les rats sont plus appréciés par les jeunes, mais pas par les personnes ayant fait le plus d'études comme c'est le cas pour de nombreuses espèces (Bjerke & Østdahl, 2004). Même si le rat est vu négativement par la plupart des gens, il semble bénéficier d'une évolution plutôt favorable. Ainsi, une étude a montré que la plupart des espèces animales sont appréciées de façon constante, mais ce n'est pas le cas du rat qui est plus aimé en moyenne en 2014 qu'en 1978 aux États-Unis (George et al., 2016). On peut se demander comment cet animal très présent à Paris mais moins visible que le pigeon du

fait de sa vie nocturne est perçu dans cette ville, notamment après ces dernières années où il semble avoir envahi plusieurs lieux comme certains squares de la capitale ou encore le Champs-de-Mars.

Le hérisson

Le hérisson d'Europe est un petit mammifère nocturne, protégé en France depuis 1981 (Arrêté du 17 avril 1981). Un hérisson adulte pèse en moyenne 600 g et possède 5000 épines (Morris, 2015). Il mange principalement des scarabées, des chenilles, des vers de terre et des œufs d'oiseaux mais il peut aussi manger de petits mammifères, des limaces, des escargots, des mille-pattes, des perce-oreilles, des abeilles et des petits oiseaux (Morris, 2015). Le hérisson hiberne pendant l'hiver (Morris, 2015). Il devient sexuellement mature lors de sa deuxième année de vie et peut se reproduire chaque année jusqu'à sa mort (Morris, 2015). Le hérisson se reproduit d'avril à septembre et la portée comprend généralement quatre à cinq petits (Morris, 2015). Une fois qu'un jeune a quitté sa mère, son espérance de vie moyenne est de deux ans (Morris, 2015). En milieu rural, la distribution des hérissons est corrélée avec la disponibilité potentielle en proies et les mâles ont des domaines vitaux bien plus grands que ceux des femelles (respectivement 56 hectares contre 16 en moyenne ; Haigh, 2011). Cependant, les hérissons d'Europe sont plus présents en ville qu'en milieu rural ; ceci peut s'expliquer par la disponibilité supplémentaire en nourriture (pour animaux domestiques) mais aussi par les températures plus élevées (Hubert et al., 2011). Les hérissons sont souvent victimes du trafic routier (surtout les jeunes et les mâles ; Haigh, 2011) ; une étude réalisée dans les années 1990 aux Pays-Bas indique que le trafic routier pourrait réduire de 30% les populations de hérissons (Huijser & Bergers, 2000).

Le premier hérisson est probablement apparu il y a quinze millions d'années (Morris, 2015). Au Moyen-Age, des vertus médicinales étaient prêtées à la consommation de hérisson telles que le soulagement de problèmes gastriques ou urinaires, la lutte contre la perte de cheveux ou l'amélioration de la vision nocturne (Morris, 2015). A cette époque, il est symbole d'avarice et de surnoiserie dans la religion (Burgaud, 1996). Plus récemment, à partir du XIXème siècle, le hérisson a été consommé pour sa chair par les Tziganes (Reyniers, 1988). En Nouvelle Zélande où il a été importé au XIXème siècle (Morris, 2015), le hérisson d'Europe mange de manière importante deux espèces ravageuses de pâturages, un coléoptère (*Costelytra zealandica* dont le hérisson peut manger 10 à 40% de la population) et un papillon de nuit (*Wiseana cervinata* ; Campbell, 1973). En Europe aussi, dans son aire d'origine, il consomme des espèces nuisibles pour les cultures comme certaines limaces (Haigh, 2011 ; Hommay et al., 1998 ; Schley & Bees, 2003 ; Clemente et al., 2010).

Alors que le hérisson a longtemps souffert d'une image négative, il est vu plus positivement aujourd'hui, il suscite ainsi la sympathie, notamment auprès des citadins (Burgaud, 1996). L'intérêt du public pour cet animal est important, ainsi en 1982, un film diffusé par la BBC « The great hedgehog mystery » a été vu par plus de 12 millions de personnes, ce qui représentait près d'un quart des téléspectateurs du pays (Morris, 2015). Par exemple, en Norvège, le hérisson est parmi les animaux les plus aimés dans la liste des espèces urbaines (Bjerke & Østdahl, 2004). Une autre preuve du succès du hérisson est le nombre de membres faisant partie de la « British Hedgehog Preservation Society » qui était de 11 000 en 2012 (Morris, 2015). On peut se demander ce qu'il en est à Paris où cet animal est peu visible (car nocturne, discret et présent seulement dans des milieux ouverts comme les jardins) mais qui se trouve néanmoins dans certains parcs tels que le Jardin du Luxembourg et le Parc des Buttes Chaumont.

Méthodologies

1. Composition du questionnaire et déroulement de l'enquête

Deux cents questionnaires ont été remplis à Paris *intra muros* entre mai 2017 et mars 2018. Lors de cette première saison, les questions portaient sur le pigeon, le rat et le hérisson. Les personnes interrogées étaient toutes volontaires et majeures. Elles ont été rencontrées dans divers lieux de la capitale, tels que les parcs et squares publics, les gares, les lieux touristiques, les jardins partagés, les cimetières et une médiathèque. Nous avons choisi ces lieux car ils nous permettaient de contacter de nombreuses personnes de divers horizons. Les questions étaient lues aux répondants et retranscrites sur papier par deux personnes : moi-même (164 questionnaires) et mon stagiaire de master 1 de géographie, Mathieu Garcia (36 questionnaires). Le questionnaire (Annexe 1) était divisé en huit parties : le contexte du questionnaire, les observations des animaux, les perceptions, les services, les désagréments et nuisances, les pratiques (cette partie a été ajoutée en octobre 2017), les connaissances et les questions personnelles. Le contexte du questionnaire comprend la date ou encore le lieu où a été fait le questionnaire. Les observations des animaux incluent comme questions « Est-ce que vous voyez ces animaux souvent, parfois, rarement ou jamais ? » et « Combien d'individus voyez-vous en général ? Un seul, un petit groupe ou un grand groupe. ». Dans la partie sur les perceptions, nous demandons aux répondants de donner une appréciation pour chacun des trois animaux avec une note allant de 0 pour pas du tout apprécié à 10 pour énormément apprécié ; on demande également de donner trois qualificatifs pour désigner chacun des trois animaux. Dans la partie sur les services, on demande une note entre 0 et 10 pour estimer l'utilité pour l'homme de chaque animal et aussi de dire en quoi ces animaux peuvent être utiles à l'homme. Dans la partie suivante, on demande, par exemple, quels désagréments et nuisances engendrent les trois animaux. Dans la partie sur les pratiques, on demande si les répondants ont déjà nourri

ces animaux et si oui, avec quoi ou encore s'ils ont utilisé des dispositifs contre ces animaux. Dans la partie sur les connaissances, on interroge les personnes pour savoir si elles connaissent plusieurs espèces de pigeons, rats et hérissons, et s'ils savent les reconnaître à partir de photos. Enfin, dans les questions personnelles, il y a le genre, la tranche d'âge, le niveau d'études ou encore le domaine de travail de la personne interrogée. J'ai fait des nuages de mots avec les réponses des questions ouvertes (où plus un mot est cité, plus il apparaît gros proportionnellement aux autres). J'ai également étudié quels facteurs influençaient l'appréciation des animaux allant de 0 à 10.

2. Test de l'effet fertilisant du guano de pigeons sur différentes espèces cultivées en ville

En parallèle, au printemps 2017, des plants de tomates cerises ont été cultivés dans des sacs de plantation (deux plants par sac) sur les toits d'une usine de traitement des eaux désaffectée en banlieue parisienne, à Ivry-sur-Seine. La moitié des plants (29) ont été fertilisés avec des fientes de pigeons, aussi appelé guano de pigeons. Celles-ci avaient été récoltées par l'association Espaces dans des pigeonnières à Clamart et Courbevoie, puis avait été stérilisées en passant par l'autoclave et réduites en poudre. Sur des plants d'environ deux mois (visibles sur la Figure 4), environ 15 g de guano dilués dans 1,5L d'eau ont été ajoutés à chacun des 15 sacs du traitement « guano » et 1,5 L d'eau seule aux 15 sacs du traitement « contrôle ». Dans les semaines qui ont suivies, les plants ont été mesurés, les fleurs et les fruits sur les plants ont été comptés. Lors de la récolte des fruits mûrs de juillet à novembre, les fruits par plant ont été comptés, le poids total des fruits par plant a été noté et le poids moyen d'un fruit par plant a été calculé avec les deux précédentes mesures. J'ai ensuite comparé toutes ces mesures entre les deux traitements pour voir si le guano de pigeons urbains est un bon engrais pour les tomates

cerises cultivées dans le cadre de l'agriculture urbaine. Le même genre d'expérience a été réalisé l'année suivante, en 2018, avec d'autres légumes : les courgettes, les mâches et les radis.



Figure 4 : Photographie du site de culture sur les toits d'une ancienne usine de traitement des eaux à Ivry-sur-Seine (France). Cette photographie a été prise le jour où les plants de tomates cerises ont été plantés dans les sacs de plantation et où le guano a été ajouté sur la moitié des plants (le 1er juin 2017).

Le guano de pigeon contient des traces de métaux qui peuvent être transmises aux légumes et donc consommées. Or, ces métaux traces peuvent être néfastes pour la santé humaine quand elles sont présentes en trop grande quantité. C'est pourquoi, nous avons mesuré les concentrations en métaux traces dans les différents légumes cultivés avec ou sans guano de pigeons (ainsi que dans la terre et le guano utilisés) afin de vérifier que ce fertilisant ne représente pas de risque supplémentaire pour la santé humaine.

3. Confrontation des usagers de la ville avec les services rendus par les pigeons

Deux cents nouveaux questionnaires ont été remplis lors d'une seconde saison, entre juin 2018 et mai 2019. Le questionnaire comprenait les mêmes questions que lors de la première saison, mais cependant, cette fois-ci, les questions ne concernaient que le pigeon. Les personnes ont été interrogées dans les mêmes lieux que la première saison et dans les mêmes conditions.

Les personnes qui ont fait remplir les questionnaires étaient moi-même (160 questionnaires) et une stagiaire de master 1 de géographie que j'encadrais, Isaure Voedts (40 questionnaires). Pour environ les trois quarts des questionnaires, un flyer (en version anglaise en Figure 1 de l'article du chapitre 3) était présenté aux personnes interrogées avant de répondre à la partie sur les perceptions. Le flyer présentait deux services écosystémiques pouvant être rendus par le pigeon biset en ville : l'effet fertilisant du guano de pigeon sur les plants de tomates cerises cultivés en ville et la capture de métaux traces dans leurs plumes ce qui permet de réduire la pollution atmosphérique. Pour un quart des répondants au questionnaire le flyer n'était pas montré afin d'avoir un traitement contrôle lors de cette seconde saison. J'ai alors regardé l'appréciation et l'utilité estimée du pigeon, mais aussi les qualificatifs et les services prêtés au pigeon en fonction de la présence (lors de la seconde saison) ou de l'absence de flyer (lors des deux saisons). J'ai pu alors répondre à ma problématique principale : savoir si l'apport d'informations sur des services écosystémiques rendus par une espèce de la faune urbaine spontanée peut améliorer sa perception par les usagers de la ville.

Chapitre 1 :

Perception de la faune urbaine spontanée par les usagers de Paris

Dans ce chapitre est présenté un article que j'ai rédigé sur la perception de trois animaux de la faune urbaine spontanée de Paris : le pigeon, le rat et le hérisson.

Cet article est à soumettre dans Vertigo.

Appreciation and perception of spontaneous urban fauna by humans in a French city, Paris

Chloé Duffaut¹, Julien Gasparini¹, Florence Brondeau²,

¹ *Sorbonne Université, UPEC, Paris 7, CNRS, INRA, IRD, Institut d'Ecologie et des Sciences*

de l'Environnement de Paris, 75005, Paris, France

² *Sorbonne Université, Université Paris-Sorbonne Faculté des Lettres, ENeC Espaces, Nature*

et Culture FRE 2026, 75005, Paris, France

Corresponding author:

Chloé DUFFAUT

Institut d'Ecologie et des Sciences de l'Environnement

Sorbonne Université

Campus Pierre et Marie Curie, case 237

4 place Jussieu 75252, Paris, FRANCE

Tel: +33 (1) 44 27 42 55

Email: chloe.duffaut@upmc.fr

Abstract

In the city, human beings may come across many spontaneous animal species. These can be more or less appreciated and accepted by city dwellers. Using a questionnaire, we evaluated the appreciation and perception of pigeons (*Columba livia*), rats (*Rattus norvegicus*) and hedgehogs (*Erinaceus europaeus*) by people met in parks, train stations, touristic places, shared gardens and cemeteries in Paris (France). Two hundred people were interviewed between May 2017 and March 2018. Whereas some factors including age, gender, education level and place of investigation do not appear to be determinant to analyse the people's degree of appreciation regarding each species, there appears to be a clear hierarchy between species, especially according to their presumed utility. The rat is usually hated (with a mean appreciation of 2.2/10) whereas the hedgehog is typically loved (with a mean appreciation of 7.7/10). The case of the pigeon is more complex, as people may love it, hate it or be indifferent to it (with a mean appreciation of 4.7/10). We also found that the qualifier most associated with pigeons and rats is the word "dirty" and the one for hedgehogs is the word "cute". We believe that bringing information to citizens about the ecosystem services provided by unappreciated urban species could improve their perception of these animals.

Keywords: pigeon; rat; hedgehog; perception, attitude, utility

Introduction

Cities are suitable environments for the spontaneous development of certain. However, the spatial proximity between human dwellers and different forms of nature (animals, plants, bacteria and fungi) may generate problems (Lyytimäki et al., 2008) and might also degrade the perception of nature itself in cities. Indeed, some species are perceived as undesirable and are quite poorly accepted by the population, such as rats that are invading many squares in Paris and whose presence can even be reported to city authorities using smartphone app called "Dans ma rue". Some websites and companies also target rats and pigeons. According to Bjerke and Østdahl (2004), others animals spontaneously living in cities are not considered very popular in Norway, including mosquitoes, mice, snails, wasps, bees, beetles and bats.

While some efforts are being made to promote biodiversity in cities, what place can be envisaged for spontaneous species, including those that seem unwanted? To answer this question, it is necessary to first depict a clear background on the perception of urban nature by dwellers and to investigate the factors that might affect this perception. Here, we first hypothesize that the individual characteristics, the species considered, the frequency of species' observation and their estimated utility may influence the appreciation of the spontaneous urban species by city dwellers. We here define utility as ecosystem services provided by urban nature. Furthermore, previous studies have shown that the estimated utility of animals has an impact on the appreciation and perception of these species (Driscoll, 1995; Serpell, 2004). For example, the history of relationships between men and pigeons has evolved according to the utility of this species in time (Jerolmack, 2007; Jerolmack, 2008) and according to the regions considered. In contrast, the possible transmission of pathogens from these animals to humans can negatively impact this perception; and the memory of the history of pathogens transmission can pass on from generation to generation. For instance, rats have been associated with the plague for a long time (Treille & Yersin, 1894) and this has significantly affected its image.

To test our hypotheses, we conducted a social approach based on a questionnaire submitted to a sample of the Parisian agglomeration population about the perception of three urban species: feral pigeons (*Columba livia*), rats (*Rattus norvegicus*) and European hedgehogs (*Erinaceus europaeus*). These species a priori differ in terms of appearance, behaviour, culture, historical relationships with humans and current perception of their utility by humans. The rat is one of the species the least appreciated by the Parisian population, as evidenced by the many complaints made by residents of particularly "infested" sites (2455 reports of rats in Paris on the application "Dans ma rue" between August 22, 2012 and April 19, 2018). The pigeon is often associated with the image of a rat with wings (Jerolmack, 2008) and its droppings are considered as a nuisance which is constantly criticized, while the image associated with various forms of utility that were attributed to pigeons have evolved in history (Jerolmack, 2007). Hedgehog is a protected species which is known to be a predator of several garden (Haigh, 2011; Hommay et al., 1998; Schley & Bees, 2003; Clemente et al., 2010).

In order to consider the city dwellers current perception with respect to these different species, we combined open and closed-ended questions as well quantitative and qualitative questions. We expected the rat to be the least popular of the three species and the hedgehog the most loved. We also expected that species appreciation would depend on the personal characteristics of respondents, the species, the frequency of observation and that it would be positively correlated with estimated utility. We guessed that the words associated with rats and pigeons would be negative and that those related to hedgehogs would be positive. This qualitative approach will allow us to complete our previous quantitative studies in order to examine the factors that affect the qualifiers (positive or negative ones) used by respondents for each of the three species.

Material and methods

To understand people's perceptions about pigeons (*Columba livia*), rats (*Rattus norvegicus*) and hedgehogs (*Erinaceus europaeus*) in Paris (France), we used a questionnaire divided in 8 parts: questionnaire's context, animals' observation, perception, services, inconveniences and nuisances, practice, knowledge about species and personal issues. We designed the questionnaire in order to determine whether the appreciation of these animals that are present in the city was influenced by the species, the frequency of observation of the given species, the utility of the animal presumed by the respondents, the respondents' gender, age, level of education and place of residence, as well as the location of the survey. In addition, to test our second hypothesis, we aimed to determine what feelings, emotions or words used by the respondents were associated with pigeons, rats and hedgehogs, what they liked or did not like about these species, what services these animals could give and what inconvenience they may cause according to them.

In practice, 200 questionnaires were performed in Paris between May 2017 and March 2018 by two researchers: Chloé Duffaut (164) and Mathieu Garcia, an internship student in geography (36). They were submitted in parks and squares, train stations, touristic places, shared gardens, cemeteries and a library (Table 1, Fig 1). We chose these places in order to find many people from various backgrounds. The train stations allowed us to include people living outside of Paris. Tourist sites are, according to the bibliography, places where pigeons are more appreciated (Skandrani et al., 2015). Inside shared gardens, we would likely find people who could be considered more sensitive to nature and more knowledgeable about spontaneous urban fauna species.

Type of places	Precise places	Number of questionnaires	Total by type
Parks and squares	Jardin des Plantes	27	92
	Parc de Choisy	24	
	Jardin du Luxembourg	15	
	Parc des Buttes Chaumont	21	
	Jardin Villemin	3	
	Square Saint-Jacques	2	
Train stations	Gare Saint-Lazare	20	34
	Gare du Nord	14	
Touristic places	Tour Eiffel - Champs de Mars	9	38
	Notre-Dame de Paris	16	
	Musée Beaubourg	13	
Shared gardens	Jardin du Ruisseau	7	12
	Jardin Baudéline	1	
	Bois Dormoy	2	
	Jardin Saint-Serge	1	
	Potager de la Lune	1	
Cemeteries	Cimetière du Père Lachaise	12	23
	Cimetière du Montparnasse	11	
Library	Library Marguerite Audoux	1	1

Table 1: Table of the number of questionnaires by place

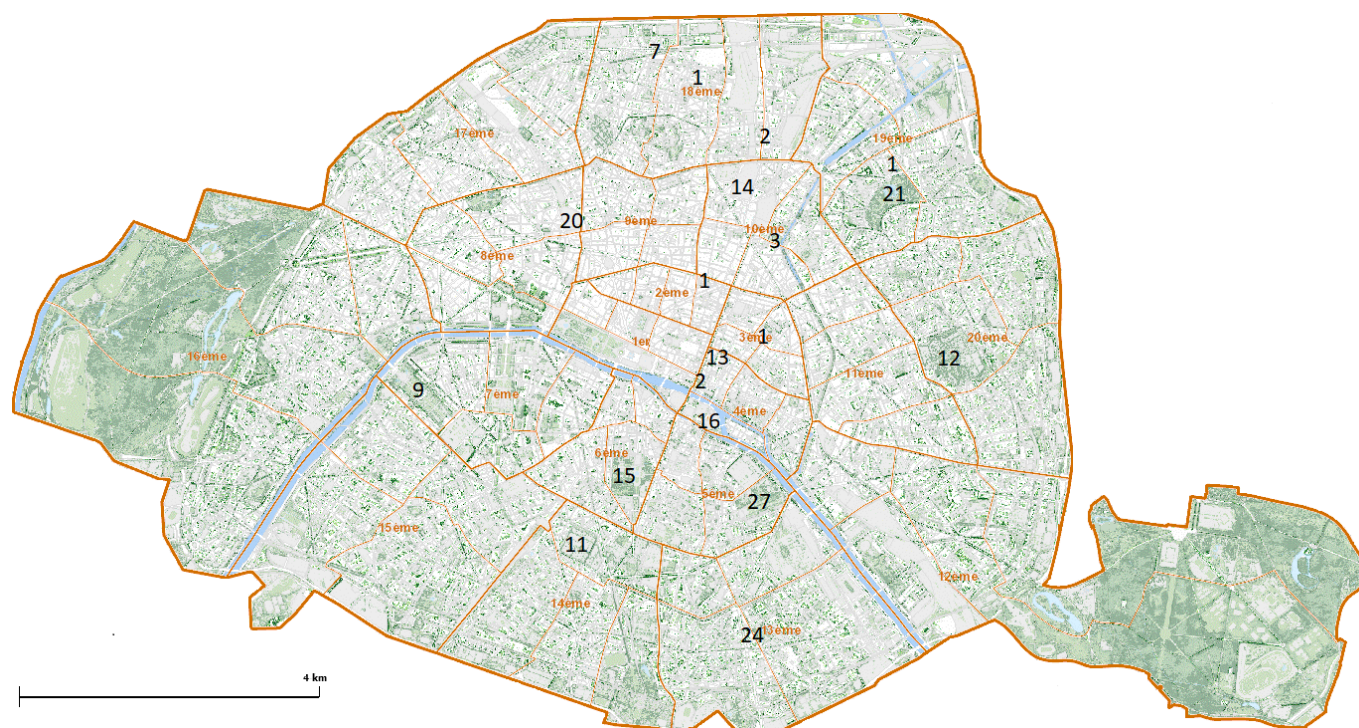


Fig 1 Map of Paris with the numbers of questionnaires in black and the borough numbers in orange. From Carto APUR.org , données environnementales:
http://carto.apur.org:8080/ibdppc_envi/client/client.jsp#

The respondents were all volunteers and the questions were read to them. Only adults were interviewed, including 100 women (14 between 18 and 24 years old, 35 between 25 and 44, 28 between 45 and 64, 23 over 65; Fig 2) and 100 men (15 between 18 and 24 years old, 35 between 25 and 44, 33 between 45 and 64, 17 over 65; Fig 2). The proportions by age group and gender are in line with those of the French population in 2018 ($\chi^2_7 = 3.3$, $P = 0.86$, INSEE). The professions of the respondents were diverse and the most represented were informatics (12 respondents) and teaching (18 respondents; Fig 3). As to the respondents' places of residence, 114 of them were from Paris, 53 from the Parisian suburbs, 23 from other French regions and 7 from another country. Thirty-one respondents had no higher education, 73 had a high school diploma to a bachelor's degree and 90 had a diploma higher than the bachelor's degree. These proportions of education levels were not in agreement with those of the French population in 2018 ($\chi^2_2 = 46.41$, $P < 0.00001$, INSEE) and of the Parisian population in 2016 ($\chi^2_1 = 5.57$, $P = 0.0183$, INSEE), as respondents had a much higher level of education than those of the French population and higher than the Parisian population.

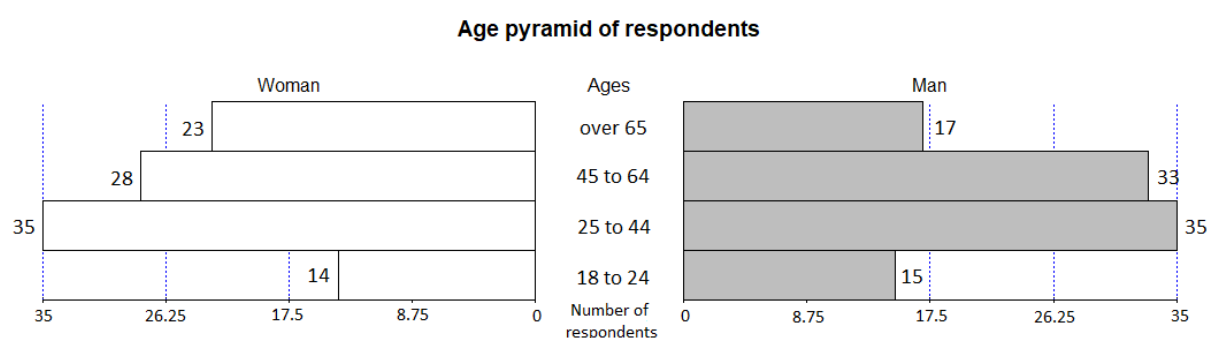


Fig 2 Age pyramid of respondents. The numbers next to the bars correspond to the numbers of people per age group.

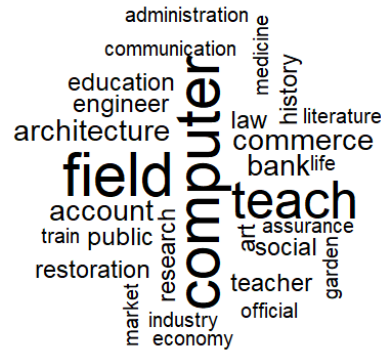


Fig 3 Word cloud with the field of work or education of the respondents. Only word mentioned at least three times appear. The forms used are verbs, common nouns and adjectives. Verbs are back to the infinitive, names are back to the singular.

The questionnaire includes both quantitative and qualitative questions. In the questionnaire's context part, we mentioned the day of week and the geographical place. In the animals' observation part, we asked for the frequency of observation of the different species. In the perception part, we asked for the appreciation of species between 0 and 10, and we requested three qualifiers as following: "Give three qualifiers to designate each animal." Finally, we asked the following questions: "What do you dislike in each animal?", "What do you like in each animal?", and "What emotion(s) and feeling(s) do you associate with these animals?". In the services part, we asked for the estimated utility of species between 0 and 10 and the following question: "How can these animals be useful for humans?". In the inconveniences and nuisances part, we asked the following question: "What inconvenience(s) and nuisance(s) do these animals cause?". In the personal issues part were the respondents' gender, age, level of education and place of residence. In the present article, we were not interested in practice and knowledge about the species.

With the qualitative answers, we built word clouds with the software IRaMuTeQ version 07 alpha 2. Only words mentioned at least three times appear. The forms used are verbs, common nouns, adjectives and the following words: everywhere, nothing, many, all, some, no.

Verbs are back to the infinitive, names are back to the singular. Font size is proportional to the answer frequency.

We used RStudio (version 3.3.1) to conduct the statistical analyses. We first performed a mixed model with Poisson distribution (with package “lme4”) to investigate whether the species (pigeon, rat or hedgehog), the frequency of observation of species (often, sometimes, rarely or never), the age of respondents (under 25, between 25 and 44, between 45 and 64, over 65), gender of respondents (woman or man), level of education of respondents (no higher education, high school diploma to a bachelor’s degree, higher than a bachelor’s degree), place where the questionnaire was conducted (park, train station, touristic place, shared garden, cemetery), place of residence of respondents (in Paris or out of Paris), estimated utility of species between 0 and 10, and the two-way interactions with species which impacted the appreciation of species (from 0 to 10). We included the day (weekend day, Wednesday afternoon or another day) as a random factor and we used the optimizer “bobyqa”. Non-significant interactions were removed step-by-step to obtain the final model. To complete the analysis, a Kruskal and Wallis test was performed on the frequency of observation of the species. A post-hoc test of Nemenyi was carried out on categorical variables to know which modality was different from the others

Results

1) Influence of respondent characteristics, species and frequency of observation

First, the results of our survey showed that the appreciation of these species was neither significantly impacted by the frequency of observation of species, nor by the age, gender and place of residence of the residents (Paris *intra muros* or not (Table 2)).

	Appreciation		
	df	Chisq	p
Species	2	75.43	< 0.0001
Frequency of observation of species	3	4.24	0.24
Age	3	5.53	0.14
Gender	1	0.14	0.71
Education	2	3.55	0.17
Place of survey	4	6.32	0.18
Place of residence	1	0.37	0.54
Estimated Utility	1	88.53	< 0.0001
Species*Education	4	9.75	0.04
Species*Place	8	15.51	0.05
Species*Estimated Utility	2	75.41	< 0.0001

Table 2: Output of the generalized mixed model explaining variations in appreciation of animals according to species (pigeon, rat or hedgehog), frequency of observation of species by respondents (often, sometimes, rarely or never), age of respondents (under 25, between 25 and 44, between 45 and 64, over 65), gender of respondents (woman or man), level of education of respondents (no higher education, high school diploma to bachelor's degree, higher than bachelor's degree), place where the questionnaire was conducted (park, train station, touristic place, shared garden, cemetery), place of residence of respondents (in Paris or out of Paris), estimated utility of species between 0 and 10 and interactions with species variable. Non-significant interactions were removed step-by-step to obtain the final model. df: degree of freedom, Chisq: decision variable, p: p-value.

However, we found significant interactions between the species and the level of education ($\chi^2_4 = 9.75$, $P = 0.04$) as well between the species and the place of survey ($\chi^2_8 = 15.51$, $P = 0.05$). The post-hoc test revealed that people without higher education liked more pigeons than people with education higher than the bachelor's degree (Nemenyi test, $P = 0.05$). Moreover, people interviewed in touristic areas (Nemenyi test: $P = 0.06$), shared gardens ($P = 0.78$) and cemeteries ($P = 0.30$) similarly disliked pigeons and rats whereas respondents in parks ($P < 0.0001$) and train stations ($P = 0.01$) preferred pigeons to rats.

Our main significant finding is that the type of species is an essential consideration of the appreciation (Table 2, Fig 4). The case of the pigeon is the most complex one (Fig 4). Appreciations are much more divided: almost half (45 %) of people assign pigeons a value between 4 and 6, 62 respondents are hostile to this species (appreciation from 0 to 3) while 10% of the respondents assign it the maximum score of 10. Indeed, the rat, a species often considered undesirable, is the least popular animal: 79 respondents attribute the minimum value on a scale of 0 to 10 (Fig 4). In contrast, the hedgehog, a protected species, gets 155 appreciations between 6 and 10 (Fig 4).

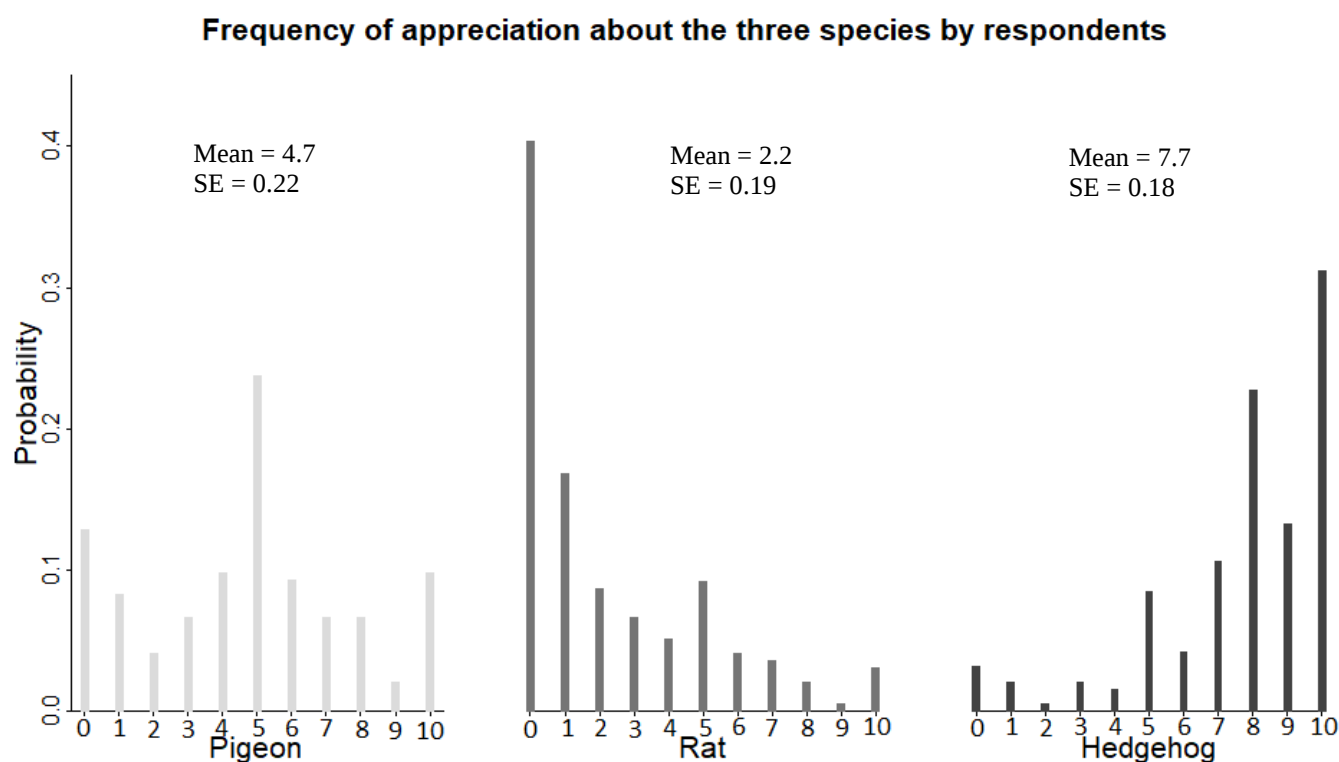


Fig 4 Histograms of the number of respondents based on the respondents' appreciation about pigeon, rat and hedgehog. SE: Standard error.

Even if the generalized mixed model did not indicated any effect of the frequency of animals' observation, the Kruskal and Wallis test and the Nemenyi test found a difference of appreciation between “often-sometimes” and “never”: people love more an animal when they never see it than when they often see it. However, this difference can be explained by the fact

that hedgehogs are both loved and never seen and that pigeons are both less appreciated and often seen. When we focused only on pigeons, the respondents that never see pigeons tended to better appreciate them than respondents who often see them (Nemenyi test, $P = 0.07$; Fig 5). This trend was not found for rats (Fig 5); but an opposite difference was observed for hedgehogs (Nemenyi test, $P = 0.045$; Fig 5). The qualifiers associated with the three animals often used are “dirty” (57 times), “invasive” (32 times) and “numerous” (13 times).

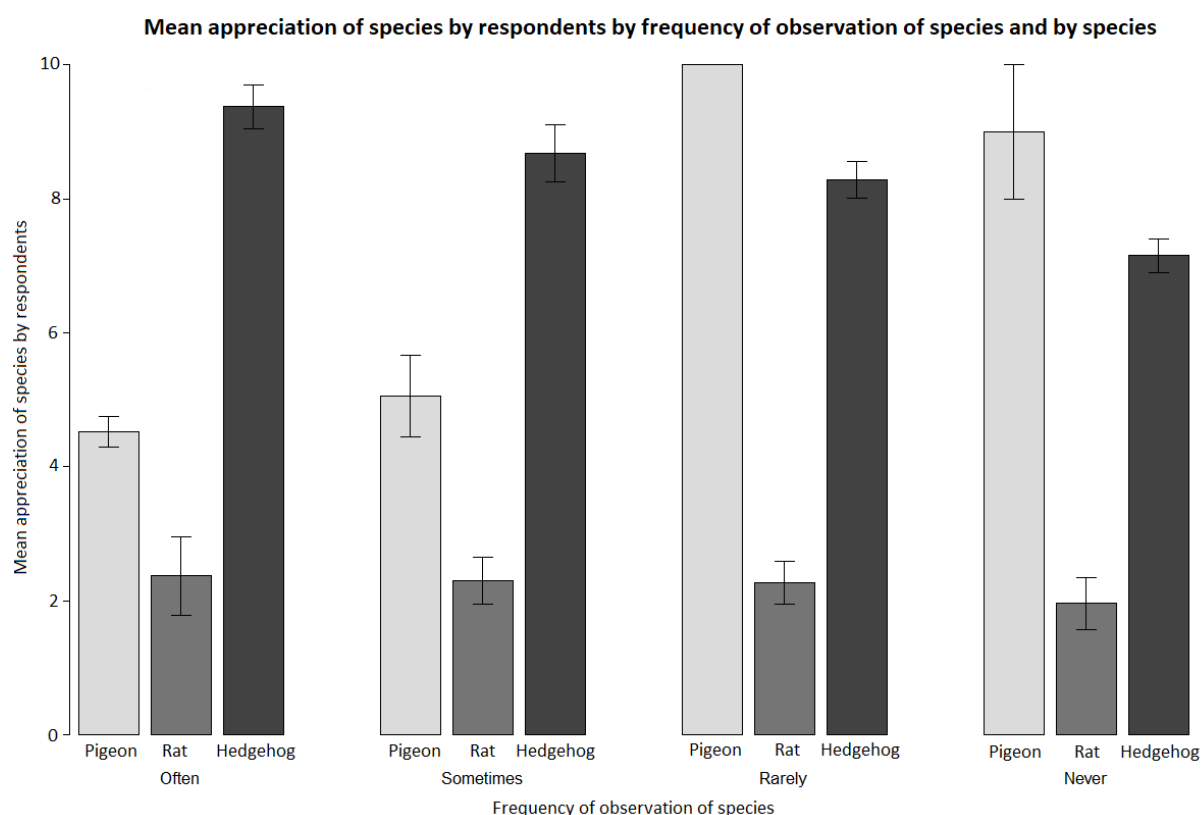


Fig 5 Mean appreciation of species by respondents, by frequency of species’ observation and by species. Error bars indicate the standard error of the mean. In the case of rarely seen pigeons, there is no standard error because the effective is only one.

2) Influence of the estimated utility

Interestingly, we found that the more an animal is considered useful, the more it is appreciated ($\chi^2_1 = 88.53$, $P < 0.0001$; Table 1; Fig 6). The interaction between the species and the estimated utility also has an impact on the appreciation ($\chi^2_2 = 75.41$, $P < 0.0001$; Table 1;

Fig 6) with the most important slope for the pigeon. However, the degree of appreciation of each of these three species is systematically increasing with the value of the presumed utility.

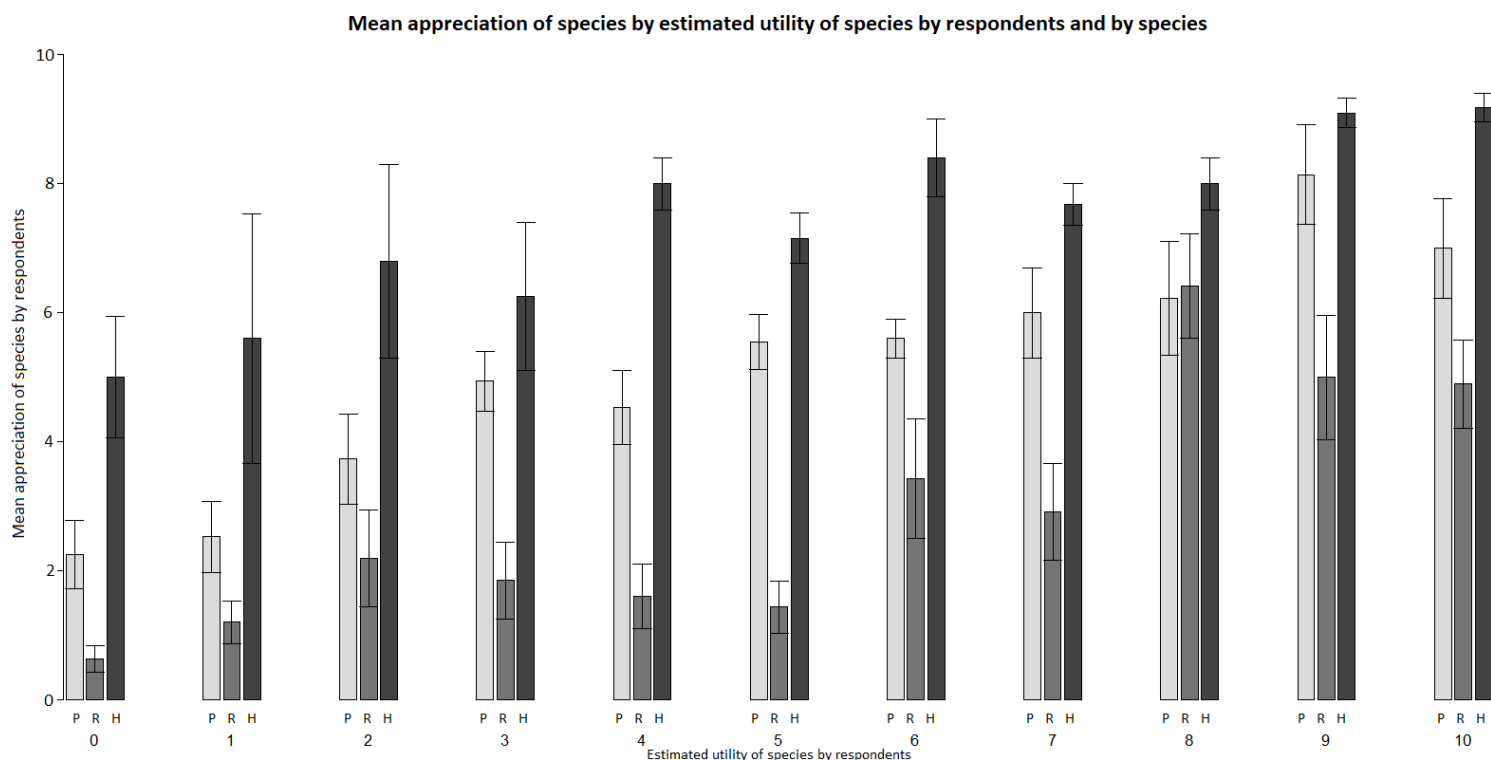


Fig 6 Histograms of the mean appreciation of species by respondents (between 0 and 10) by the estimated utility of species (between 0 and 10) and by species: P: pigeon, R: rat and H: hedgehog. Error bars indicate the standard error of the mean.

For respondents, the words used to describe utility associated with pigeons are: “eat”, “home”, “nothing”, “food” and “waste” (Fig 7 A, Table 3), for rats: “eat”, “waste”, “nothing”, “clean”, “reduction” and “sewer” (Fig 7 B, Table 3) and for hedgehogs: “eat”, “insect” and “garden” (Fig 7 C, Table 3).



A. Pigeon



B. Rat



C. Hedgehog

Fig 7 Word clouds with the answers for “How can these animals be useful to humans?”

3) Species perceptions by respondents

The most used qualifiers for the pigeons are: “dirty”, “invasive” and “noisy” (Fig 8 A, Table 3) and for the rats: “dirty”, “harmful” and “intelligent” (Fig 8 B, Table 3). We must add “disgust”, “disease”, “dangerous” which also appear with an elevated frequency (Fig 8 B). The qualifiers used are therefore predominantly negative for these two species.

	Pigeon	Rat	Hedgehog
Give three qualifiers to designate each animal.	dirty (50)	dirty (67)	cute (76)
	invasive (32)	harmful (23)	sympathetic (24)
	noisy (13)	intelligent (19)	piquant (21)
What do you like in each animal?	nothing (37)	nothing (83)	cute (37)
	color (17)	intelligent (11)	little (12)
	bird (16)	intelligence (9)	look (11), nature (11), useful (11)
What do you dislike in each animal?	droppings (31)	disease (43)	nothing (94)
	everywhere (26)	dirty (31)	flea (11)
	nothing (23)	carrier (15)	pike (8)
What emotion(s) or feeling(s) do you associate with each animal?	disgust (24)	disgust (53)	joy (14)
	indifference (20)	fear (32)	tenderness (14)
	liberty (13)	indifference (8)	cute (13)
How can these animals be useful to humans?	eat (46)	eat (31)	eat (47)
	home (14)	waste (25)	insect (39)
	nothing (14)	nothing (21)	garden (22)
What inconvenience or nuisance do each animal cause?	droppings (77)	disease (81)	flea (9)
	disease (24)	carrier (17)	garden (6)
	dirt (21)	dirt (11), eat (11)	disease (4)

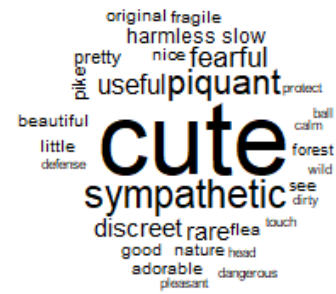
Table 3: The three most cited words for the six questions for each species. In brackets, the number of times the word was given by respondents.



A. Pigeon



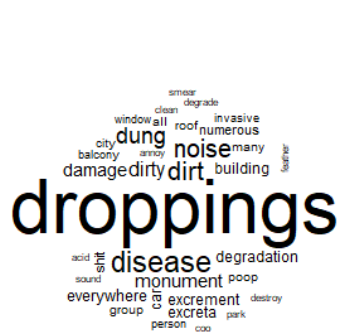
B. Rat



C. Hedgehog

Fig 8 Word clouds with the answers of “Give three qualifiers to designate each animal”

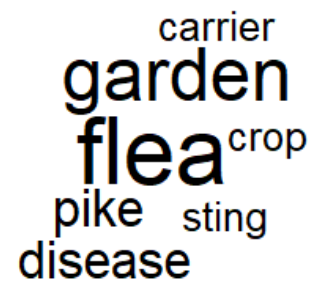
If we focus on what displeased people in the presence of pigeons in the city, the most quoted words are: [their] “droppings”, [the fact that they are] “everywhere” and “nothing” (Appendix I. A, Table 3). The most mentioned inconveniences for pigeons are: “droppings”, “disease” and “dirt” (Fig 9 A, Table 3). The presence of droppings and the large number of pigeons, considered to be dirty and carriers of disease, seem to constitute the predominant factors of rejection of the pigeon by the urban population in Paris.



A. Pigeon



B. Rat



C. Hedgehog

Fig 9 Word clouds with the answers of “What inconvenience or nuisance do each animal cause?”

However, this aversion is partly offset by the fact that this species is a colourful bird. Here is what the respondents like about pigeons: “nothing”, “color” and “bird” (Appendix II. A, Table 3). The feelings the most associated with pigeons are: “disgust”, “indifference” and “liberty” (Appendix III. A, Table 3).

The three words most cited by the respondents about what they dislike about rats are: “disease”, “dirty” and “carrier” (Appendix I. B, Table 3). The inconveniences the most cited for rats are: “disease”, “carrier” and “dirt” (Fig 9 B, Table 3). The negative assessment of rats appears to be mainly associated with the risk of potential disease transmission and with the alleged dirt of the species. Considering the positive aspects associated with rats, the respondents words are: “nothing”, [the fact that they are] “intelligent” and [their] “intelligence” (Appendix II. B, Table 3). The lack of quality recognized by the population seems significant for rats, although their supposed intelligence is nevertheless emphasized. The feelings the most associated with rats are: “disgust”, “fear” and “indifference” (Appendix III. B, Table 3).

For hedgehogs, the most cited qualifiers are essentially positive ones: “cute”, “sympathetic” and “piquant” (Fig 8 C, Table 3). Here is what the respondents dislike about hedgehogs: “nothing” for a large majority of them, but “flea” and “pike” are also reported for some of them (Appendix I. C, Table 3). However, they like the fact that hedgehogs are: “cute”, “little”, [part of] “nature” and “useful”, as well as [their] “look” (Appendix II. C, Table 3). The feelings the most associated with hedgehogs are: “joy”, “tenderness” and “cute” (Appendix III. C, Table 3). The inconveniences caused by hedgehogs according to respondents are: “flea”, “garden” (damages?), “disease” and “pike” (Fig 9 C, Table 3). Even in the case of the hedgehog, the risk of disease transmission remains present.

Discussion

1) Influence of respondent characteristics, species and frequency of observation

Contrary to our prediction, we did not detect any difference of appreciation between genders nor between age categories, whereas others authors have found some differences of appreciation about animals between genders (Bjerke & Østdahl, 2004; Knight et al., 2004;

Herzog, 2007; Prokop et al., 2009; Taylor & Signal, 2009; Zhang et al., 2014; Cailly Arnulphi et al., 2017), and between age categories (Bjerke & Østdahl, 2004; Cailly Arnulphi et al., 2017). In agreement with previous studies (Bjerke & Østdahl, 2004; Cailly Arnulphi et al., 2017), we also detected an effect of education level on the appreciation of animals; less educated people appreciated the pigeon more than the most educated ones. However, this corresponds to the opposite of what previous works usually found: the more educated people usually appreciated the animals better (Bjerke & Østdahl, 2004; Cailly Arnulphi et al., 2017). Regarding the interaction between the species and the place where the questionnaire was conducted, people tend to hate more the pigeons in touristic places than in parks and/or railway stations. This reinforced the conclusion of Skandrani et al., (2015) who guessed that people would be more indifferent to pigeons in parks and train stations than in touristic place because people interacted less with pigeons in these two types of places than in touristic places (Skandrani et al., 2015).

As predicted, the appreciation greatly differed among species as previously reported in several studies (Batt, 2009; Taylor & Signal, 2009; George et al., 2016). Interestingly, our results are similar to those of Bjerke and Østdahl (in 2004) in an urban area in Norway which reported that rats are hated, that pigeons are moderately appreciated and that hedgehogs are much appreciated. In contrast, a questionnaire performed with the staff of a South African university in 2013 and 2014 revealed that pigeons were more appreciated. Indeed, more than half of the respondents had positive experiences with this animal and only 20% were neutral in their perception while about one quarter had a negative perception of the pigeon (Harris et al., 2016). For the rat, studies are less contrasted. First, in the UK, a study conducted in the 2000's showed that the rat obtained an average appreciation of 3.7/10 (above our average 2.2/10) and was the eleventh least popular species before the earthworm, the spider, the bee and the jellyfish (Batt, 2009). In Europe during the 1980's, studies reported that the rat was one of the two most feared animals (with the grass-snake) in a list of about 30 species (Bennett-Levy & Marteau,

1984; Merckelbach et al., 1987). The fear of the rat seems to explain why it is so little appreciated.

Furthermore, appreciation can evolve over time. It is the case for the pigeon in the United States, which was less and less appreciated during the 20th century (Jerolmack, 2008). On the contrary, still in the United States, the rat became more appreciated in 2014 than in 1978 (George et al., 2016). Indeed, rat has even become a new kind of pet (Dutau & Rancé, 2009), reinforcing its good perception for some parts of the population, as for example, teenagers (who were not represented in our study). Regarding the hedgehog, we can think that becoming a protected species in France in 1981 (Order of 17 April 1981) has probably made it more popular and more often considered as a symbol of the “typical victim” of urbanization (Burgaud, 1996).

Our study revealed that the relationship between the frequency of observation of a species and its appreciation differs from one animal to another, pigeons being more loved when less seen while it is the opposite relationship for the hedgehog. Similarly, the San Joaquin kit fox, an endangered species, is, more liked when it is more met (Bjurlin & Cypher, 2005). We can think that animals that are often seen (maybe too much?) are more appreciated when they are less seen (and therefore seem less invasive), while the more rare and discreet species provide a certain joy when they are seen because of their rarity. The “invasive” term used to qualify the pigeon might be an indicator of the fact that density can play a role in this perception. The droppings are also deplored when they pollute and massively damage monuments and balconies. In the same way, complaints against rats are formulated especially in the cases of massive infestation (Parisian squares).

2) Influence of the estimated utility

As expected, our results also show that the estimated utility of animals to humans is an important factor determining the species appreciation. Humans seem to like other beings according to what they can benefit from them. This is in line with Serpell's work according to which the attitude toward an animal is mainly influenced by "affect" and "utility" (Serpell, 2004) or the work of Driscoll who found a positive correlation between the estimated utility and the love given to the species (Driscoll, 1995).

However, the usefulness of a species may vary over time and space. For instance, pigeons were used as messengers notably during the two world wars (Jerolmack, 2007) and their droppings were also used as a fertilizer in agriculture (Jerolmack, 2007). Thus, Jerolmack concluded that the pigeon was more appreciated in the past (Jerolmack, 2008) at a time where it was more useful for humans (Jerolmack, 2007). Again, in the Maghreb (Northern Africa), pigeons are still bred and consumed especially in the form of a traditional dish, the Pigeon Pastilla (Hal, 2012). This may explain why pigeons are more appreciated in this region in comparison to Paris.

It may be noted that for the three animals that we studied, the word that appears most for what these animals can be useful is "eat". This word, in the case of the pigeon, can refer to the fact that it can be eaten, but also that it can eat "waste". For the rat, its function of "waste" collector is recognized by about thirty people. The hedgehog is known for "eat[ing]" pests, including "insects", in the "garden". The respondents recognize more easily the helpful side of the hedgehog because they quote the word "useful" regarding to what they like about it. The messenger function for the pigeon appears to be the second service recognized by the respondents ("home") even if it is no longer used for this purpose today (Jerolmack, 2007). However, we can also note that the word "nothing" is the third most quoted word for pigeons (14 times) and rats (21 times) in response to: "How can these animals be useful for humans?".

This shows that part of the population does not see these species as useful or know too poorly these animals to determine their potential utility.

However, these species may provide unknown services to the public, such as the sequestration of trace metals in the feathers of pigeons (Frantz et al., 2012) or the rat's waste collector effect (according to WWF, 800 tons of waste would be consumed by rats every day in Paris). Globally, these studies seem to be unknown to the citizens and could constitute a way to reconnect people with nature. The spread of knowledge on species ecology and on potential utility for citizens could be crucial to improve the positive perception toward biodiversity.

3) Species perceptions by respondents

Even if the pigeon seems moderately liked by respondents according to the appreciation score, the qualifiers associated with it are mostly negative and resemble those given to rats, unlike the hedgehog whose associated words are positive (Table 2). Also, concerning what people like or not in the three species, we notice that the most quoted word for what they like about the pigeon and the rat is "nothing" whereas for the hedgehog, it is for this they do not like that the answer is "nothing".

The fact that the three species are very differently appreciated may be explained by several factors such as appearance, behaviour, culture and common history.

The physical appearance of animals can influence the appreciation of these species and can even influence people about species conservation (Roque De Pinho et al., 2014). Indeed, fear and avoidance of an animal is, according to Merckelbach and his colleagues, particularly related to the physical characteristics of these animals (Merckelbach et al., 1987). Pigeons are often mutilated or in bad condition, which can make them more “dirty” or “carrier” of “disease”. The physical characteristics of animals can also make them "bad" animals, like the sharp teeth and claws (Lee, 2012) found in the rat. The teeth of the rat can make people “fear” bites even

if they are rare (1 per 10,000 people in the USA in the 60's; Clinton, 1969) and the claws scratches and make it “dangerous”. The fear of bites is a factor of apprehension. The images of this animal conveyed in video games, comics (big teeth, Machiavellian spirit ...) also contribute to maintain this apprehension. On the contrary, the hedgehog has a friendlier and reassuring appearance especially due to its “look” as a “little” ball shape that makes it “cute” and “sympathetic”. This could be due to the fact that hedgehogs have neotenic characteristics (i.e. babies’ characteristics) such as proportionally larger head or eyes or unsteady gait. According to Estren, this type of animal characteristics leads humans, public and scientists, to better consider these animals (Estren, 2012). The term sympathetic, which has been formulated several times by the populations surveyed, testifies to the extreme subjectivity in the appreciation of these animals and the role of affect in the relationships between human and the animals. This is in line again with Serpell's study in which the attitude to animal is mainly influenced by "affect" and "utility" (Serpell, 2004). However, we can notice that the "piquant" side due to the "pikes" of the hedgehog is not appreciated by some people who see it as a disadvantage.

The supposed behaviour and observed behaviour of the animal are also important characteristics influencing its appreciation by humans. For example, people prefer animals that behave similarly to humans (Batt, 2009). The three animals studied have very different behaviours and can even evoke opposing feelings for the same animal: the "invasive" side of group pigeons (which is “everywhere”) versus the feeling of "liberty" of a pigeon in flight or echoes with the symbol of peace attributed to the dove. The rat appears as an "intelligent" being, one of the rare qualities that are recognized to this animal, but this “intelligence” can also be seen negatively as something to beware. The hedgehog is discreet and seems to move more slowly, which can contribute to the fact that it is so appreciated, unlike pigeons that are judged "noisy" by some. The supposed behaviours may be wrong: for example, some people seem to

think that hedgehogs causes damages to the “garden” while they actually eat slugs (Haigh, 2011) known to be crop pests (Hommay et al., 1998; Schley & Bees, 2003; Clemente et al., 2010).

Culture and history have also influenced the appreciation of these species. For example, the rat is associated with the plague at least since the discovery of the bacillus responsible for the disease by Dr. Yersin in the late nineteenth century (Treille & Yersin, 1894) undoubtedly a big part of the hatred it provokes. Moreover, in the nineteenth century, rats were already associated with dirt, evil, vice, disease ... and considered as vermin (Fissell, 1999) or associated with economic loss (Burt, 2006).

The appreciation of animals can also be subjective (Serpell speaks of individual characteristics of the person, Serpell, 2004) and not justified: the negative appreciation of the pigeon is not necessarily justified by precise qualifiers (high proportion of “nothing” to answer “What do you dislike in pigeon?”).

Concerns about health and hygiene is something that comes up on various questions and for the three animals (even if much less for the hedgehog): the “droppings” for the pigeon, the “dirt/dirty” for the pigeon and the rat, “carrier” [of disease] and the “dangerous” and “harmful” side for rat, the “diseases” for the three animals, “flea” for hedgehog. The droppings are known to be dirty but also to damage buildings (Gómez-Heras et al., 2004). They can be a disadvantage directly experienced by city dwellers, while the fear of diseases can be accentuated by preconceptions or historical facts such as the plague associated to rats. This aspect explains why the pigeon and the rat, who are considered above all “dirty”, are mainly associated with a feeling of “disgust”. According to Matchett and Davey, animal phobia is linked to sensitivity to disgust and contamination and to fear of disease and death (Matchett & Davey, 1991). As stated in the study, sensibility to disgust and contamination is only linked to the fear of certain animals, that

is to say, those who attack little and do little harm to humans such as rats or those that cause revulsion like snails, slugs... The group of basic animals constituting the relevant category to disgust is globally similar between cultures (Davey et al., 1998).

The three species considered in our study are poorly known. For example, people tend to think that it is the brown rat (*Rattus norvegicus*) currently present in Paris that would have been vector of the plague, while its arrival in Europe only dates from 1500 (Puckett et al., 2016), well after the greatest episode of plague called "black death" in 1348 (Gottfried, 2010). It is therefore the black rat (*Rattus rattus*), which had arrived in Europe long before, which would have been the vector of the disease (McCormick, 2003). In contrast, most people do not know that the hedgehog also carries zoonosis (Riley & Chomel, 2005) and parasites transmissible to humans (Skuballa et al., 2007).

Although diseases transmission from these animals to humans (i.e. zoonosis) is often mentioned by respondents, they can cite only very few examples. In fact, the pigeons can transmit to humans: chlamydia, histoplasmosis, aspergillosis, candidiasis, cryptococcosis (Haag-Wackernagel & Moch, 2004); rats: leptospirosis, hantavirus (Ayril, 2015), plague, typhus, bartonellosis, streptobacillosis, salmonellosis (Himsworth et al., 2013)... and hedgehogs: salmonellosis, chlamydia, toxoplasmosis, foot-and-mouth disease and herpes virus (Riley & Chomel, 2005).

It may be noted that another feeling often associated with pigeons and rats is "indifference"; which seems quite consistent for the pigeon for which many people gave a medium appreciation but less for the rat which has a very low appreciation (on 8 people indifferent to the rat, 2 gave an appreciation of 5 and 6 a lower or equal at 3). On the contrary, the hedgehog is always associated with positive feelings: like "joy" and "tenderness".

Perspectives

As Qiu et al. have shown ecological knowledge can influence the preferences of certain aspects of biodiversity (Qiu et al., 2013). We can therefore think that sharing knowledge about the services provided by unpopular spontaneous species in cities like the pigeon or the rat could improve the appreciation and the perception that city dwellers have of them. This knowledge could be brought directly to citizens in the form of a flyer, documentary or by involving them in participative sciences, which will be our next step in this research work. Consequently, it would foster a better cohabitation between humans and animals in cities.

Acknowledgements

This project was funded by the Institute of Environmental Transition of Sorbonne Université. We would like to thank Mathieu Garcia for his help with the questionnaires, as well as the 200 voluntary respondents.

References

- Ayral, F. (2015). *Vers une surveillance des zoonoses associées aux rats (Rattus norvegicus)*. Grenoble.
- Batt, S. (2009). Human attitudes towards animals in relation to species similarity to humans : a multivariate approach. *Bioscience Horizons*, 2(2), 180–190.
- Bennett-Levy, J., & Marteau, T. (1984). Fear of animals: What is prepared? *British Journal of Psychology*. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1984.tb02787.x>
- Bjerke, T., & Østdahl, T. (2004). Animal-related attitudes and activities in an urban population. *Anthrozoos*, 17(2), 109–129. <https://doi.org/10.2752/089279304786991783>
- Bjurlin, C. D., & Cypher, B. L. (2005). Encounter frequency with the urbanized San Joaquin Kit fox correlates with public beliefs and attitudes toward the species. *Endangered Species Update*, 22(3), 107–115.
- Burgaud, F. (1996). Du hérisson honni au hérisson blason de la nature. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 38(2), 21-41.
- Burt, J. (2006). Rat. Reaktion Books.
- Cailly Arnulphi, V. B., Lambertucci, S. A., & Borghi, C. E. (2017). Education can improve the negative perception of a threatened long-lived scavenging bird, the Andean condor. *PLoS ONE*, 12(9), 1–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185278>
- Clemente, N. L., Faberi, A. J., Salvio, C., & Noemí, A. (2010). Biology and individual growth of *Milax gagates* (Draparnaud, 1801) (Pulmonata : Stylommatophora). *Invertebrate Reproduction and Development*, 54(3), 163–168.

- Clinton, J. M. (1969). Rats in Urban America. *Public Health Reports*, 84(1), 1–8.
- Davey, G. C. L., McDonald, A. S., Hirisave, U., Prabhu, G. G., Iwawaki, S., Jim, C. I., ... C. Reimann, B. (1998). A cross-cultural study of animal fears. *Behaviour Research and Therapy*, 36(7–8), 735–750. [https://doi.org/10.1016/S0005-7967\(98\)00059-X](https://doi.org/10.1016/S0005-7967(98)00059-X)
- Driscoll, J. W. (1995). Attitudes toward animals: species ratings. *Society and Animals*, 3(2), 139–150.
- Dutau, G., & Rancé, F. (2009). Les nouveaux animaux de compagnie et leurs risques allergiques. *Revue Francaise d'Allergologie*, 49(3), 272–278. <https://doi.org/10.1016/j.reval.2009.01.006>
- Estren. (2012). The Neoteny Barrier: Seeking Respect for the Non-Cute. *Journal of Animal Ethics*, 2(1), 6. <https://doi.org/10.5406/janimaethics.2.1.0006>
- Fissell, M. (1999). Imagining Vermin in Early Modern England by Mary Fissell. *History Workshop Journal*, 47, 1–29.
- Frantz, A., Pottier, M. A., Karimi, B., Corbel, H., Aubry, E., Haussy, C., ... Castrec-Rouelle, M. (2012). Contrasting levels of heavy metals in the feathers of urban pigeons from close habitats suggest limited movements at a restricted scale. *Environmental Pollution*, 168, 23–28. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.04.003>
- George, K. A., Slagle, K. M., Wilson, R. S., Moeller, S. J., & Bruskotter, J. T. (2016). Changes in attitudes toward animals in the United States from 1978 to 2014. *Biological Conservation*, 201, 237–242. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.07.013>
- Gómez-Heras, M., Benavente, D., Álvarez De Buergo, M., & Fort, R. (2004). Soluble salt minerals from pigeon droppings as potential contributors to the decay of stone based Cultural Heritage. *European Journal of Mineralogy*, 16(3), 505–509. <https://doi.org/10.1127/0935-1221/2004/0016-0505>
- Gottfried, R. S. (2010). Black death. Simon and Schuster.
- Haag-Wackernagel, D., & Moch, H. (2004). Health hazards posed by feral pigeons. *Journal of Infection*, 48(4), 307–313. <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2003.11.001>
- Haigh, A. J. (2011). *The Ecology of the European hedgehog (Erinaceus europaeus) in rural Ireland*. University College Cork.
- Hal, F. (2012). Authentic Recipes from Morocco. Tuttle Publishing.
- Harris, E., de Crom, E. P., & Wilson, A. (2016). Pigeons and people: mortal enemies or lifelong companions? A case study on staff perceptions of the pigeons on the University of South Africa, Muckleneuk campus. *Journal of Public Affairs*, 16(4), 331–340. <https://doi.org/10.1002/pa.1593>
- Herzog, H. A. (2007). Gender Differences in Human – Animal Gender Differences in Human – Animal Interactions : A Review. *Antrozoös*, 20(1), 7–21. <https://doi.org/10.2752/089279307780216687>
- Himsworth, C. G., Parsons, K. L., Jardine, C., & Patrick, D. M. (2013). Rats, Cities, People, and Pathogens: A Systematic Review and Narrative Synthesis of Literature Regarding the Ecology of Rat-Associated Zoonoses in Urban Centers. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 13(6), 349–359. <https://doi.org/10.1089/vbz.2012.1195>
- Hommay, G., Lorvelec, O., & Jacky, F. (1998). Daily activity rhythm and use of shelter in the slugs *Deroceras reticulatum* and *Arion distinctus* under laboratory conditions. *Annals of Applied Biology*, 132, 167–185.

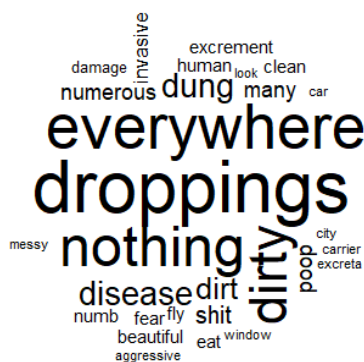
- Jerolmack, C. (2007). Animal archeology: Domestic pigeons and the nature-culture dialectic. *Qualitative Sociology Review*, 3(1), 74–95.
- Jerolmack, C. (2008). How Pigeons Became Rats : The Cultural-Spatial Logic of Problem Animals. *Social Problems*, 55(1), 72–94.
- Knight, S., Vrij, A., Cherryman, J., & Nunkoosing, K. (2004). Attitudes towards animal use and belief in animal mind. *Anthrozoös*, 17(1), 43–62. <https://doi.org/10.2752/089279304786991945>
- Lee, D. S. (2012). The categorization of “ Bad animal ” and its relation to animal appearances : a study of 6-year-old children’s perceptions. *Journal of Social, Evolutionary, Znd Cultural Psychology*, 6(1), 32–49.
- Lyytimäki, J., Petersen, L. K., Normander, B., & Bezák, P. (2008). Nature as a nuisance? Ecosystem services and disservices to urban lifestyle. *Environmental Sciences*, 5(3), 161–172. <https://doi.org/10.1080/15693430802055524>
- Matchett, G., & Davey, G. C. L. (1991). A test of a disease-avoidance model of animal phobias. *Behaviour Research and Therapy*, 29(1), 91–94. [https://doi.org/10.1016/S0005-7967\(09\)80011-9](https://doi.org/10.1016/S0005-7967(09)80011-9)
- McCormick, M. (2003). Rats , Communications , and Plague : Toward an Ecological History. *Journal of Interdisciplinary History*, 34(1), 1–25.
- Merckelbach, H., Van Den Hout, M. A., & Van Der Molen, G. M. (1987). Fear of Animals: Correlations Between Fear Ratings and Perceived Characteristics. *Psychological Reports*. <https://doi.org/10.2466/pr0.1987.60.3c.1203>
- Ministère de l'environnement et du cadre de vie et le ministère de l'agriculture, 1981, Arrêté du 17 avril 1981 portant sur la liste des mammifères protégés sur l'ensemble du territoire, Journal Officiel de la République Française du 19 mai 1981.
- Prokop, P., Özel, M., & Uşak, M. (2009). Cross-cultural comparison of student attitudes toward snakes. *Society and Animals*, 17(3), 224–240. <https://doi.org/10.1163/156853009X445398>
- Puckett, E. E., Park, J., Combs, M., Blum, M. J., Bryant, J. E., Caccone, A., Munshi-South, J. (2016). Global population divergence and admixture of the brown rat (*Rattus norvegicus*). *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283(1841). <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.1762>
- Qiu, L., Lindberg, S., & Nielsen, A. B. (2013). Is biodiversity attractive?-On-site perception of recreational and biodiversity values in urban green space. *Landscape and Urban Planning*, 119, 136–146. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.07.007>
- Riley, P. Y., & Chomel, B. B. (2005). Hedgehog zoonoses. *Emerging Infectious Diseases*, 11(1), 1–5. <https://doi.org/10.3201/eid1101.040752>
- Roque De Pinho, J., Grilo, C., Boone, R. B., Galvin, K. A., & Snodgrass, J. G. (2014). Influence of aesthetic appreciation of wildlife species on attitudes towards their conservation in Kenyan agropastoralist communities. *PLoS ONE*, 9(2), 1–10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0088842>
- Schley, D., & Bees, M. A. (2003). Delay dynamics of the slug *Deroceras reticulatum*, an agricultural pest. *Ecological Modelling*, 162(3), 177–198. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(02\)00358-7](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(02)00358-7)
- Serpell, J. A. (2004). Factors influencing human attitudes to animals end their welfare. *Animal Welfare*, 13, 145–151.

- Skandrani, Z., Daniel, L., Jacquelin, L., Leboucher, G., Bovet, D., & Prévot, A. C. (2015). On public influence on people's interactions with ordinary biodiversity. *PLoS ONE*, 10(7), 1–9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0130215>
- Skuballa, J., Oehme, R., Hartelt, K., Petney, T., Bücher, T., Kimmig, P., & Taraschewski, H. (2007). European hedgehogs as hosts for *Borrelia* spp., Germany. *Emerging Infectious Diseases*, 13(6), 952–953. <https://doi.org/10.3201/eid1306.070224>
- Taylor, N., & Signal, T. D. (2009). Pet, pest, profit: Isolation differences in attitudes towards the treatment of animals. *Anthrzoös*, 22(2), 129–135.
- Treille, G., & Yersin, A. (1894). La peste bubonique à Hong Kong. In *VIIIe Congrès international d'hygiène et de démographie* (pp. 310–311). Budapest, Hongrie.
- Zhang, W., Goodale, E., & Chen, J. (2014). How contact with nature affects children's biophilia, biophobia and conservation attitude in China. *Biological Conservation*, 177, 109–116. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.06.011>

Conflict of Interest: The authors declare that they have no conflict of interest.

Appendix I.

Word clouds with the answers of “What do you dislike in each animal?”



A. Pigeon



B. Rat



C. Hedgehog

Appendix II.

Word clouds with the answers of “What do you like in each animal?”



A. Pigeon



B. Rat



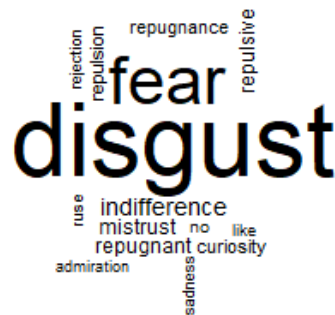
C. Hedgehog

Appendix III.

Word clouds with the answers of “What emotion(s) or feeling(s) do you associate with each animal?”



A. Pigeon



B. Rat



C. Hedgehog

Chapitre 2 :

Un service écosystémique rendu par le pigeon urbain : l'effet fertilisant de ses fientes dans l'agriculture urbaine

Dans ce chapitre figure deux articles : le premier que j'ai rédigé et qui a été soumis au « *Journal of Urban Ecology* », concerne l'effet fertilisant du guano de pigeons sur les tomates cerises ; le second qui est en préparation a été rédigé par Hélène Machado, étudiante en master 1 d'écologie que j'ai encadrée, et concerne les mesures de métaux traces dans les légumes que j'ai cultivé. Entre les deux articles se trouvent les résultats des cultures des autres légumes : courgettes, mâches et radis.

Utilisation of pigeon guano as a fertilizer on cherry tomato plants in urban agriculture.

Chloé Duffaut¹, Florence Brondeau², Julien Gasparini¹

¹ *Sorbonne Université, UPEC, Paris 7, CNRS, INRA, IRD, Institut d'Ecologie et des Sciences de l'Environnement de Paris, 75005, Paris, France*

² *Sorbonne Université, Faculté des Lettres, laboratoire Espaces, Nature et Cultures, ENeC*

FRE 2026, Espaces, Nature et Culture, 75005, Paris, France

Corresponding author:

Chloé DUFFAUT

Institut d'Ecologie et des Sciences de l'Environnement

Sorbonne Université

Campus Pierre et Marie Curie, case 237

4 place Jussieu 75252, Paris, FRANCE

Tel: +33 (1) 44 27 42 55

Email: chloe.duffaut@upmc.fr

Abstract

For some years now, urban agriculture has been more and more important in cities. In this context, it would be interesting to use a natural fertilizer present in cities like the pigeon guano. In this study, we tested the effects of the pigeon guano on an agricultural plant, the cherry tomato plant in an urban environment. On a rooftop at Ivry-sur-Seine (near Paris, in France), we set up 30 cultivation bags with 2 cherry tomato plants in each bag. In June 2017, we added about 15 g of pigeon guano in 1.5 L of water to each of the 15 “guano” bags and 1.5 L of water to each of the 15 “control” bags. After 15 days, we observed that the tomato plants were higher in the guano treatment than in the control group and a trend to have more flowers in the guano treatment than in the control. Finally, regarding the total of cherry tomatoes harvested (total mass and number), it was higher in the guano treatment than in the control. However, the average mass per fruit was not affected by the treatment. Overall, we showed that the pigeon guano is a good local fertilizer for cherry tomato plant in urban areas.

Keywords: urban agriculture, fertilizer, guano, manure, pigeons, cherry tomato.

Introduction

Urban ecosystems constitute an important challenge for sustainable development of cities. In these ecosystems, humans occupy a keystone position: they impact the ecological functioning of urban species and ecosystems regarding pollution, food resources or habitats, but also through the simple presence and activities of city dwellers, or the local governance of nature in the cities. In the context of growing worldwide urbanization (up to 1.2 million km² between 2000 and 2030; Seto et al., 2012), it becomes of predominant importance to explore how cities can gain in autonomy and resilience, and how natural species present in the cities could help achieving this objective. The ecosystem services provided by urban biodiversity might be a way to achieve this objective. For instance, it has been shown that elements of urban biodiversity participated to the air filtration, to the microclimate regulation, to the noise reduction, to the water draining and filtration and to the recreative and cultural services (Bolund & Hunhammar, 1999). In contrast, urban biodiversity can be a source of inconvenience for human dwellers (Lyytimäki et al., 2008). Therefore, it is crucial to identify services provided by urban nature even if it is perceived negatively by urban dwellers in order to reconnect them with nature.

For some years now, a new human activity has emerged: the urban agriculture. The urban agriculture is not only defined by its localisation in urban area but also by its integration into the urban architecture and ecosystem (Mougeot, 2000), participating thus to the resilience of cities (Barthel & Isendahl, 2013). For instance, urban agriculture might enable to make cities more sustainable (Bodlovich & Girardet, 2000) and can supply human dwellers in some countries (Bryld, 2003). Indeed, urban agriculture has enable to cope with the food crisis in Cuba following the fall of the soviet system (Altieri et al., 1999). Furthermore, it can have educational and recreative functions in cities (Deelstra et al., 2001), therefore increasing the

reconnection of humans with nature and favouring discussion about practices. In this context, some urban species can provide interesting services. The urban pigeons (*Columba livia*) is present in almost all cities of the world (Aronson et al., 2014) and can reach high densities in some cities that has forced local authorities to manage local nuisance. Indeed, populations of urban pigeons have been subject to public regulation programs in many cities, including culling procedures (reviewed in Haag-Wackernagel, 2002) or pigeon houses. This latter aims to limit hatching rate and to maintain a small but healthy population (Gasparini et al., 2017). However, the pigeons excrements, produced in high quantity in cities, can be used as a fertilizer in urban agriculture. Indeed, this procedure was well known by our ancestors who largely used it to increase agriculture production (Jerolmack, 2007). Accordingly, recent studies showed that seabird guanos increased biomass of plants (Anderson & Polis, 1999; Wait et al., 2005; Szpak et al., 2012). The guano is an important source of azote and phosphorus, which favour plant development (Anderson & Polis, 1999). We hypothesise that pigeon guano is efficient as a fertilizer to increase vegetable and/or fruit production in urban agriculture. We expected that fruit production would be higher when adding guano in the soil as compared to a control (without any fertilizer).

In this study, we experimentally tested this prediction on cherry tomato production cultivated in the rooftop of Parisian agglomeration. We first collected pigeon guano from pigeon houses set up for regulation purpose. Then, we autoclaved it and transformed it in powder. We used this powder diluted in water to supplement the soil and compared the growth of plants, the number of flowers and the fruit production with the control.

Material and methods

The experiment took place at Ivry-sur-Seine (adjacent to Paris, France), on the rooftop of an ancient water treatment plant. In April and May 2017, we placed 30 cultivation bags of geotextile (50 cm diameter and 30 cm high) on 30 water tanks (recycled HDPE, 59 cm square and 7 cm high). In each bag, we put a 7 cm thick layer of clay balls, then, a geotextile filter (20 cm²) and growing medium (ID Flore substrate range developed by Le Prieuré, composition: mostly mineral: pozzolana, expanded clay, organic matter of vegetable origin, organic matter: < 6% of the dry matter, grain size: < 16 mm, pH: between 6 and 9) by 20 cm high. An automatic watering system was set up.

On April, the 4th and the 5th, 2017, pigeon guanos (i. e. faeces) were collected by Espaces association on 5 pigeon houses, near Paris (Parc des Pléiades and Parc des Couronnes at Courbevoie, La Plaine, Parc de la Maison Blanche and Trivaux at Clamart). The species hosted in these pigeon houses is only the feral pigeon (*Columba livia*). Pigeon guanos were autoclaved conventionally at 121°C, 1 bar, during 20 minutes to kill any pathogen. Then, the guano was reduced in powder as thin as possible (less than 5 mm) with a hand mortar and pestle. Powder makes it easier to distribute guano on cultures and to package.

On June, the 1st, 2017, 2 two-month-old tomato cherry plants (from the company La Gitinière, Soings-en-Sologne, France) were planted into each cultivation bag (except for 2 bags, where only 1 plant was planted because 2 plants died).

On the same day, we added 1.5 L of water to each of the 15 “control” bags and 14 to 18 g of pigeon guano in 1.5 L of water to each of the 15 “guano” bags. This dosage was chosen in order to equally distribute among the 15 bags, the 230 g of guano powder we were able to

collect in the different pigeon houses. We decided to add guano on young plants after the germination because it could inhibit this later (Szpak et al., 2012). Then, we program the automatic irrigation to provide water to cultivation bag every day at 5 a.m. during 3 minutes.

The data collection was conducted in two sessions: a first session of growth observation between the planting day (D0) and the days 8 (D8) and 15 (D15) (see Table 1), and a second session of fruit collection between late July (day D57) and early November (day D161) (Table 1).

Table 1: Date of data collection, the corresponding code, the number of sampled plants (in the control and in the guano treatment) and the measurements performed per plant. D0 correspond to the day of the plantation into the bags and the addition of guano. Therefore, D8 corresponds to 8 days after the beginning of the plantation etc... At D0, D8, D15 and D57, all plants were sampled. The collections of all plants during the following sessions were performed over several days (between D91 and D120; between D125 and D148; between 155 and D161) and are identified by the thick lines in the table. All plants were sampled three times between D0 and D15 and four times between D57 and D161.

Code of date	Date (DD/MM/YYYY)	Number of sampled plants		Measures per plant
		Control treatment	Guano treatment	
D0	01/06/2017	29	29	Height, number of flowers, number of fruits on plant
D8	09/06/2017	29	29	Height, number of flowers, number of fruits on plant
D15	16/06/2017	29	29	Height, number of flowers, number of fruits on plant
D57	28/07/2017	29	29	Number of collected fruits, total mass of fruits, average mass of fruit
D91	31/08/2017	8	8	Number of collected fruits, total mass of fruits, average mass of fruit
D97	06/09/2017	4	4	Number of collected fruits, total mass of fruits, average mass of fruit
D105	14/09/2017	4	4	Number of collected fruits, total mass of fruits, average mass of fruit
D112	21/09/2017	6	6	Number of collected fruits, total mass of fruits, average mass of fruit
D120	29/09/2017	7	7	Number of collected fruits, total mass of fruits, average mass of fruit
D125	04/10/2017	14	14	Number of collected fruits, total mass of fruits, average mass of fruit
D140	19/10/2017	4	4	Number of collected fruits, total mass of fruits, average mass of fruit
D148	27/10/2017	11	11	Number of collected fruits, total mass of fruits, average mass of fruit
D155	03/11/2017	14	14	Number of collected fruits, total mass of fruits, average mass of fruit
D161	09/11/2017	15	15	Number of collected fruits, total mass of fruits, average mass of fruit

At D0, D8 and D15, we measured the height of each tomato cherry plant with a tape measure. We also counted the number of flowers and the number of fruits on each plant.

Between the end of July and the beginning of November (between D57 and D161), mature tomato cherries were collected four times per plant at 11 dates (Table 1). The fruits of each plant were counted and weighed altogether (± 1 g) with an electronic balance (Qilive, Kitchen scale Q.5635). The average mass of one tomato per plant were calculated by dividing the total mass by the number of tomatoes produced by each plant. Note that, at some dates, we were unable to collect and measured all tomatoes produced by the 30 bags. The collection was therefore conducted on several days. But, during the same day, we were aware to collect as many control bags as guano bags (Table 1).

All statistical analyses were performed using RStudio (version 3.3.1). We performed six independent mixed models (with packages “nlme” and “lme4”) to investigate whether the treatment (with or without guano), the date of collection (categorical variable) and their interaction impacted the six variables of interest: the height of plants (at D0, D8 and D15); the number of flowers per plant (at D0, D8 and D15), the number of fruits on the plant (at D0, D8 and D15), the total number of tomatoes collected per plant (between D57 and D161), the total mass of tomatoes collected per plant (between D57 and D161) and the average mass of a tomato collected per plant (between D57 and D161). We included the bag and the plant as random factors to take into account for pseudoreplication (as tomatoes has been collected several times per plants). We used mixed models with Poisson distribution for the number of flowers (at D0, D8 and D15), of fruits on plants (at D0, D8 and D15) and collected fruits (between D57 and D161) and we used the optimizer “bobyqa”. For the height of plants (at D0, D8 and D15), the total mass of collected fruits (between D57 and D161) and the average mass of fruit per plant (between D57 and D161), we ran mixed models with a normal distribution. Non-significant interactions were removed step-by-step to obtain the final model. Sums of squares were calculated with type III.

Results

At D0, D8 and D15, we first found that the height of cherry tomato plants was affected by the interaction between treatment and date ($F_{2, 112} = 3.33$, $P = 0.04$; Table 2).

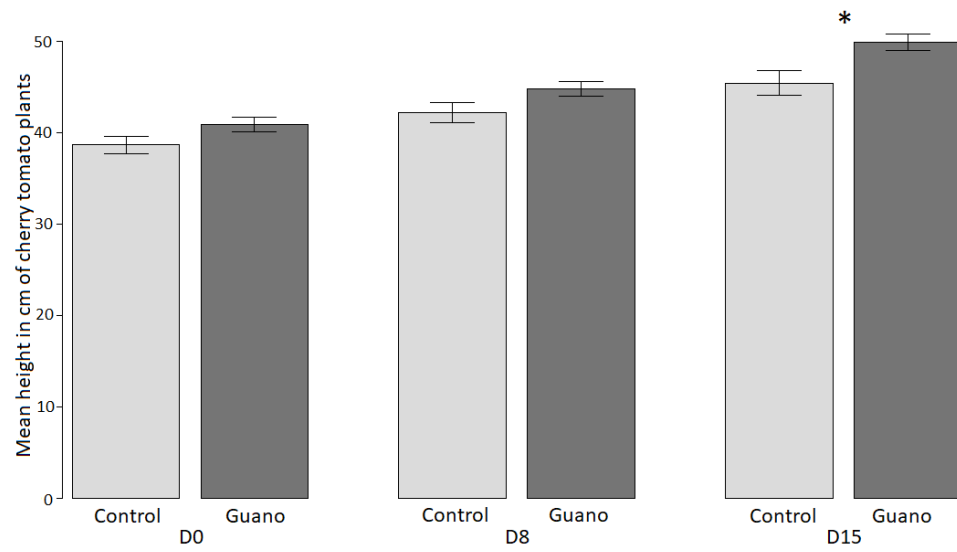
Table 2: Output of the generalized mixed models explaining variations in height, number of flowers and number of fruits on plants of cherry tomato plants according to treatment (with or without pigeon guano), date and interaction at D0, D8 and D15. Non-significant interactions were removed step-by-step (dash sign) to obtain the final model.

	Height			Number of flowers			Number of fruits on plants		
	df	F	p	df	Chisq	p	df	Chisq	p
Treatment	1,28	1.74	0.20	1	3.57	0.06	1	0.06	0.80
Date	2,112	56.45	< 0.0001	2	112.05	< 0.0001	2	1.25	0.54
Treatment*Date	2,112	3.33	0.04	-	-	-	-	-	-

Indeed, at D15, the height of cherry tomato was significantly higher in the guano treatment as compared to control ($W = 281$, $P = 0.03$; Fig 1A.). These differences were not significant at D0 and D8 (D0: $t = -1.81$, $df = 53.42$, $P = 0.08$; D8: $t = -1.89$, $df = 51.32$, $P = 0.07$; Fig 1A.). The number of flowers was more important at D15 as compared to D0 and D8 ($\chi^2_2 = 112.05$, $P < 0.0001$) and tended to be higher in the guano treatment than in the control ($\chi^2_1 = 3.57$, $P = 0.06$; Table 2). Especially, this trend was guided by the strong difference in number of flowers at D15 ($W = 263$, $P = 0.01$, Fig 1B.). The number of fruits on plants was not affected neither by the guano treatment ($\chi^2_1 = 0.06$, $P = 0.80$) nor by the date ($\chi^2_2 = 1.25$, $P = 0.54$; Table 2; Fig 1 C.).

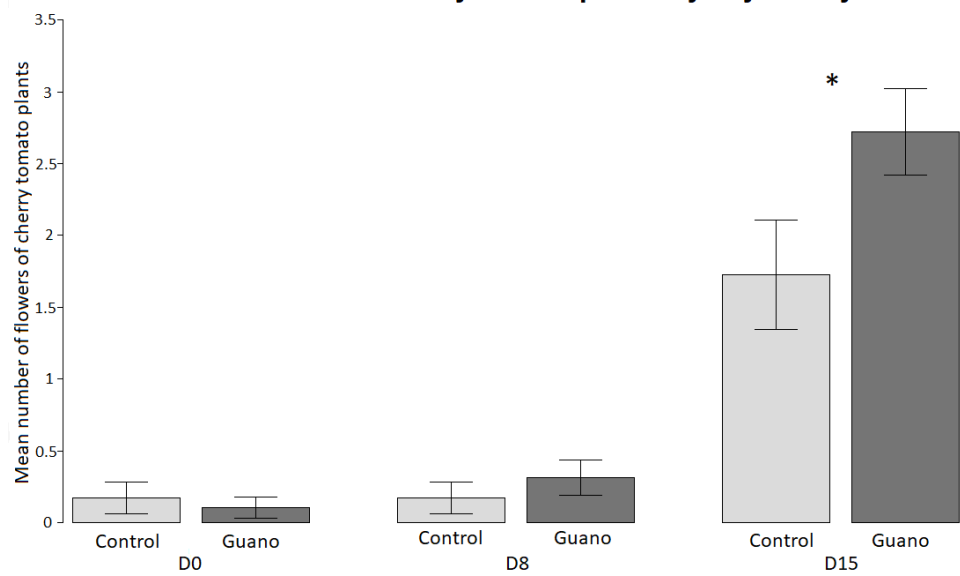
Fig 1

A. Mean height in cm of cherry tomato plants by day and by treatment



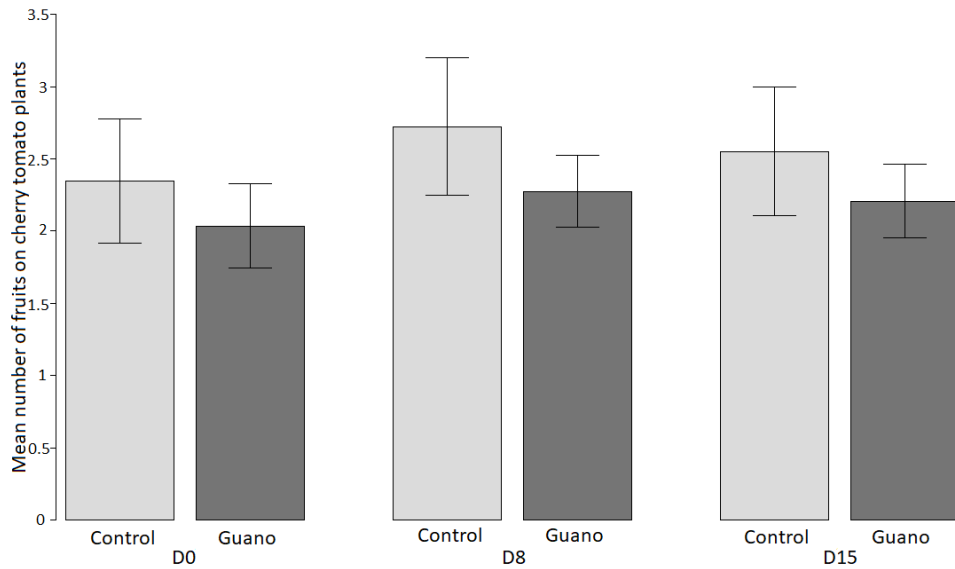
B.

Mean number of flowers of cherry tomato plants by day and by treatment



C.

Mean number of fruits on cherry tomato plants by day and by treatment



Mean height in cm (A.), mean number of flowers (B.) and mean number of fruits (C.) on cherry tomato plants by day and by treatment. Error bars indicate the standard error of the mean. An asterisk denotes significance at $P < 0.05$ with the Wilcoxon rank sum test between the control and the guano treatment. D0: the day of planting and adding pigeon guano, June 2017, the 1st; D8: June 2017, the 9th; D15: June 2017, the 16th.

Between D57 and D161, the number, the total mass by plant and the average mass of mature collected fruits varied among dates of collection (respectively $\chi^2_{10} = 3039.63$, $P < 0.0001$; $F_{10,153} = 30.26$, $P < 0.0001$; $F_{10,163} = 35.24$, $P < 0.0001$; Table 3, Fig 2).

Table 3: Output of the generalized mixed models explaining variations in number, total mass and average mass of cherry tomato fruits per plant according to the treatment (with or without pigeon guano), date and interaction between D57 and D161. Non-significant interactions were removed step-by-step (dash sign) to obtain the final model.

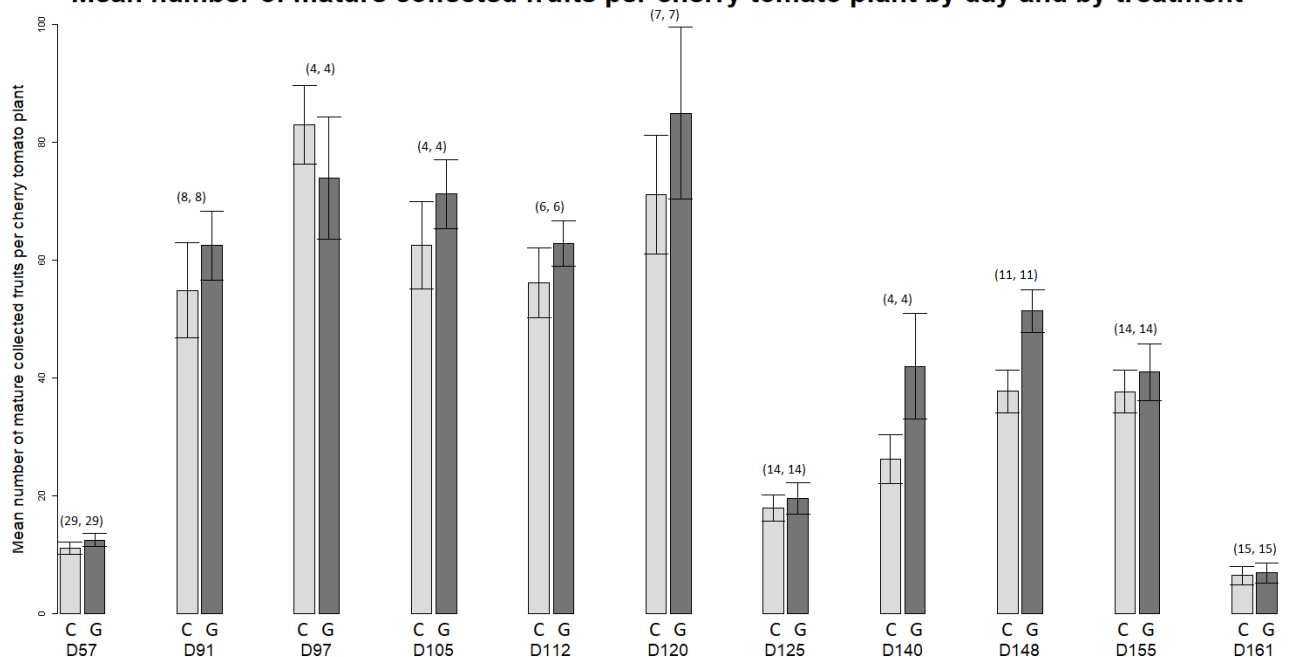
	Number of collected fruits			Total mass of collected fruits			Average mass of collected fruits		
	df	Chisq	p	df	F	p	df	F	p
Treatment	1	4.03	0.05	1,28	0.85	0.36	1,28	1.20	0.28
Date	10	3039.63	< 0.0001	10,153	30.26	< 0.0001	10,163	35.24	< 0.0001
Treatment*Date	-	-	-	10,153	4.97	< 0.0001	-	-	-

The number of collected fruits was significantly higher in the guano treatment than in the control ($\chi^2_1 = 4.03$, $P = 0.05$; Table 3; Figure 2). Interestingly, we found that the total mass of fruits was affected by the interaction between treatment and date ($F_{10,153} = 4.97$, $P < 0.0001$; Table 3). Indeed, the total mass of fruits per plant was significantly higher in the guano treatment on day 91 and day 148 than in the control, but significantly lower in the guano treatment than in the control on day 97 (respectively $W = 7$, $P = 0.01$; $W = 18$, $P = 0.01$; $t = 2.52$, $df = 5.98$, $P = 0.05$; Fig 2 B.). The guano treatment did not affect the average mass of fruit ($F_{1,28} = 1.20$, $P = 0.28$; Table 3).

Fig 2

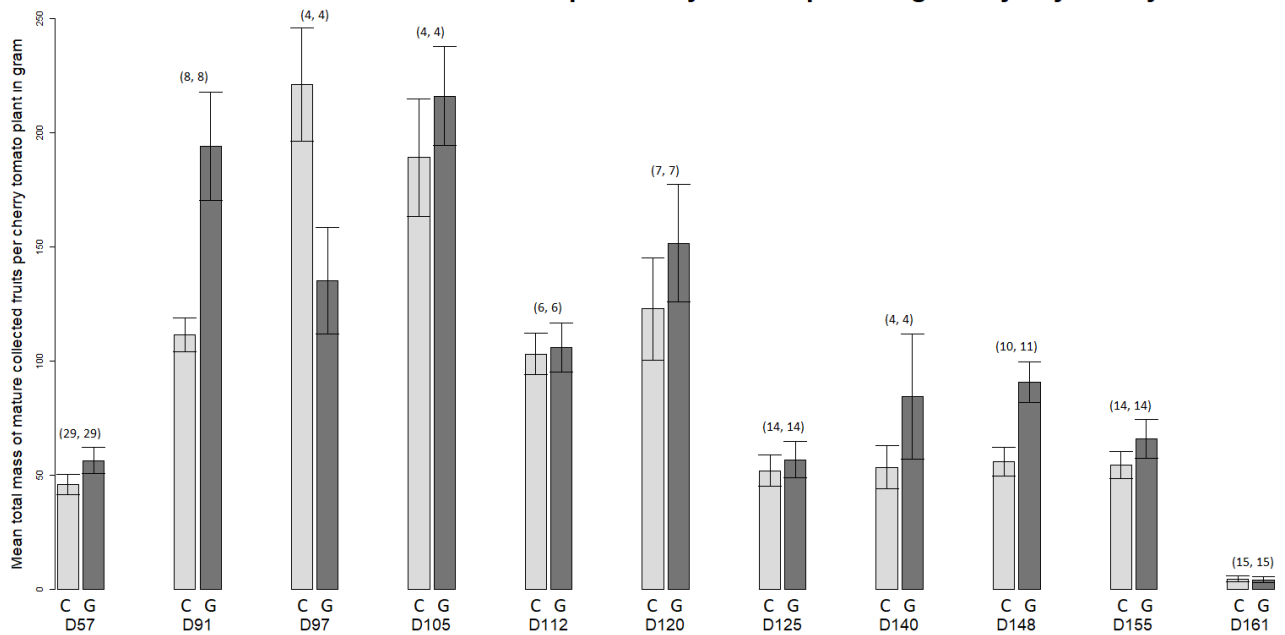
A.

Mean number of mature collected fruits per cherry tomato plant by day and by treatment



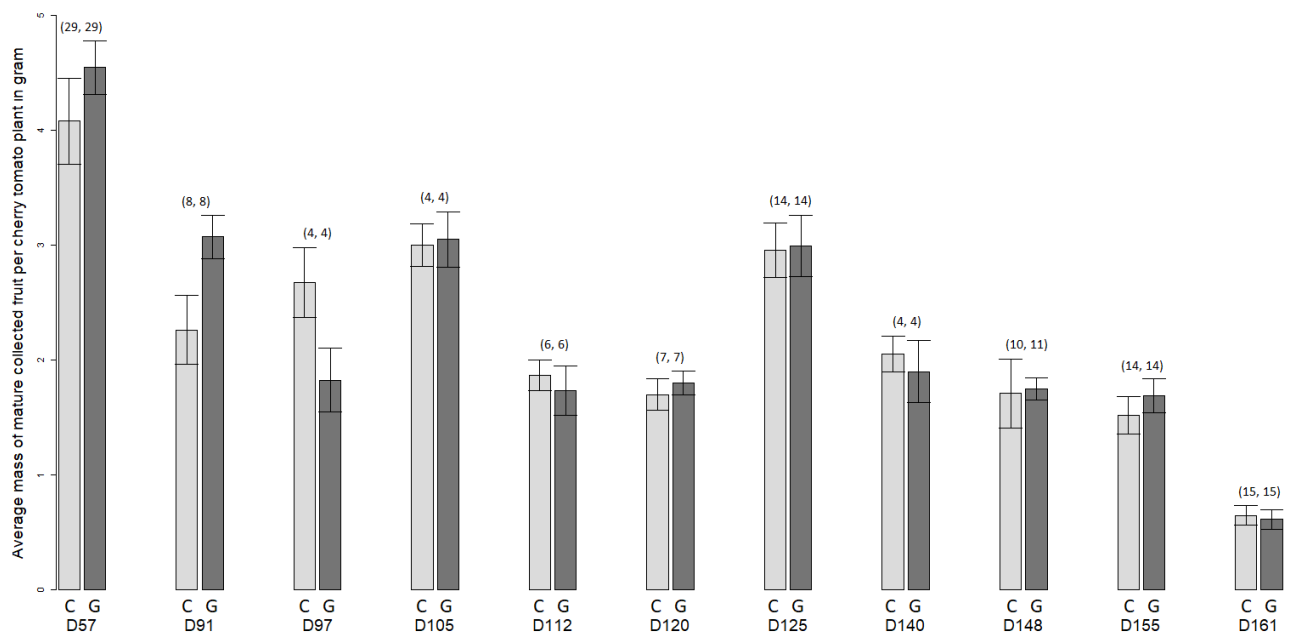
B.

Mean total mass of mature collected fruits per cherry tomato plant in gram by day and by treatment



C.

Average mass of mature collected fruit per cherry tomato plant in gram by day and by treatment



Mean number (A.), mean total mass in g (B.) and average mass in g (C.) of mature collected fruits per cherry tomato plant by day and by treatment. Error bars indicate the standard error of the mean. Numbers above barplot in brackets are the numbers of plants sampled. C: Control treatment; G: Guano treatment; D57: July 2017, the 28th; D91: August 2017, the 31st; D97: September 2017, the 6th; D105: September 2017, the 14th; D112: September 2017, the 21st; D120: September 2017, the 29th; D125: October 2017, the 4th; D140: October 2017, the 19th; D148: October 2017, the 27th; D155: November 2017, the 3rd; D161: November 2017, 9th.

Discussion

As predicted, we found positive impacts of guano on cherry tomato plants only 15 days after beginning of the treatment. Indeed, at D15, the plants were higher and tended to have more flowers in the guano treatment as compared to the control (Fig 1A. and 1B.).

In addition, the pigeon guano positively affected the number of fruits collected between D57 and D161 (Fig 2A.). Altogether, these results confirm that the pigeon guano constitute a good local fertilizer that could be used in urban agriculture. In agreements with our results, Togay and Ozalp (2015) report that this pigeon manure provide the best yield on wheat compared to chicken manure, sheep manure, municipal sewage sludge and certificated organomineral fertilizer. Pigeon guano was also used efficiently in association with chicken guano to make nutrient solution for growing lettuces with a hydroponic system (Abd-Elmoniem et al., 2001). The fertilizing effect of pigeon guano is due to its composition. In fact, this manure contains 3% nitrogen according to our personal measurements with the “NC Analyser” on a guano from a pigeon house at Fontenay-sous-Bois (near Paris, in France). This percentage is coherent with the previous measurement made by Li-Xian et al. (2007) who found 3.89 % of nitrogen. The amount of nitrogen is really important for plants because it is the most limiting element for plant growth (Tilman, 1984). Of course, plants need other elements for its development like phosphorus or potassium also present in pigeon guano, respectively 1.05% and 1.87% according to Li-Xian et al. (Li-Xian et al., 2007). In addition to its usefulness as a fertilizer, pigeon guano is also effective in controlling some parasitic nematodes of cultivated plants (Badra et al., 1979; Ismail & Youssef, 1997). Furthermore, mint cultivated with pigeon guano had more anti-oxidant properties than mint cultivated with other fertilizers such as manure from cows or fish, and chemical fertilizer (Ozbucak et al., 2014).

However, we did not detect an effect of the pigeon guano on the average mass of fruits (Fig 2C.), maybe because the guano was not present in a sufficient quantity to have an impact on this measure. Alternatively, the absence of this effect on the average tomatoes mass could be an evolutionary strategy of the cherry tomato plants investing in the number of fruits but less in the mass of fruits when nutrients are more available. Similarly, we found contrasted results depending of the date of collection for the total mass of tomatoes produced per plant (Fig 2B.). As we only added a small amount of guano into the cultivation bag, it may explain the contrasted results found. Therefore, it would be now interesting to test different amount of pigeon guano supplementation on cherry tomato plants to determine the best amount to add to optimize fruit yield. Furthermore, the timing of guano adding might also be crucial and future studies should determine the best timing and the frequency of supplementation of plants with this local fertilizer. Our effect has been until now limited to the cherry tomatoes, further experimental works testing the fertilizing effect of pigeon guano on different plants and vegetables are also encouraged. Indeed, previous works showed that the guano of seabird could be a good fertilizer for some plants but not for others (Young et al., 2011).

Even if we detected that pigeon guano presents many advantages for urban agriculture (fertilizing effect), it could alternatively be a source of several negative effects. First, this excrement is known to contain diseases that can be transmitted to humans (Greaves et al., 1992; Costa et al., 2010; Wu et al., 2012). Our process involved autoclave sterilization of the guano at 121°C that kill all pathogens. Another issue is the pollutants, such as trace metals, contained in guano. Such pollutants might be accumulated in fruits, making them not suitable for eating. Actually, there are some evidence that pigeons accumulate trace metals in their tissues in Paris and generally in all cities (Frantz et al., 2012) and these pollutants could also be present in the guano. In this context, it becomes crucial to measure these pollutants in the fruits produced in

the guano bag to check whether it does not increase the level of such pollutants as compared to the control and whether it does not exceed the toxic threshold. To test these hypotheses, we kept some samples of collected tomatoes in the freezer and we will measure the level of trace metals.

In conclusion, our study shows encouraging results about the potential utilization of pigeon guano in urban agriculture. We developed a simple process to use the pigeon guano produced in the pigeon houses as efficient fertilizer in urban agriculture. The feral pigeon is a widespread representative of urban biodiversity. However, it continues to suffer of a bad reputation (Jerolmack, 2008). The identification of ecosystem service provided by urban pigeons, as the one we tested in this study, may help to change the negative perception of pigeons by city dwellers. More generally, it may help the reconnection between human and nature even in urban area.

Acknowledgements

This project was funded by the “Institut de Transition Environnementale de Sorbonne Université”. We thank Espaces association for providing us with pigeon guano and Topager for logistical help and the loan of space on rooftop of Ivry-sur-Seine. We thank Fathia Chekroun for having autoclaved the guano. We are grateful to Pierre Federici, Claudy Haussy, Romain Péronnet and Claire Tirard for the help during the experiment. We thank Léo Faure for help with installation of the experiment and data collection. We finally thank David Rozen-Rechels for help in statistics.

Conflict of Interest: The authors declare that they have no conflict of interest.

Ethics statement: No ethical approvals were required.

Data policy: The data will be published on the open archives of our university "HAL-323 Sorbonne Université", once the article accepted.

References

- Abd-Elmoniem, E., El-Shinawy, M., Abou-Hadid, A., & Helmy, Y. I. (2001). Response of lettuce plant to feeding with unconventional sources under hydroponic system. *Acta Horticulturae*, (559), 549–554. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2001.559.80>
- Altieri, M. A., Companioni, N., Cañizares, K., Murphy, C., Rosset, P., Bourque, M., Miguel, A. (1999). The greening of the “barrios”: Urban agriculture for food security in Cuba. *Agriculture and Human Values*, 16, 131–140. <https://doi.org/10.1023/A:1007545304561>
- Anderson, W. B., & Polis, G. a. (1999). Nutrient fluxes from water to land : seabirds affect plant nutrient status on Gulf of California islands. *Oecologia*, 118(3), 324–332. <https://doi.org/10.1007/s004420050733>
- Aronson, M. F. J., Sorte, F. A. La, Nilon, C. H., Katti, M., Goddard, M. A., Lepczyk, C. A., Winter, M. (2014). A global analysis of the impacts of urbanization on bird and plant diversity reveals key anthropogenic drivers. *Proceedings of the Royal Society B*, 281, 1–8. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.3330>
- Badra, T., Saleh, M. a., & Oteifa, B. a. (1979). Nematicidal activity and composition of some organic fertilizers and amendments. *Revue de Nématologie*, 2(1), 29–36.
- Barthel, S., & Isendahl, C. (2013). Urban gardens, Agriculture, and water management: Sources of resilience for long-term food security in cities. *Ecological Economics*, 86, 224–234. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.06.018>
- Bodlovich, A., & Girardet, H. (2000). *Urban agriculture and sustainable cities. Growing cities, growing food. Urban agriculture in the policy agenda.* <https://doi.org/10.1177/095624789200400214>
- Bolund, P., & Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, 29(2), 293–301.
- Bryld, E. (2003). Potentials, problems, and policy implications for urban agriculture in developing countries. *Agricultures and Human Values*, 20, 79–86. <https://doi.org/10.1023/A:1022464607153>
- Costa, A. K. F., Sidrim, J. J. C., Cordeiro, R. A., Brilhante, R. S. N., Monteiro, A. J., & Rocha, M. F. G. (2010). Urban Pigeons (*Columba livia*) as a Potential Source of Pathogenic Yeasts : A Focus on Antifungal Susceptibility of *Cryptococcus* Strains in Northeast Brazil. *Mycopathologia*, 169(3), 207–213. <https://doi.org/10.1007/s11046-009-9245-1>
- Deelstra, T., Boyd, D., & Biggelaar, M. Van Den. (2001). Multifunctional land use: an opportunity for promoting urban agriculture in Europe. *Urban Agriculture Magazine / Resource Centre for Urban Agriculture (Ruaf) (En)*, 2001, 33–35.
- Frantz, A., Pottier, M. A., Karimi, B., Corbel, H., Aubry, E., Haussy, C., Castrec-Rouelle, M. (2012). Contrasting levels of heavy metals in the feathers of urban pigeons from close habitats suggest limited movements at a restricted scale. *Environmental Pollution*, 168, 23–28. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.04.003>
- Gasparini, J., Dauphin, L., Favreliere, J., Frantz, A., Jacquin, L., Recapet, C., & Prevot, A. C. (2017). Effects of confinement on body mass and site fidelity of feral pigeons during the setting-up of pigeon houses. *bioRxiv*, 194043.
- Greaves, I., Kane, K., Richards, N. T., Elliott, T. S. J., Adu, D., & Michael, J. (1992). Pigeons and peritonitis? *Nephrology Dialysis Transplantation*, 7(9), 967–969.

- Haag-Wackernagel, D. (2002). Feral pigeons: management experiences in Europe. *Atti*, 2, 25–37.
- Ismail, A. E., & Youssef, M. M. A. (1997). Influence of some organic manures as soil amendments on development and reproduction of *Rotylenchulus reniformis* infecting eggplant and *Hirschmanniella oryzae* infecting rice. *Anzeiger Fur Schadlingskunde Pflanzenschutz Umweltschutz*, 70(3), 58–61. <https://doi.org/10.1007/BF01996923>
- Jerolmack, C. (2007). Animal archeology: Domestic pigeons and the nature-culture dialectic. *Qualitative Sociology Review*, 3(1), 74–95.
- Jerolmack, C. (2008). How pigeons became rats: The cultural-spatial logic of problem animals. *Social problems*, 55(1), 72–94.
- Li-Xian, Y., Guo, L., Shi-Hua, T., Gavin, S., & Zhao-Huan, H. (2007). Salinity of animal manure and potential risk of secondary soil salinization through successive manure application. *Science of the Total Environment*, 383(1–3), 106–114. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.05.027>
- Lyytimäki, J., Petersen, L. K., Normander, B., & Bezák, P. (2008). Nature as a nuisance? Ecosystem services and disservices to urban lifestyle. *Environmental Sciences*, 5(3), 161–172. <https://doi.org/10.1080/15693430802055524>
- Mougeot, L. J. A. (2000). *Urban Agriculture: Definition, Presence, Potentials and Risks*. <https://doi.org/Cities Feeding People Series Report 31>
- Ozbucak, T. B., Erturk, O., Yildiz, O., Bayrak, A., Kara, M., Sahin, H., & Kiralan, M. (2014). The effect of different manures and synthetic fertilizer on biochemical and antimicrobial properties of *Mentha piperita* L. *Journal of Food Biochemistry*, 38(4), 424–432. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12069>
- Seto, K. C., Guneralp, B., & Hutyrá, L. R. (2012). Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(40), 16083–16088. <https://doi.org/10.1073/pnas.1211658109>
- Szpak, P., Longstaffe, F. J., Millaire, J. F., & White, C. D. (2012). Stable isotope biogeochemistry of seabird guano fertilization: Results from growth chamber studies with maize (*Zea Mays*). *PLoS ONE*, 7(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0033741>
- Tilman, D. (1984). Plant Dominance Along an Experimental Nutrient Gradient. *Ecology*, 65(5), 1445–1453.
- Togay, Y., & Ozalp, M. (2015). Effects of Yield and Quality Components of Traditional Fertilization and Different Organic Manure Sources on Tir Wheat (*Triticum aestivum* L. var. *leucospermum* (Körn.) Farw.). *Oxidation Communications*, 38(4), 1947–1954. <https://doi.org/10.3847/0004-6256/152/6/153>
- Wait, D. A., Aubrey, D. P., & Anderson, W. B. (2005). Seabird guano influences on desert islands: Soil chemistry and herbaceous species richness and productivity. *Journal of Arid Environments*, 60(4), 681–695. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2004.07.001>
- Wu, Y., Du, P.-C., Li, W., & Lu, J. (2012). Identification and Molecular Analysis of Pathogenic Yeasts in Droppings of Domestic Pigeons in Beijing, China. *Mycopathologia*, 174(3), 203–214. <https://doi.org/10.1007/s11046-012-9536-9>
- Young, H. S., McCauley, D. J., & Dirzo, R. (2011). Differential responses to guano fertilization among tropical tree species with varying functional traits. *American Journal of Botany*, 98(2), 207–214. <https://doi.org/10.3732/ajb.1000159>

Utilisation de guano de pigeons comme engrais sur des courgettes, des mâches et des radis dans le cadre de l'agriculture urbaine

Nous avons testé l'effet du guano de pigeons sur d'autres légumes l'année suivante de la culture des tomates cerises c'est-à-dire entre mai et novembre 2018. Les légumes qui ont été cultivés sont de différents types : un légume de type fruit, la courgette, un de type feuille, la mâche et un de type racine, le radis. Nous avons choisi différents types de légumes car ils cumulent différemment les métaux traces : les fruits sont ceux qui stockent le moins de métaux traces (Finster et al., 2004 ; Säumel et al., 2012), les feuilles le plus et les racines de façon intermédiaire (Alexander et al., 2006 ; Säumel et al., 2012). Les courgettes ont été plantées le 31 mai dans 30 sacs de plantation (1 plant par sac). Le 18 juin et le 12 juillet, 70 g de guano de pigeons dilués dans 1,5L d'eau ont été ajoutés aux 15 plants du traitement « guano » et 1,5L d'eau seule a été ajouté aux 15 plants du traitement « contrôle ». Le 10 août, les courgettes ont été récoltées. Fin juillet, la présence d'un champignon, l'oïdium, a été détectée sur les feuilles de courgettes sur tous les plants ; à cause de cela, les plants n'ont presque plus donné de courgettes après la première récolte (seulement deux, plutôt petites). Les mâches ont été plantées le 28 juin (5 graines dans chacun des 30 sacs de plantation) et 50 g de guano dilués dans 1,5L d'eau ont été ajoutés le 24 juillet aux 15 sacs du traitement « guano » et 1,5L d'eau seule a été ajouté aux 15 sacs du traitement « contrôle ». Les radis ont, quant à eux, été plantés le 28 septembre (8 graines dans chacun des 30 sacs) ; 45 g de guano dilué dans 1,5L d'eau ont été ajoutés le 13 novembre aux 15 sacs du traitement « guano » et 1,5L d'eau seule a été ajouté aux 15 sacs du traitement « contrôle ». Plus de précisions sur le matériel et méthode de cette expérience se trouvent dans l'article suivant intitulé « Quantifying trace metals in pigeon guano-fertilized vegetables in an urban agriculture context ». Les résultats indiquent que les courgettes ne sont pas plus nombreuses dans le traitement “contrôle” que dans le traitement “guano” (20 courgettes récoltées dans chacun des traitements). Les courgettes ne sont pas plus grandes (Test

de Wilcoxon : $W = 197,5$; $p = 0,96$), ni plus grosses avec le guano (Test de Wilcoxon : $W = 147,5$; $p = 0,16$). Les mâches ne pèsent pas plus avec le guano que sans (Test de Wilcoxon : $W = 567,5$; $p = 0,63$). En revanche, les radis sont plus gros avec le guano comparés aux radis cultivés sans guano (Test de Wilcoxon : $W = 1600,5$; $p = 0,002$). Le guano de pigeons est donc un bon engrais pour les tomates cerises, mais aussi pour les radis. Par contre, il n'augmente pas la production de mâches. Pour ce qui est des courgettes, nous n'avons pas détecté de différence significative entre les deux traitements mais les courgettes tendent à peser plus avec le guano de pigeons (p-value de 0,16). Du fait de la présence de l'oïdium, nous n'avons eu qu'une seule récolte, ce qui nous empêche de conclure sur la courgette. En effet, sur les récoltes de courgettes plus tardives, nous aurions pu avoir un effet significatif du guano de pigeons sur cette espèce. Ces résultats sur ces trois légumes seront valorisés sous forme d'un article.

Les pigeons sont connus pour accumuler des métaux traces dans leurs plumes (Frantz et al., 2012) et on peut penser qu'il en est de même pour leurs fientes. Cette pollution en métaux traces pourrait être transférée aux légumes cultivés avec le guano de pigeons et représenter un risque pour la santé humaine s'ils sont consommés ; c'est pourquoi nous avons décidé de mesurer les métaux traces dans les légumes que nous avons cultivés, ainsi que dans des échantillons de guano de pigeons utilisés et de la terre de culture. Avec une étudiante en master 1 en écologie, Hélène Machado, encadrée par Julien Gasparini et moi-même, nous avons séché, broyé et minéralisé les échantillons. Puis, les concentrations en métaux traces ont été mesurées à l'aide d'une ICP-MS à la plateforme "Alysés" à l'Institut de Recherche et Développement de Bondy. Hélène Machado a effectué les analyses statistiques et a rédigé l'article suivant.

Quantifying trace metals in pigeon guano-fertilized vegetables in an urban agriculture context

Hélène Machado¹, Julien Gasparini¹, Clarence Schmitt¹, Florence Brondeau², Chloé Duffaut¹

¹ *Sorbonne Université, UPEC, Paris 7, CNRS, INRA, IRD, Institut d'Ecologie et des Sciences de l'Environnement de Paris, 75005, Paris, France*

² *Sorbonne Université, Université Paris-Sorbonne Faculté des Lettres, ENeC Espaces, Nature et Culture FRE 2026, 75005, Paris, France*

Corresponding author

Chloé DUFFAUT

Institut d'Ecologie et des Sciences de l'Environnement

Sorbonne Université

Campus Pierre et Marie Curie, case 237

4 place Jussieu 75252, Paris, FRANCE

Tel: +33 (1) 44 27 42 55

Email: chloe.duffaut@upmc.fr

Abstract

Urbanisation threatens the ecological integrity of the environment, its biodiversity and landscapes, by artificializing and denaturing soils. In order to reconnect citizens and the surrounding nature, we focused in this study on an ecosystem service provided by the feral pigeon (*Columba livia*): the use of guano as a crop fertilizer. In a previous study, we already found a positive effect of guano soil supplementation on tomato production. However, pigeons living in an urban environment are exposed to trace metals which could be found in the guano and then may potentially be transferred into fertilized vegetables which could prevent their consumption. To test this hypothesis, we quantified trace metals in vegetables fertilised with pigeon guano, in comparison with vegetables grown without guano for four vegetable species: zucchini (*Cucurbita pepo*), lamb's lettuce (*Varianella locusta*), radishes (*Raphanus sativus*) and cherry tomatoes (*Solanum lycopersicum*). Results indicate that the use of guano did not have any significant effect on metal concentrations in the vegetables. However, we found that metal concentrations depended on the vegetables species; the lowest concentrations were found in the tomatoes. In the context of urban agriculture, our results suggest that pigeon guano could be an interesting ecosystem service enhancing vegetables production without increasing the presence of potential toxic metals in such vegetables.

Introduction

Urban agriculture is increasing in occidental urban areas, and could bring solutions to alleviate socioeconomic and environmental issues caused by urbanization. According to the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2009), 60% of human populations live now in cities and this proportion is expected to reach 80% up to 2050. The increasing urbanization is a major problem, causing artificialization and mineralization of soils and disrupting biodiversity, climate and landscapes (Antrop, 2004; Concepción et al., 2015) at the expense of arable fields. This enforces to make urban life and infrastructures greener, by valorising urban ecosystem services (Elmqvist et al., 2015) and finding sustainable solutions to feed a growing population away from rural areas. The aim is to combine urbanism, nature and food, conciliating the city with agriculture and ecology.

To reconnect citizens to the surrounding nature, it is crucial to investigate factors improving citizens' perception of urban spontaneous fauna. In this context, we considered that knowledge on ecosystem services provided by urban fauna could play this role. We focused our previous study on the perception towards the feral pigeon (*Columba livia*) and investigated a correlation between its ecosystem use (i.e. services it could bring) and its perception by people. To do so, we studied the fertilizing effect of pigeon guano (Duffaut et al., submitted). Guano is widely studied in marine birds and is known to have fertilizing properties on many vegetal species as it is a source of nutrients in the soil and increases crop productivity (Wait et al., 2005; Young et al., 2001). Previous studies have shown that pigeon guano was one of the most efficient manures because it increases plant's absorption abilities (Togay & Ozalp, 2015). Accordingly, we previously showed its positive effect on the production of cherry tomato (Duffaut et al., submitted).

However, the feral pigeon living in big cities (as Paris) is known to be highly exposed to trace metals that can be accumulated in different tissues or excreted in the guano (Nam et al., 2004). Accordingly, trace metals concentrations found in different tissues in urban individuals were elevated (Alloway, 2004; Frantz et al., 2012). In this context, we hypothesized that trace metals might be transferred from guano to fertilized plants, particularly in fruit and vegetables. This could be an important issue for human consumption and therefore it is crucial to test whether or not guano could be a sustainable alternative to chemical fertilizers used in urban horticulture. The goal of this study was to experimentally test this hypothesis, by first estimating trace metals concentrations in pigeon guano and, second comparing trace metals concentrations in vegetables produced by plants fertilized with pigeon guano (fertilized group) with these same concentrations in vegetables produced by plants not fertilized with guano (control group).

If our hypothesis is true, trace metals concentrations are expected to be higher in guano-fertilized vegetables as compared to control group. Furthermore, previous studies showed that plants' accumulation abilities of trace metals vary according to species (Alexander *et al.*, 2006; Ali & Al-Qahtani, 2012): leafy vegetables tended to accumulate more metals, whereas fruit seemed to be the lowest accumulator. We therefore tested our hypothesis in four plant species: two fruit (cherry tomato and zucchini), one root plant (radish) and one leafy vegetable (lamb's lettuce) which were grown in a pigeon guano-implemented soil or in a control-soil (i.e. without guano). Vegetables were then collected when mature, weighted, crushed and mineralized, and then concentrations of 7 trace elements were analysed using Inductively-Coupled Plasma Mass Spectrometer (ICP-MS): chrome, nickel, copper, zinc, arsenic, cadmium and lead. Trace metal concentrations were expected to be higher in lamb's lettuce, and lower in cherry tomatoes and zucchini.

Material and methods

Guano preparation

The guano used for the cherry tomato culture was collected in April 2017 by the “Espaces” association, from 5 different pigeon houses near Paris (France, see Table 1 for exact locations and Duffaut et al., submitted). The guano used for the three other vegetables was collected in March 2018 in the pigeon house “La Fontaine”, located in Fontenay-sous-Bois (close to Paris, France). All pigeon houses hosted only the feral pigeon (*Columba livia*). After each collection, the guano was autoclaved conventionally at 121°C, 1 bar, during 20 minutes to kill any pathogen, and then dried in oven at 60°C for 6 days. Except for cherry tomatoes, concentrations of added guano were calculated considering the nitrogen quantities required for the growth of each species, as prescribed by the supplier, AGROSEMENS company. For cherry tomatoes, all the collected guano of the first year of the experiment was dispersed through the crop.

Vegetables growth

Plants were grown at Ivry-sur-Seine (adjacent to Paris, France), on the rooftop of an ancient water treatment plant. The experiment took place between June, 2017 and November, 2018 (see Table 1 for details). Two-month-old cherry tomato plants (*Solanum lycopersicum*) were provided by the company “La Gitinière” (Soings-en-Sologne, France), and zucchini seeds (*Cucurbita pepo*), lamb’s lettuce seeds (*Varianella locusta*) and radish seeds (*Raphanus sativus*) came from the AGROSEMENS company (Rousset, France). Plants and seeds were planted into 90 geotextile bags (50 cm diameter and 30 cm high) placed in 90 water tanks (recycled HDPE, 59 cm square and 7 cm high), containing a 7-cm-thick layer of clay balls, a

geotextile filter (20 cm²) and growing medium (ID Flore substrate range developed by “Le Prieuré”, composition: mostly mineral: pozzolana, expanded clay, vegetal organic matter; organic matter: <6% of dry matter, grain size: < 16mm, pH: between 6 and 9) by 20 cm high.

Cherry tomatoes were planted in June 2017; zucchini, lamb’s lettuce and radishes were planted on the following year, in May, June and September 2018 respectively (Table 1). Each plant type was grown in 30 bags: 15 bags were added a given quantity of guano in 1.5 L of water, and the other 15 were added 1.5 L of water only. An automatic irrigation system was set up from 3 minutes per day to 10 minutes per day on drier days. An organic antifungal treatment against oidium was applied on zucchini leaves twice, in August and September 2018, containing 1/10 of semi-skimmed milk and 9/10 of water (total: 6 L). Vegetables were then cropped, weighted and frozen. Growth and crop parameters are detailed in Table 1.

Species	Plantation date	Collection date	Irrigation per day	Guano			Number of plants			Number of samples
				Addition date	Qty per bag	Origin	Per bag	Tot.	Collected plants/fruit	
Cherry tomato (<i>Solanum lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>)	01/06/17	04/10/17 (D125) 19/10/17 (D140) 27/10/17 (D148) 03/10/17 (D155) 09/11/17 (D161)	3min	01/06/17 (D0)	14 to 18g for 1.5L water	Parc des Pléiades (Courbevoie), Parc des Couronnes (Courbevoie), La Plaine, Parc de la Maison Blanche, Trivaux (Clamart)	2	58	114	91 (+ 9 replicates)
Zucchini (<i>Cucurbita pepo</i> var. <i>giromaontina</i>)	31/05/18	10/08/18 (D71)	3min (1 month) 2×6min (3 weeks) 2×5min (1 month)	18/06/18 (D18) 12/07/18 (D42)	2 x 70g for 1.5L water	De la Fontaine pigeon house, Fontenay-sous-Bois	1-2	30	40	31 (+ 3 replicates)
Lamb’s lettuce (<i>Valerianella locusta</i>)	28/06/18	10/08/18 (D43) 16/10/18 (D103)	2×6min (3 weeks) 2×5min (1 month)	24/07/18 (D26)	50g for 1.5L water		5	150	46	41 (+ 5 replicates)
Radish (<i>Raphanus sativus</i>)	28/09/18	13/11/18 (D46)	2×3 min	09/10/18 (D11)	45g for 1.5L water		8	240	136	17 (+ 1 replicates)

Table 1: Growth and crop parameters: dates of plantation, collection and guano addition, guano quantity and origin, number of cultivated plants and of final samples. In brackets, the age of plants at the given dates.

Sample preparation and mineralization

Samples were prepared and mineralized in our lab, from the 27th of February to the 4th of April, 2019. The method used was adapted from Ghosh et al. (2013) and Rehman et al. (2013). Vegetables were unfrozen, washed with distilled water and then dried in oven at 70°C for a week. To check dryness, vegetables were regularly weighted, until obtaining a stable dry mass. Dry vegetables were finally weighted (± 0.1 mg) and crushed using RETSCH MIXER MILL MM 200 inox ball mill for the radishes, RETSCH ULTRA CENTRIFUGE ZM 200 rotor mill for the zucchini, and using a ceramic hand mortar and pestle for the tomatoes and lamb's lettuce. Some radishes, tomatoes and lettuce were assembled to have a sufficient mass for mineralization. The final sample sizes are given in Table 1.

All samples were mineralized in 5 acid attacks. Zucchini were mineralized during the 1st and 2nd acid attack, lamb's lettuce was prepared in the 1st, 2nd and 3rd, the radishes in the 3rd attack and the tomatoes in the 4th and 5th attacks. We sampled 180 to 200 mg (± 13 %) of each mashed vegetable and mixed it with 2 mL of 68% nitric acid HNO_3 (FISHER CHEMICAL, $d = 1,4$) in 25 mL pyrex flasks, washed beforehand with 2% acid for 24 hours. Flasks were then heated on a heating plate at 50°C for 24 hours. After 13 days of acidic dissolution, we added 23 mL of distilled water to obtain a final volume of 25 mL. Soil and guano samples were also prepared and mineralized using the same protocol (6 soil samples and 8 guano samples, from all locations). Twenty-one samples and all soil and guano samples were filtrated using Whatman n°41 filters. For 20 samples, one sample containing 200 mg ($\pm 13\%$) of certified material (rye grass, European Reference Materials, ref: ERM-CD281) was prepared, along with one blank sample containing nitric acid only.

Trace metal analysis

The ICP-MS analysis took place at the “Alysés” Plateforme (Bondy, France), from the 9th to the 19th of April, 2019. Samples were analysed using the ICP-MS Agilent 7500 spectrometer. Six mL of each sample was transferred into Teflon tubes for the analysis. The certified material, the guano and the soil samples were diluted at 1/10 with 2% nitric acid. Concentrations of 7 elements were analysed: chrome (^{52}Cr and ^{53}Cr), nickel, copper (^{63}Cu and ^{65}Cu), zinc, arsenic, cadmium (^{112}Cd and ^{114}Cd) and lead. For the elements with several measured isotopes, we calculated the mean concentration. Results were given in hits per second (HPS), and converted into parts-per billion using a calibration range given by standard solutions, which contain known concentrations of the element of interest. Parts-per billion concentrations (C_{ppb}) were converted into parts-per million (C_{ppm}) as:

$$C_{ppm} = \frac{C_{ppb} * 25}{M}$$

where M is the mass of the sample and 25 is for the volume of the solution.

To adjust data accuracy (DA) to our results, we calculated the difference between the measured concentrations in the certified material (MC) and the expected concentrations (EC), and computed by:

$$DA = \frac{EC - MC}{MC} * 100 \quad (1)$$

The machine drift was also calculated, using the standard solution. This solution was measured every 5 samples and the drift was then given by:

$$D = \frac{St1 - St2}{St2} * 100 \quad (2)$$

where $St1$ is the first measurement of the standard solution and $St2$ the second measurement.

Data accuracy and drift were considered in the treatment of the data when superior to $\pm 5\%$.

Surprisingly, high zinc concentrations found in the measured blanks could possibly showed a contamination for this element. We therefore considered these zinc values with caution in our results.

The European legislation limits arsenic, chrome, nickel, cadmium and lead concentrations in vegetables and fruit for human consumption. Arsenic is controlled only in rice products, and the European Food Safety Authority (EFSA) recommends “Admissible” and “Tolerable Daily Intakes” (ADI and TDI) for chrome and nickel, which cannot be compared to our results. The only limits we can compare with our results are for cadmium and lead, as they are given in concentrations by the European Commission (Table 2 (a)). In order to confront our results to these norms, concentrations were converted from mg/kg of dry weight to mg/kg of wet weight (see Table 3 for detailed results), using conversion coefficients, obtained by calculating for each vegetable, a correlation between the mean of their fresh mass and the mean of their dry mass (conversion coefficients in Table 2 (b)). This conversion also allows to obtain the really-consumed metal concentrations.

(a)		Zucchini	Cherry tomato	Radish	Lamb's lettuce
[Cd] (mg/kg WW)		0.05			0.20
[Pb] (mg/kg WW)		0.10	0.20	0.30	

(b)		Zucchini	Cherry tomato	Radish	Lamb's lettuce
Coefficient		21.376	5.0430	17.448	7.5107

Table 2: (a) European authorized limits, according to the European Commission Statement. (b) Dry/wet weight conversion coefficients for each vegetable species. WW: wet weight; Cd: cadmium; Pb: lead.

(a)		Zucchini		Cherry tomato		Radish		Lamb's lettuce	
Conc.		mg/kg DW	mg/kg WW	mg/kg DW	mg/kg WW	mg/kg DW	mg/kg WW	mg/kg DW	mg/kg WW
Control	Cr	1.1830	0.055344	0.17402	0.034507	19.157	1.0979	0.28211	0.037561
	Ni	0.52284	0.024459	0.035316	0.0070029	1.4172	0.081223	0.57946	0.077151
	Cu	7.1885	0.33629	3.3035	0.65506	14.526	0.83253	4.9799	0.66304
	Zn	9.1980	0.43030	19.600	3.8867	23.673	1.3568	28.943	3.8535
	As	0.03839	0.0017961	0.88470	0.17543	0.039663	0.0022732	0.071138	0.0094716
	Cd	0.70221	0.032850	0.29053	0.057612	0.12790	0.0073302	0.96198	0.12808
	Pb	7.3574	0.34419	0.99006	0.19632	1.7427	0.099878	10.760	1.4326
Guano	Cr	1.1349	0.053092	0.18203	0.036096	24.893	1.4267	0.76843	0.10231
	Ni	0.51692	0.024183	0.054176	0.010743	0.91151	0.052241	1.3360	0.17787
	Cu	7.6491	0.35784	3.1716	0.62892	6.5863	0.37748	6.7030	0.89246
	Zn	7.4432	0.34820	28.581	5.6676	12.746	0.73049	27.770	3.6974
	As	0.032434	0.0015173	1.2519	0.24824	0.042010	0.0024077	0.078574	0.010462
	Cd	1.1599	0.054262	0.19699	0.039063	0.43954	0.025191	0.87382	0.11634
	Pb	12.955	0.60606	0.95653	0.18968	4.1627	0.23857	10.629	1.4152
(b)		Zucchini		Cherry tomato		Radish		Lamb's lettuce	
SEM		mg/kg DW	mg/kg WW	mg/kg DW	mg/kg WW	mg/kg DW	mg/kg WW	mg/kg DW	mg/kg WW
Control	Cr	0.26750	0.012514	0.063189	0.012530	2.1047	0.12062	0.058850	0.0078355
	Ni	0.12139	0.0056788	0.012849	0.0025479	0.32359	0.018546	0.17915	0.023853
	Cu	0.62777	0.029368	0.12779	0.025340	1.5064	0.086337	0.67655	0.090078
	Zn	2.8273	0.13226	4.1975	0.83234	10.675	0.61179	7.8625	1.0468
	As	0.0033128	0.00015498	0.28246	0.056010	0.039663	0.0022732	0.0088870	0.0011832
	Cd	0.14472	0.0067703	0.098835	0.019599	0.11931	0.0068382	0.25164	0.033504
	Pb	1.5528	0.072643	0.26635	0.052815	1.2648	0.072492	2.9236	0.38926
Guano	Cr	0.15399	0.0072037	0.062895	0.012472	4.8713	0.27919	0.15947	0.021232
	Ni	0.062664	0.0029315	0.015687	0.0031107	0.20409	0.011697	0.30066	0.040030
	Cu	0.63687	0.029794	0.11229	0.022268	0.50580	0.028989	0.59562	0.079302
	Zn	2.2923	0.10724	5.3738	1.0656	4.0170	0.23023	4.8275	0.64275
	As	0.0047912	0.00022414	0.28961	0.057428	0.015345	0.00087944	0.011876	0.0015812
	Cd	0.19696	0.0092139	0.047140	0.0093477	0.10103	0.0057904	0.22202	0.029561
	Pb	2.3183	0.10845	0.23662	0.046922	0.97122	0.055663	2.5924	0.34516

Table 3: Mean metal concentrations (a) and standard errors of mean (SEM) (b) in vegetables for each treatment. Values are in mg/kg of dry weight (DW) and in mg/kg of wet weight (WW).

Repeatability

For each 10 prepared samples, the 10th was replicated. In total, 18 samples were prepared twice, which means 18 groups of 2 samples. Repeatability was calculated for each element

according to Lessells and Boag (1987) method. Analysis of variance (ANOVA) were made on the samples measurements in order to compare variances within groups and among groups. Table 4 shows repeatability coefficients for each element. Globally, these coefficients were good for copper, zinc and arsenic ($r > 0.6$) and great for the other elements ($r > 0.9$).

Element	MS _w	MS _a	n ₀	r
Cr	0.0168	2.9788	2	0.989
Ni	0.046	3.536	2	0.974
Cu	1.055	7.001	2	0.738
Zn	411.9	2133.7	2	0.676
As	0.781	5.206	2	0.739
Cd	0.0848	1.5054	2	0.944
Pb	11.25	244.53	2	0.912

Table 4: Repeatability coefficients for each element. MS_w : variance (Mean Square) within groups; MS_a: variance among groups; n₀: coefficient linked to group size; r: repeatability. Cr: chrome; Ni: nickel; Cu: copper; Zn: zinc; As: arsenic; Cd: cadmium; Pb: lead.

Data analysis

All data analysis was performed using RStudio (version 1.1.463) with “DescTools”, “nlme” and “PMCMR” packages. Differences between guano and soil metal levels were analysed using Wilcoxon’s non-parametric tests. For each element, we conducted a linear mixed model (normal distribution) to examine if the species (tomato, radish, lamb’s lettuce and zucchini), the treatment (guano or control) or their interaction could impact the metal concentrations found in vegetables. The bag and plant were included as random factors to take into account for pseudo-replication, as some fruit come from the same plant or bag. Non-significant interactions were removed step-by-step to obtain the final model. When interaction was significant, a Wilcoxon’s non-parametric test was performed to test the treatment effect (control vs. guano) on each species independently. When species effect was significant, differences were tested using Nemenyi’s post-hoc tests. Although our trace metals

concentrations were not normally distributed, we used a linear mixed model which is known to be robust enough to the violation of this condition, especially when sample number is superior to 30 and residuals' distribution seem to be normal here (Bushway, Brame & Paternoster, 1999), which is the case here.

Results

Trace metals in soil and the guano used for fertilization

Concentrations in soil and in guano were not significantly different for copper, cadmium and lead (Wilcoxon test, $p = 0.66$; $p = 0.35$ and $p = 0.75$ respectively) (Fig. 1). Significantly higher concentrations were found in soil for chrome ($p = 0.02$), nickel ($p < 0.001$) and arsenic ($p = 0.002$; Fig. 1), and on the opposite, zinc concentrations were higher in guano ($p = 0.01$; Fig. 1).

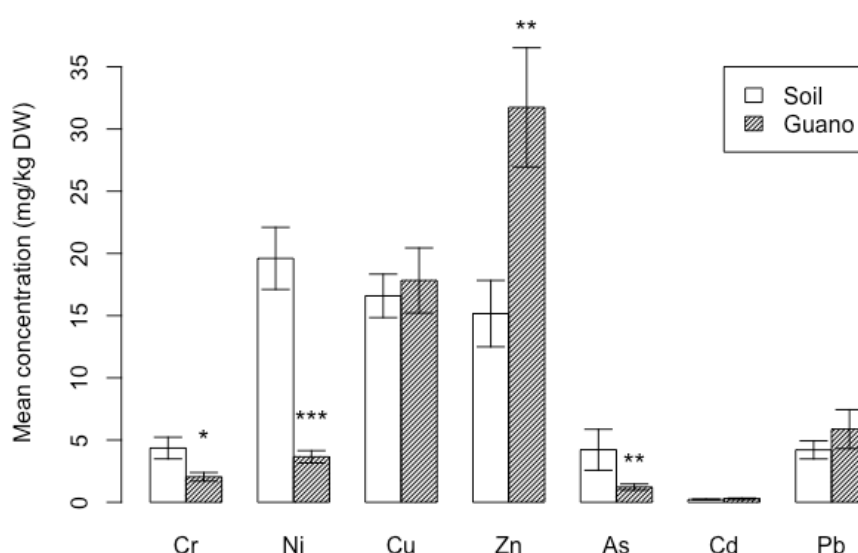


Fig. 1: Mean metal concentrations in mg/kg dry weight (DW), in soil and in the guano used in the “guano” treatment. Arrows indicate standard errors of means. Cr: chrome, Ni: nickel, Cu: copper, Zn: zinc, As: arsenic, Cd: cadmium and Pb: lead. Significance was tested using Wilcoxon’s non-parametric test. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

Trace metals in vegetables

Linear-mixed models highlighted a significant effect of species on metal concentrations for all elements, and no significant effects of the treatment on metal concentrations except for copper. Indeed, for this metal only, a significant interaction between treatment and species on concentrations was detected (Table 5).

	df	F	p-value	df	F	p-value	df	F	p-value
	Cr			Ni			Cu		
treatment	1,96	0.83	0.37	1,96	1.32	0.25	1,93	0.04	0.85
species	3,96	108.16	<0.0001	3,96	11.86	<0.0001	3,93	8.07	0.0001
trtmt:species	—	—	—	—	—	—	3,93	5.40	0.0018
	Zn			As			Cd		
treatment	1,96	1.16	0.28	1,96	0.82	0.37	1,96	0.11	0.74
species	3,96	7.75	0.0001	3,96	8.36	0.0001	3,96	5.22	0.0022
trtmt:species	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Pb								
treatment	1,96	0.12	0.73						
species	3,96	16.55	<0.0001						
trtmt:species	—	—	—						

Table 5: Output of the linear-mixed models explaining differences of trace elements concentrations according to species and treatment. Non-significant interactions ($p > 0.12$) were removed step-by-step (dash line) to obtain the final model. Cr: chrome, Ni: nickel, Cu: copper, Zn: zinc, As: arsenic, Cd: cadmium and Pb: lead.

Copper. The significant interaction between treatment and species for copper (Table 5) is driven by the fact that the copper concentrations in radishes were significantly higher in control group as compared to fertilized group ($F_{1,12} = 37.1$; $p = 1 \times 10^{-4}$), which was not the case for the other species (zucchini: $F_{1,24} = 0.14$, $p = 0.71$; tomato: $F_{1,29} = 0.52$, $p = 0.48$; lamb's lettuce: $F_{1,28} = 1.83$, $p = 0.19$) (Figure 2 A). In addition, copper concentrations were significantly

higher in the radishes of the control treatment. Globally, concentrations were higher in the tomatoes and lamb's lettuce. (Fig. 2 A, post-hoc test; $p < 0.01$).

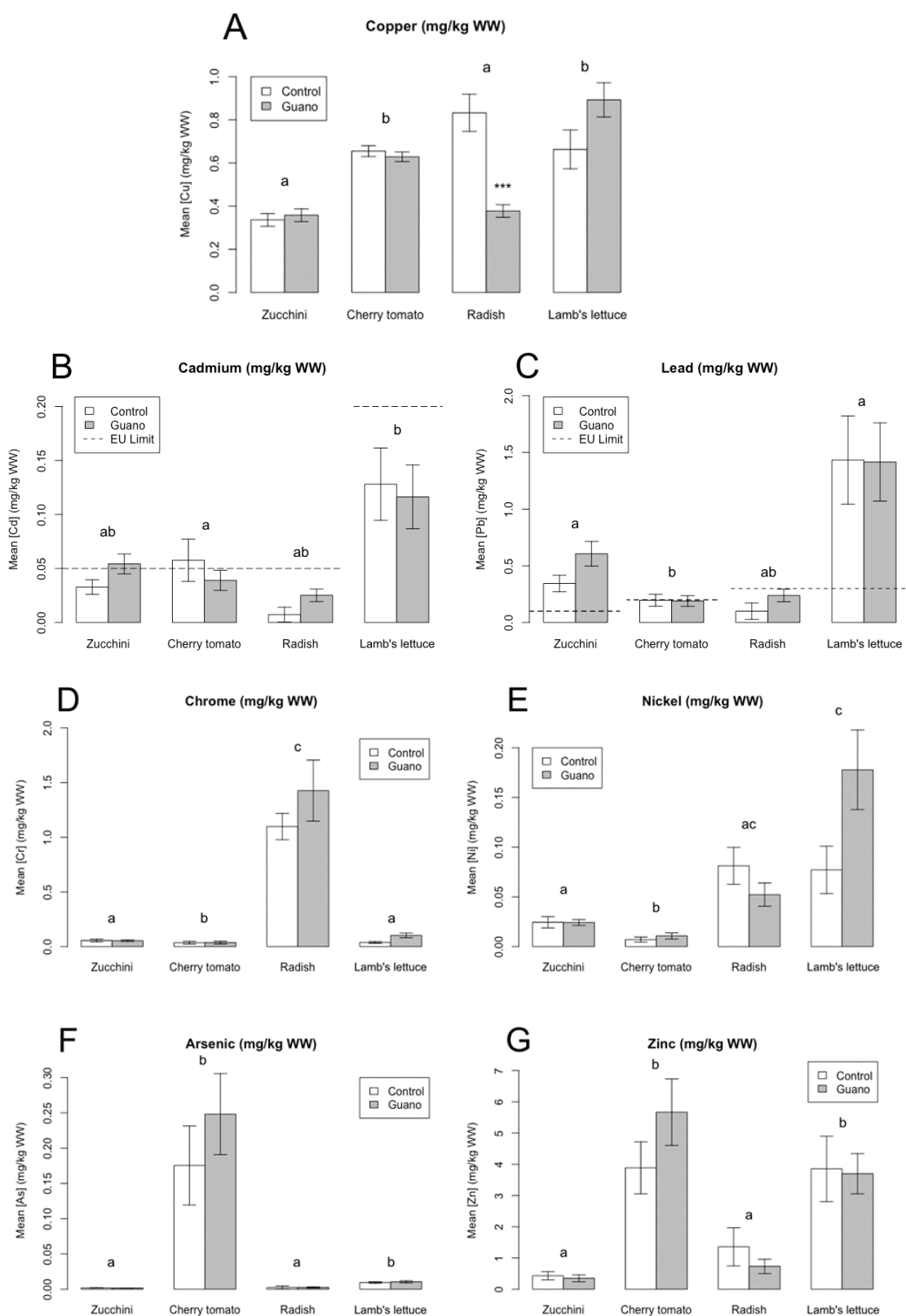


Fig. 2: Mean metal concentrations in mg/kg wet weight (WW): copper (A), cadmium (B), lead (C), chrome (D), nickel (E), arsenic (F) and zinc (G), found in zucchini, cherry tomatoes, radishes and lamb's lettuce, in guano and control treatments. Arrows indicate standard errors of means. Differences between species (a, b, c) were tested using Nemenyi's post-hoc tests ($p < 0.05$). For each species, treatments (guano vs. control) were compared using Wilcoxon's non-parametric test (*** $p < 0.001$). For cadmium (B) and lead (C), dotted lines show the admissible limits for human consumption, established by the European Union.

Cadmium and lead. Lamb's lettuces had the highest cadmium and lead concentrations, the lowest levels were found in tomatoes (post-hoc test; $p < 0.05$ and $p < 1.1 \times 10^{-5}$ for cadmium and lead respectively; Fig. 2 B and C). Concentrations in radishes were below the cadmium and lead European limits for human consumption. Levels in tomatoes reached the legal limit, and were slightly beyond it for cadmium. Zucchini's concentrations exceeded both cadmium and lead limits, and lamb's lettuces concentration of lead only exceeded the limit.

Other elements. Chrome concentrations were significantly higher in radishes (Fig. 2 D, post-hoc test, $p < 5 \times 10^{-4}$). Cherry tomatoes have the lowest concentrations of chrome and nickel (Fig. 2 D and E, post-hoc test; $p < 1.5 \times 10^{-5}$ and $p < 2.6 \times 10^{-5}$ respectively), and, with the lamb's lettuce, the highest concentrations of arsenic and zinc (Fig. 2).

Discussion

Contrary to our predictions, our results showed no significant difference between vegetables grown with and without pigeon guano: a guano input had apparently no effect on metal concentrations in vegetables. Besides, the soil was found to contain higher metal concentrations than guano (Fig. 1), suggesting that trace metals found in vegetables could not only come from a guano input, but also from the soil. Moreover, metal concentrations were not checked in the irrigation water, and therefore could have contaminated the soil and the

vegetables. Finally, the urban environment induces a substantial pollution on crops from the air and the soil, because urban soils tend to have higher metal levels (Osma et al., 2013; Pandey & Pandey, 2014). Accordingly, Säümel et al. (2012) have found higher trace metal levels in vegetables from urban horticulture than in supermarket products. Horticulture products could then be polluted due to their urban location, especially if they are cultivated in high traffic areas. In our study, vegetables were grown in an inner city green roof, explaining the high levels of metals in soil and in our samples, including in the control treatment. Therefore, our results clearly outlined that the guano can be used as fertilizer in an urban agriculture context as it does not transfer additional toxic metals in vegetables products.

In the context of vegetable consumption, few trace metals are restricted by the European Commission (according to the European Food Safety Authority, EFSA). The only strictly limited metals are lead and cadmium. Lead concentrations in zucchini and lamb's lettuce are highly over the limits (Fig 2. C). Cherry tomato levels are borderline. Radish's cadmium and lead levels seem suitable for human consumption. For other metals, even if vegetables are not controlled, restrictions exist for drinking water and some food (e.g. rice or fish). The EFSA recommends "Tolerable" and "Admissible Daily Intakes" (TDI and ADI) for chrome and nickel ($TDI_{Cr} = 0.3$ mg per kg of body weight (kgBW); $ADI_{Ni} = 2.8$ μ g/kgBW). For a 70kg-weight-individual, these intakes correspond to 21 mg and 0.2 mg for chrome and nickel respectively. To compare roughly, this means a 70kg-weight-individual would have to eat at least 387 kg of zucchini (approximately 2732 pieces based on the weight of our own vegetables) and 300 kg of lamb's lettuce to exceed chrome's tolerable intake, which is hardly plausible. To exceed nickel's tolerable intake, it would need 8.2 kg of zucchini (approx. 59 pieces) or 1.6 kg of lamb's lettuce per day. Therefore, special caution on lamb's lettuce is recommended.

For all elements except zinc and arsenic, the lowest concentrations were found in tomatoes, which confirms our predictions. The high arsenic levels in tomatoes (Fig. 2 F) can be explained by the fact that the fruit secondly collected on tomato plants (i.e. picked after a first fruit was collected) had significantly higher levels of arsenic than the first collected (Kruskal-Wallis test, $p < 0.001$; posthoc test, $p < 0.01$). This could be related to an accumulation of arsenic in plants. As tomatoes were cultivated one year before the other vegetables, trace metals could have accumulated in soil and explain the higher levels found in other vegetables. For all elements except for chrome, arsenic and zinc, metal levels were high in lamb's lettuce (Fig. 2), as expected from the results of several previous studies (Alexander et al., 2006; Ali & Al-Qahtani, 2012; Papa et al., 2009; Säümel et al., 2012). Lead concentrations were higher in zucchini than expected. Ali & Al-Qahtani (2012) found higher lead levels in cucumbers, which are in the same botanical family as zucchini; this could then be consistent with our results. Furthermore, the results of Säümel et al. (2012) showed that the levels found in vegetables vary significantly according to crop locations, which might explain the variation between expected and measured concentrations.

To conclude, the fertilizing effect of urban pigeon guano is therefore a good ecosystem service that does not represent an increased risk of trace metal pollution. However, attention must be paid to the consumption of products grown in the city that may contain concentrations in certain trace metals such as lead that are too high for human health.

Acknowledgements

This project was funded by the “Institut de Transition Environnementale de Sorbonne Université”. We thank Espaces and AERHO (Association Espaces de Rencontres entre les Hommes et les Oiseaux) associations for providing us with pigeon guano and Topager for logistical help and the loan of space on the rooftop of Ivry-sur-Seine. We are grateful to Léo Faure, Pierre Federici, Claudy Haussy, Romain Péronnet and Claire Tirard for the help during the experiment. We thank Fathia Chekroun and David Carmignac for having autoclaved the guano. We are grateful to Yoan Marcangeli for the help during drying and mineralization of samples. We thank Alysés platform and in particular Irina Djouraev and Florence Le Cornec for the analysis of trace metals.

Conflict of Interest: The authors declare that they have no conflict of interest.

References

- Alexander, P.D., Alloway, B.J., & Dourado, A.M. (2006). Genotypic variations in the accumulation of Cd, Cu, Pb and Zn exhibited by six commonly grown vegetables. *Environmental Pollution*, 144, 736-745.
- Ali, M.H.H., & Al-Qahtani, K.M. (2012). Assessment of some heavy metals in vegetables, cereals and fruits in Saudi Arabian markets. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 38, 31-37.
- Alloway, B.J. (2004). Contamination of soils in domestic gardens and allotments: a brief overview. *Land Contamination and Reclamation*, 12(3), 179-187.
- Antrop, M. (2004). Landscape change and the urbanization process in Europe. *Landscape and Urban Planning*, 67, 9-26.
- Bushway, S., Brame, R., & Paternoster, R. (1999). Assessing Stability and Change in Criminal Offending: A Comparison of Random Effects, Semiparametric, and Fixed Effects Modelling Strategies. *Journal of Quantitative Criminology*, 15(1), 23-61.
- Concepción, E.D., Moretti, M., Altermatt, F., Nobis, M.P., & Obrist, M.K. (2015). Impacts of urbanisation on biodiversity: the role of species mobility, degree of specialisation and spatial scale. *Oikos*, 124, 1571-1582.
- Duffaut, C., Brondeau, F., & Gasparini, J. (Submitted). Utilisation of pigeon guano as a fertilizer on cherry tomato plants in urban agriculture.
- Elmqvist, T., Setälä, H., Handel, S.N., Van Der Ploeg, S., Aronson, J., Blignaut, J.N., Gomez-Baggethun, E., Nowak, D.J., Kronenberg, J., & De Groot, R. (2015). Benefits of restoring ecosystem services in urban areas. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, 101-108.
- European Commission (EC), (19 December 2006). Commission Regulation (EC) No. 1831/2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal of*

the European Union L 364, 5-24. European Food Safety Authority, "Metals as contaminants in food". <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/metals-contaminants-food>.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2009). Global agriculture towards 2050. How to feed the world 2050. <http://www.fao.org>.

Frantz, A., Pottier, M.A., Karimi, B., Corbel, H., Aubry, E., Haussy, C., Gasparini, J., & Castrec-Rouelle, M. (2012). Contrasting levels of heavy metals in the feathers of urban pigeons from close habitats suggest limited movements at a restricted scale. *Environmental Pollution*, 168, 23-28.

Ghosh, R., Xalxo, R., & Ghosh, M. (2013). Estimation of Heavy Metal in Vegetables From Different Market Sites of Tribal Based Ranchi City Through ICP-OES and to Assess Health Risk. *Current World Environment*, 8(3), 435-444.

Lessels, C.M., & Boag, P.T. (1987). Unrepeatable repeatabilities: a common mistake. *The Auk*, 104, 116-121.

Nam, D.H., Lee, D.P., & Koo, T.H. (2004). Monitoring for lead pollution using feathers of feral Pigeons (*Columba livia*) from Korea. *Environmental Monitoring and Assessment*, 95, 13-22.

Osma, E., Serin, M., Leblebici, Z., & Aksoy, A. (2013). Assessment of Heavy Metal Accumulations (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb and Zn) in Vegetables and Soils. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22(5), 1449-1455.

Pandey, R., & Pandey, S.K. (2014). Trace metal accumulation in vegetables grown in industrial and semi-urban areas of singrauli district of Madhya Pradesh India. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 5(12), 5519-5529.

Papa, S., Cerullo, L., Di Monaco, A., Bartoli, G., & Fioretto, A. (2009). Trace elements in fruit and vegetables. *Environmental Quality*, 2, 79-83.

Rehman, K., Ashraf, S., Rashid, U., Ibrahim, M., Hina, S., Iftikhar, T. & Ramzan, S. (2013). Comparison of proximate and heavy metal contents of vegetables grown with fresh and wastewater. *Pakistan Journal of Botany*, 45(2), 391-400.

Säumel, I., Kotsyuk, I., Hölscher, M., Lenkerei, C., Weber, F., & Kowarik, I. (2012). How healthy is urban horticulture in high traffic areas? Trace metal concentrations in vegetable crops from plantings within inner city neighbourhoods in Berlin, Germany. *Environmental Pollution*, 165, 124-132.

Togay, Y., & Ozalp, M. (2015). Effects of Yield and Quality Components of Traditional Fertilization and Different Organic Manure Sources on Tir Wheat (*Triticum aestivum* L. var. *leucospermum* (Körn.) Farw.) *Oxidation Communications*, 1-9.

Wait, D.A., Aubrey, D.P., & Anderson, W.B. (2005). Seabird guano influences on desert islands: soil chemistry and herbaceous species richness and productivity. *Journal of Arid Environments*, 60, 681-695.

Young, H.S., McCauley, D.J., & Dirzo, R. (2011). Differential responses to guano fertilization among tropical tree species with varying functional traits. *American Journal of Botany*, 98(2), 207-214.

Chapitre 3 :

Peut-on améliorer l'appréciation et la perception d'un animal urbain en fournissant des informations sur les services qu'il rend ?

Dans ce chapitre figure l'article dans lequel j'ai testé si l'apport de connaissances sur deux services écosystémiques rendus par le pigeon (l'effet fertilisant de ses fientes et le stockage de métaux traces dans ses plumes) change la perception de cet animal par les usagers de la ville de Paris.

Cet article est en préparation.

Can the appreciation and perception of an urban animal be improved by providing knowledge about the services it provides?

Chloé Duffaut¹, Julien Gasparini¹, Florence Brondeau²,

¹ *Sorbonne Université, UPEC, Paris 7, CNRS, INRA, IRD, Institut d'Ecologie et des Sciences de l'Environnement de Paris, 75005, Paris, France*

² *Sorbonne Université, Université Paris-Sorbonne Faculté des Lettres, ENeC Espaces, Nature et Culture FRE 2026, 75005, Paris, France*

Corresponding author:

Chloé DUFFAUT

Institut d'Ecologie et des Sciences de l'Environnement

Sorbonne Université

Campus Pierre et Marie Curie, case 237

4 place Jussieu 75252, Paris, FRANCE

Tel: +33 (1) 44 27 42 55

Email: chloe.duffaut@upmc.fr

Abstract

Pigeons are currently found in most cities around the world. However, it is not always appreciated by city dwellers who frequent it daily. In the context of reconnection between human and biodiversity, we wanted to know whether providing information on two ecosystem services providing by urban pigeon could increase the humans' appreciation and perception of this animal. To test this hypothesis, we used a questionnaire on the pigeon in Paris (France) to know the appreciation, the estimated utility or the qualifiers associated with the pigeon or the services that it can provide. One hundred and forty-seven of the 400 respondents read a flyer presenting two services provided by pigeon: the fertilising effect of pigeon droppings and the reduction of pollution to trace metals thanks to their storage in pigeon feathers. The results indicate that, even if the estimated utility is positively correlated with the appreciation, this one and the qualifiers associated with the pigeon do not vary with the knowledge on ecosystem services. We believe that to change the perception of the pigeon by city dwellers, they should be more actively involved in acquiring knowledge about services by taking part, for example, in a participative science program.

Keywords: ecosystem service, attitude, pigeon, *Columba livia*

Introduction

Although the feral pigeon is the most common urban bird worldwide (Aronson et al., 2014), it is not yet sufficiently well known (Capoccia et al., 2018). Even for the city dwellers who frequent with it daily, it is often invisible; for example, in Paris, a study revealed that 80% of people who pass nearby pigeons do not interact with them (Skandrani et al., 2015). Another study, also carried out in Paris, confirmed these results by showing that humans' appreciation of pigeons is medium, including many people who are indifferent to this animal (with an average appreciation of 4.7/10) and that it is often associated with negative qualifiers such as "dirty" or "invasive" (Duffaut et al., in prep. 1). Furthermore, the pigeon picture has deteriorated in the western world during the twentieth century (Jerolmack, 2008; Skandrani et al., 2014).

The elements of nature present in the city can provide many ecosystem services to city dwellers: filtering the air, regulating the micro-climate, reducing noise, draining and filtering water and providing recreational and cultural services (Bolund & Hunhammar, 1999). Birds, generally in different environments, do not escape this rule; they can disperse seeds, eat carcasses and waste, control harmful species, or fertilize soils with their droppings (Sekercioglu, 2006). In a previous study, we showed the fertilizing effect of pigeon droppings (also called guano) on cherry tomato plants in urban rooftop agriculture. Indeed, we showed that pigeon guano was a good fertilizer for this fruit production and had the advantages of being present in a short circuit (Duffaut et al., in prep. 2). In addition, pigeons can store trace metals in their feathers (Frantz et al., 2012), which reduces atmospheric pollution. So, we decided to inform people about these two ecosystem services that could be provided by the pigeon to see if it made this animal more valuable. Indeed, according to the literature, the appreciation of animals in general (Driscoll, 1995) and the pigeon in particular (Duffaut et al., in prep.1) is very positively correlated with their estimated utility for humans. This suggest that knowledge about

ecosystem services may positively impact the appreciation and the perception of this animal by city dwellers.

In this study, we experimentally tested this hypothesis by asking people in Paris (France) about their perception and appreciation of pigeons (*Columba livia*) with a questionnaire prior informing them or not about services provided by pigeons. Indeed, for a subset of respondents, we prior presented on a flyer knowledge on two services that can be provided by the pigeon in the city: the fertilizing effect of their droppings and the depolluting effect (thanks to the storage of trace metals in their feathers). We expected that the respondents for which we prior presented the flyer on services have a higher appreciation score toward the pigeon and the qualifiers will be more positive in comparison to the “control” respondents.

Material and methods

We used a similar questionnaire about feral pigeon (*Columba livia*) previously used in Duffaut et al. (in prep. 1). This questionnaire is structured in eight parts: (1) questionnaire’s context, (2) animals’ observation, (3) perception, (4) services, (5) inconveniences and nuisances, (6) practice, (7) knowledge about species and (8) personal issues. To test our prediction in this present paper, we only used data collected in the perception, services and personal issues parts. The questionnaire was completed by 400 people in Paris, France. There were two seasons: the first between May 2017 and March 2018 and the second between June 2018 and May 2019. During the first season during which 200 people were interviewed, the questionnaire also interrogated with the same questions on two other animals of the spontaneous urban fauna: the rat (*Rattus norvegicus*) and the hedgehog (*Erinaceus europaeus*). No informations about these three animals were provided. During the second season during which 200 new people were interviewed, the same questions were asked but only about the pigeon

and some of the respondents (147) received information on a flyer on two services provided by the urban pigeon: the use of its droppings as fertilizer and the storage of trace metals in its feathers. The flyer is in 4 pages (a double-sided A4 sheet folded in half) and is shown in Figure 1 (Fig. 1). The first page asks about the fact that the presence of pigeons in the city can be beneficial and succinctly present the two ecosystem services. The second page shows the fertilizing effect of pigeon guano (i.e. droppings) on cherry tomatoes grown on a roof in the city; this experiment was carried out by the authors of the article. The third page presents the stored effect of trace metals in the feathers of pigeons; estimates were made from Airparif data, estimates of the number of pigeons in Paris and trace metal concentrations in their feathers (Frantz et al., 2012). The fourth page gives information such as the coordinates on the authors of the study and a picture of the experiment on the fertilizing effect of the guano.

VEES
Paris

SORBONNE
UNIVERSITÉ



Pigeons, good for our cities?



And if the pigeons of Paris did not represent only inconveniences but could also render us services!

This is what we will see here with 2 examples: the use of their droppings as fertilizer and the storage of pollutants in their feathers.

The results presented in this document come from scientific experiments as part of a doctoral work at Sorbonne Université.

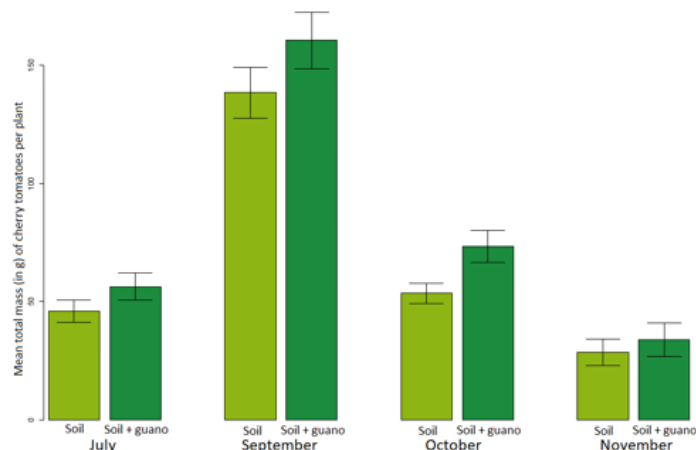
In collaboration with the association of insertion by the environment, Espaces and the company of gardening on the roofs, Topager.

ASSOCIATION
ESPACES
L'INSERTION PAR L'ÉCOLOGIE URBAIN

TOPAGER

Pigeon droppings can be a good fertilizer for our plants!

Mean total mass of cherry tomatoes per plant by month and treatment



In this experiment, 29 cherry tomato plants were grown in soil alone and another 29 cherry tomato plants were grown in soil and pigeon manure (also known as guano) (15g per 2 plants). The cherry tomato plants had a better production with the pigeons guano (mean of 81g per plant and per harvest with guano against 67g without guano).



2 cherry tomato plants in a planting bag

Pigeons can clean up the air of our cities!

Heavy metals in the air are dangerous for our health (carcinogenic, kidney problems ...). However, pigeons store these heavy metals in their feathers which reduces their presence in the air.

Picture of pigeons feathers

Chloé Duffaut

PhD student in urban ecology

Under the direction of

Julien Gasparini, Professor in Ecology at Sorbonne Université

Florence Brondeau, Senior Lecturer in Geography at Sorbonne Université

Institut d'Ecologie et des Sciences Environnementales de Paris (IEES-Paris)

Département d'Ecologie Evolutive (ECOevo)

Equipe d'Ecophysiologie Evolutive (EPE)

Sorbonne Université

Campus Pierre et Marie Curie

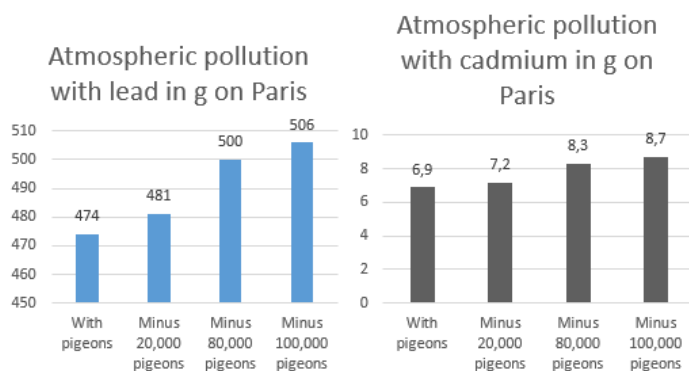
Tour 34-44, 5^{ème} étage, salle 508

4 place Jussieu

75252 Paris cedex 05

[Mail address](#)

Phone number



These graphs were obtained thanks to atmospheric concentrations of lead and cadmium measured by Airparif in 2013 and 2016.

From the heavy metal concentrations in pigeon feathers and the estimation of the feather weight of a pigeon, we were able to obtain the atmospheric pollution of lead and cadmium if we removed 20 000, 80 000 or 100 000 pigeons in Paris. These pollutions increase by 6% for lead and by 21% for cadmium when 100,000 pigeons are removed.



Experimental site rented by Topager in Ivry-sur-Seine where cherry tomatoes grew

Fig. 1: The flyer presenting two ecosystem services provided by the pigeon in the city

In practice, the questions were read in French to adult volunteers, and what they replied was transcribed. The three people who completed the questionnaires were Chloé Duffaut (author of the article): 164 for season 1 and 160 for season 2, Mathieu Garcia (geography master student): 36 in season 1 and 160 for season 2, Isaure Voedts (geography master student): 40 in season 2. The answers we are interested in have been translated into English. The questionnaires were done in parks and squares (A to G in Table 1 and Fig 2), train stations (H and I in Table 1 and Fig 2), touristic places (J to L in Table 1 and Fig 2), shared gardens (M to Q in Table 1 and Fig 2), cemeteries (R and S in Table 1 and Fig 2) and a library (T in Table 1 and Fig 2). We chose these places because we can find many people from different backgrounds there. The “Jardin du

Luxembourg” has been replaced by the “Parc Monceau” in season 2 which are supposed to be equivalent in terms of attendance. As far as possible we have been in the same places during both seasons (Table 1) and the chi-square test confirms that the number of questionnaires per place is homogeneous between season 1, season 2 without flyer and season 2 with flyer ($\chi^2_{38} = 17.89$, $P = 0.99$). The proportions by age group and gender for the three conditions (season 1, season 2 without flyer and season 2 with flyer) are in line with those of the French population in 2018 (Fig. 3; respectively: $\chi^2_7 = 3.3$, $P = 0.86$, $\chi^2_7 = 10.81$, $P = 0.15$, $\chi^2_7 = 7.03$, $P = 0.43$, INSEE). The areas of work most represented are teaching (18 in season 1, 3 in season 2 without a flyer and 18 in season 2 with flyer) computer science (12 in season 1, 3 in season 2 without a flyer and 11 in season 2 with flyer). The origins of the respondents (where they live: in Paris, in the suburbs, in the provinces or abroad) are homogeneous between seasons and between control and flyer groups (Table 2, $\chi^2_6 = 4.87$, $P = 0.56$). Respondents' levels of education are homogeneous between seasons and between control and flyer groups (Table 3, $\chi^2_4 = 4.84$, $P = 0.30$). However, respondents are more educated than the general French population ($\chi^2_2 = 58.96$, $P < 0.0001$, INSEE) and the Parisian population ($\chi^2_1 = 7.54$, $P = 0.006$, INSEE).

ID Map	Precise places	Season 1	Season 2 without flyer	Season 2 with flyer
A	Jardin des Plantes	27	9	16
B	Parc de Choisy	24	6	20
C	Jardin du Luxembourg	15	0	0
D	Parc Monceau	0	4	16
E	Parc des Buttes Chaumont	21	4	15
F	Jardin Villemin	3	0	0
G	Square Saint-Jacques	2	0	0
H	Gare Saint-Lazare	20	6	11
I	Gare du Nord	14	4	12
J	Tour Eiffel - Champ de Mars	9	4	11
K	Notre-Dame de Paris	16	4	10
L	Musée Beaubourg	13	3	12
M	Jardin du Ruisseau	7	1	2
N	Jardin Baudéline	1	0	0
O	Bois Dormoy	2	0	2
P	Jardin Saint-Serge	1	0	0
Q	Potager de la Lune	1	1	1
R	Cimetière du Père Lachaise	12	4	10
S	Cimetière du Montparnasse	11	3	9
T	Bibliothèque Marguerite Audoux	1	0	0
	Total	200	53	147

Table 1: Table of the number of questionnaires by place and by season without or with flyer. The ID Map letters are used to locate the places on the map of Paris in Fig. 2.

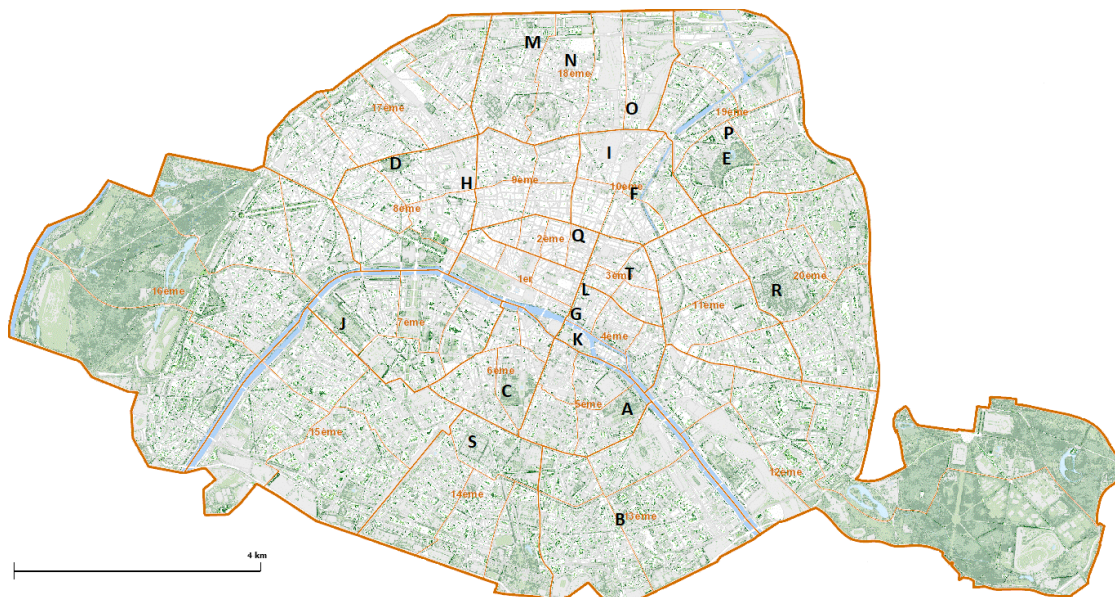


Fig. 2: Map of Paris (France) with the places where the questionnaire was completed represented with black letters and the borough numbers in orange. A: Jardin des Plantes; B: Parc de Choisy; C: Jardin du Luxembourg; D: Parc Monceau; E: Parc des Buttes Chaumont; F: Jardin Villemin; G: Squares Saint-Jacques; H: Gare Saint-Lazare; I: Gare du Nord; J: Tour Eiffel - Champs de Mars; K: Notre-Dame de Paris; L: Musée Beaubourg; M: Jardin du Ruisseau; N: Jardin Beaudéline; O: Bois Dormoy; P: Jardin Saint-Serge; Q: Potager de la Lune; R: Cimetière du Père Lachaise; S: Cimetière du Montparnasse; T: Bibliothèque Marguerite Audoux.

From Carto APUR.org , données environnementales:
http://carto.apur.org:8080/ibdppc_envi/client/client.jsp#

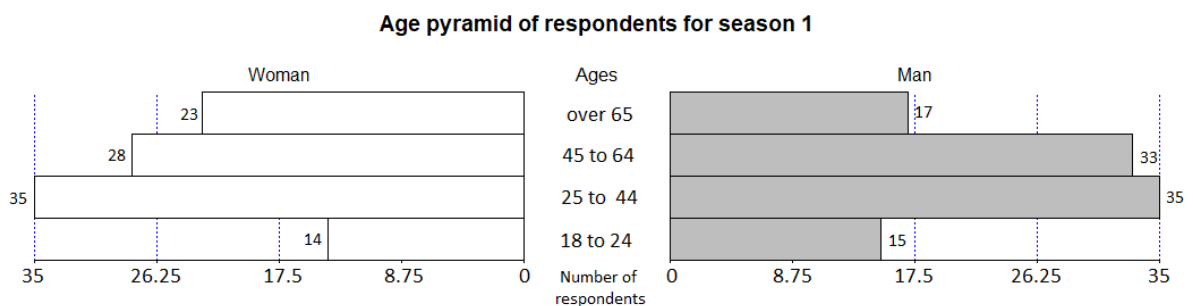
Origin	Season 1	Season 2 without flyer	Season 2 with flyer
Paris	114	29	76
Suburbs	53	11	37
Provinces of France	23	7	26
Another country	7	4	7

Table 2: Table of the origin of respondents (where they live) by season without and with flyer.

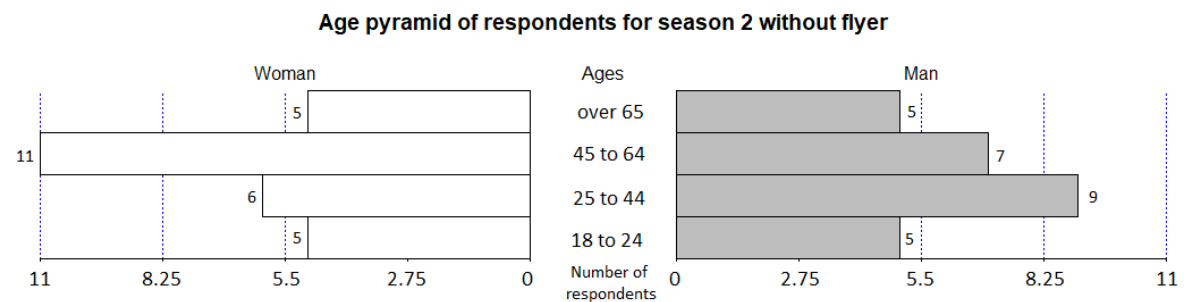
Education level	Season 1	Season 2 without flyer	Season 2 with flyer
No higher education	31	4	21
High school diploma to bachelor	73	19	44
Diploma higher than the bachelor	90	30	79

Table 3: Table of education level by season without and with flyer.

A.



B.



C.

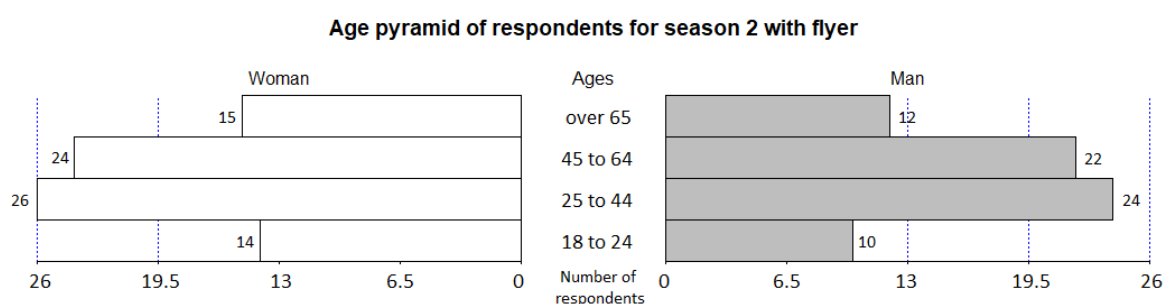


Fig. 3: Age pyramids of respondents for season 1 (A.), for season 2 without flyer (B.) and for season 2 with flyer (C.). The numbers next to the bars correspond to the numbers of people per age group.

The questionnaire includes quantitative and qualitative questions and closed and opened questions. In the perception part, the respondents must give their appreciation of the pigeon with a number between 0 (not at all appreciated) to 10 (enormously appreciated); they must also “Give three qualifiers to designate the pigeon”. In the services part, the respondents must estimate the usefulness of the pigeon with a score between 0 (not at all useful) and 10 (enormously useful), as well as answer the following question: "How can pigeons be useful to humans?".

With the qualitative answers, we built word clouds with the software IRaMuTeQ version 07 alpha 2. Only words mentioned at least three times appear. The forms used are verbs, common nouns and adjectives and the following words: everywhere, nothing, many, all, some, no. The verbs are back to the infinitive, the names are back to the singular. Font size is proportional to the answer frequency.

We used RStudio (version 3.3.1) to conduct the statistical analyses. Appreciation and estimated utility do not follow the normal distribution (Shapiro test, for both variables: $W = 0.94$, $P < 0.0001$) so we used non-parametric tests. For comparisons between two distributions,

we did a Wilcoxon test and for comparisons between three distributions a Kruskal and Wallis test followed by a Nemenyi post-hoc test. We tested the correlation between the appreciation and the estimated utility with the Pearson test. To know if the season and the presence of the flyer have an impact on the correlation between the appreciation and the estimated utility, we have made a linear model with the variable appreciation to be explained and the estimated utility and the season without or with flyer in explanatory variable, as well as their interaction. The residuals of the model were closed to a normal distribution. To compare word clouds, chi-square tests were performed with the most cited words (cited more than 10 times per situation: season 1, season 2 without flyer and season 2 with flyer).

Results

Concerning the estimated utility, there is a significant difference between the first season (without flyer), the second season without and with flyer ($\chi^2_2 = 21.153$, $P < 0.0001$; Fig. 4). The difference detected is between the estimated utility of the first season (without flyer) and the second season with flyer (Nemenyi test, $P < 0.0001$; Fig. 4). However, there is no difference in season 2 between estimated utilities with or without flyer (Nemenyi test, $P = 0.80$; Fig. 4). Between season 1 and 2 without flyer, the p-value is at the threshold value of 0.05 (Nemenyi test, $P = 0.05$; Fig. 4). The appreciation about pigeon by respondents does not vary from season to another and with or without flyer ($\chi^2_2 = 2.9333$, $P = 0.2307$; Fig. 5). Appreciation and estimated utility were positively correlated ($\rho = 0.60$, $P < 0.0001$) and there was no difference in the slope between seasons and with or without flyer even if there is a trend (interaction estimated utility * types of respondents (season 1, season 2 with flyer and season 2 without flyer); $F_2 = 2.67$, $P = 0.0709$).

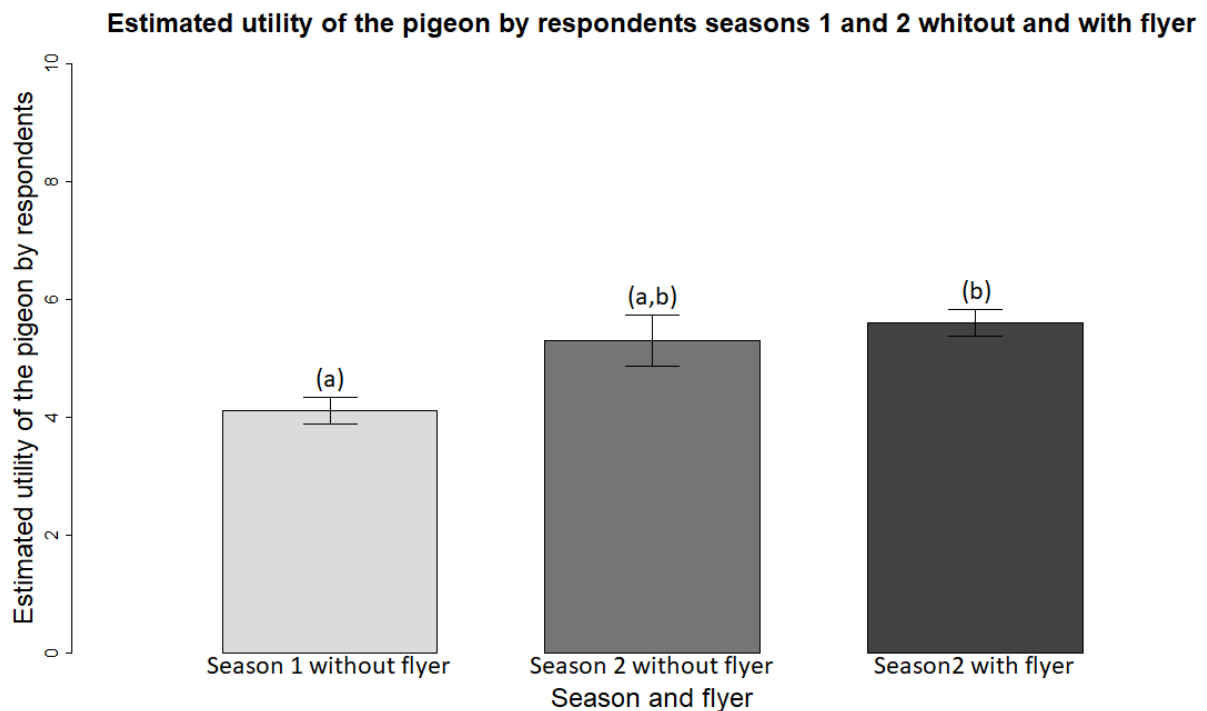


Fig. 4: Estimated utility of the pigeon by respondents seasons 1 (without flyer) and 2 without and with flyer. The same letter means that there is no significant difference at the 0.05 threshold in Nemenyi's post-doc test.

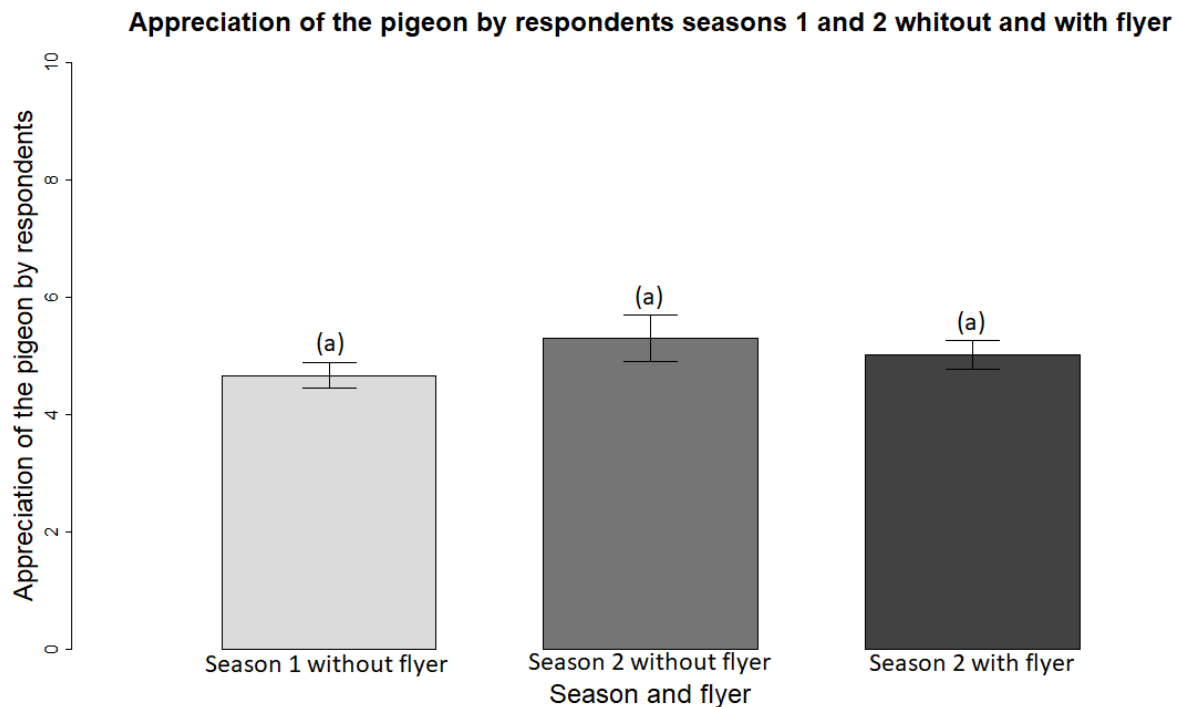


Fig. 5: Appreciation of the pigeon by respondents seasons 1 (without flyer) and 2 without and with flyer. The same letter means that there is no significant difference at the 0.05 threshold in Nemenyi's post-doc test.

revealed no difference between the two words clouds ($\chi^2_7 = 11.3586$, $P = 0.1237$; Fig. 8) although we can note that the word "disease" disappears.

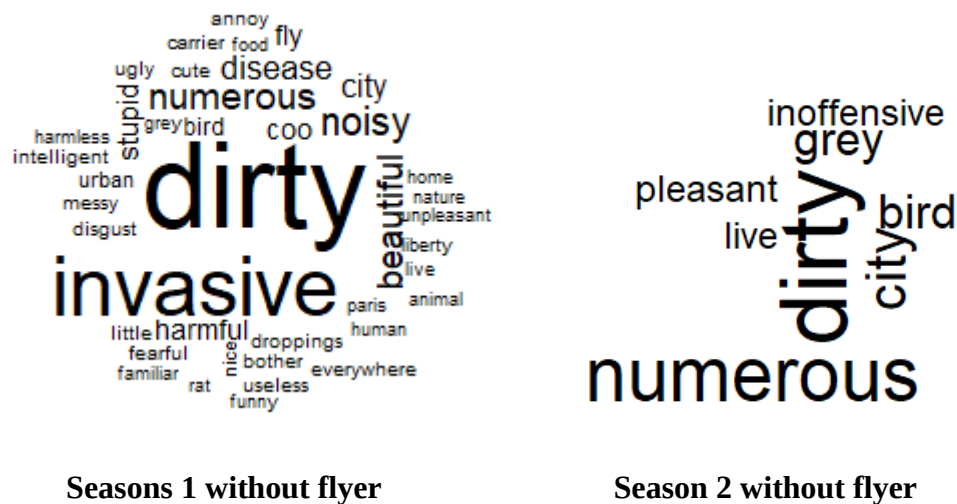


Fig. 7: Words cloud with the answers of the sentence “Give three qualifiers to designate pigeons” for seasons 1 and 2 without flyer. Only word mentioned at least three times appear. The forms used are verbs, common nouns and adjectives and the following words: everywhere, nothing, many, all, some, no. The verbs are back to the infinitive, the names are back to the singular. Font size is proportional to the answer frequency.

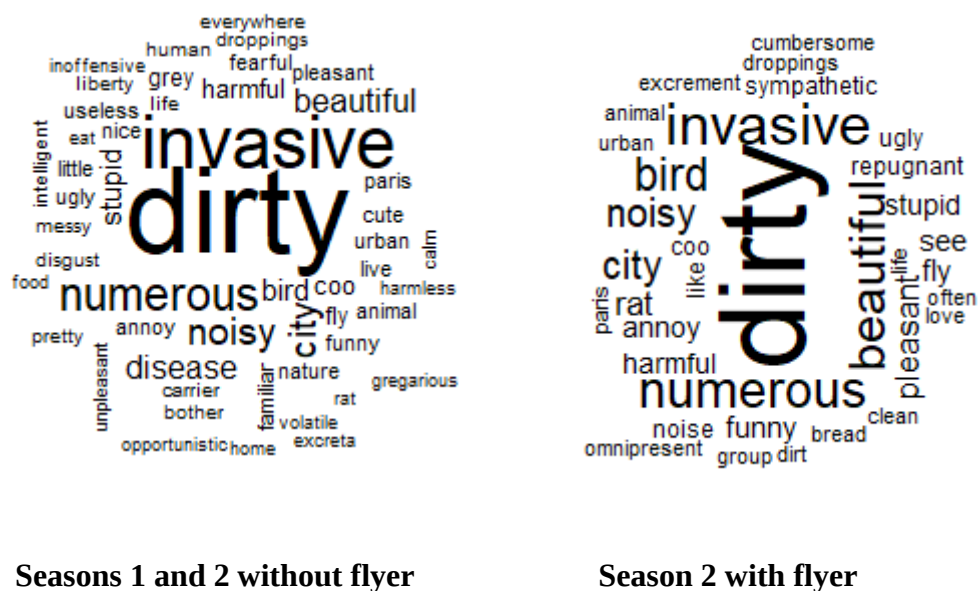


Fig. 8: Words cloud with the answers of the sentence “Give three qualifiers to designate pigeons” for seasons 1 and 2 without flyer and season 2 with flyer. Only word mentioned at least three times appear. The forms used are verbs, common nouns and adjectives and the following words: everywhere, nothing, many, all, some, no. The verbs are back to the infinitive, the names are back to the singular. Font size is proportional to the answer frequency.

Discussion

The estimated utility is greater with the contribution of knowledge than during the first season without contribution of knowledge. It may be thought that the contribution of knowledge on the two services provided by the pigeon in the city had an impact on the estimated utility by the respondents. However, there is no difference between the estimated utilities within the second season without or with the flyer. It is then possible that it has had a temporal effect that makes the estimated utility be greater the second season (2018-2019) than the first season (2017-2018). The fact that two other species were studied during the first season also may played a part in reducing the estimated utility, perhaps in relation to the hedgehog which was considered very useful (Duffaut et al., in prep. 1). Nevertheless, although the estimated utility is positively correlated with the appreciation, the pigeon's appreciation by the people interviewed in Paris stays the same in both seasons and with or without knowledge of the ecosystem services provided by the pigeon. It remained average around 5/10 (Fig. 5). One can thus note a certain inertia in the appreciation of the pigeon that the simple contribution of knowledge on the services rendered by this animal via a flyer cannot modify. Another hypothesis could be that the respondents lacked time to "digest" the information because of the almost instantaneous questions asked after consulting the flyer. Or maybe services provided had no direct impact on their appreciation because respondents had not the use of guano as fertilizer and poorly identify the usefulness of capturing heavy metals.

Without knowledge of ecosystem services the most cited utilities are the fact that the pigeon can be eaten or can eat waste and its former function of homing pigeon. With the knowledge of the flyer, respondents most cited guano fertilizing and the depollution effects. The fact that we talked about pollution can also make the word "eat" less quoted with the flyer. The word cloud with the answers about the usefulness of the pigeon seems to indicate that a good part of the respondents who saw the flyer have integrated the information and are able to

highlight it when we asked about it a few minutes later. But perhaps they were content to repeat what they had just learned and forget the appreciation.

However, the qualifiers used to designate the pigeon are not significantly different with or without the flyer. As with appreciation, knowledge on services does not appear to affect the overall representation of the pigeon that have the respondents.

Although some ecological knowledge may influence the preferences of certain aspects of biodiversity (Qiu et al., 2013) this is not really the case here. The appreciation of an animal seems to be something well anchored and difficult to change. This is in agreement with the study by George and his colleagues who showed that appreciation scores of tens of animal species were constant for the most of them between 1978 and 2014 (George et al., 2016). It may be thought that to be changed, for example, people would have to be more actively involved in acquiring knowledge about the services provided by the animal and thus be engaged in participative sciences. For example, we could ask people to grow vegetables with or without pigeon guano and compare the production between the two treatments. By seeing the advantages themselves and being able to benefit directly (i.e. being able to consume more vegetables), their point of view on the pigeon could be improved.

Acknowledgements

This project was funded by the Institut de Transition Environnementale de Sorbonne Université. We want to thank Mathieu Garcia and Isaure Voedts for help with questionnaires. We thank the 400 respondents of questionnaire.

Conflict of Interest: The authors declare that they have no conflict of interest.

References

- Aronson, M. F. J., Sorte, F. A. La, Nilon, C. H., Katti, M., Goddard, M. A., Lepczyk, C. A., ... Winter, M. (2014). A global analysis of the impacts of urbanization on bird and plant diversity reveals key anthropogenic drivers. *Proceedings of the Royal Society B*, 281, 1–8. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.3330>
- Bolund, P., & Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, 29(2), 293–301.
- Capoccia, S., Boyle, C., & Darnell, T. (2018). Loved or loathed, feral pigeons as subjects in ecological and social research. *Journal of Urban Ecology*, 4(1), 1–6. <https://doi.org/10.1093/jue/juy024>
- Driscoll, J. W. (1995). Attitudes toward animals: species ratings. *Society and Animals*, 3(2), 139–150.
- Duffaut, C., Gasparini, J. & Brondeau, F. (in prep. 1). Appreciation and perception of spontaneous urban fauna by humans in a French city, Paris.
- Duffaut, C., Brondeau, F. & Gasparini, J. (in prep. 2). Utilisation of pigeons' guano as a fertilizer on cherry tomato plants in urban agriculture.
- Frantz, A., Pottier, M. A., Karimi, B., Corbel, H., Aubry, E., Haussy, C., ... Castrec-Rouelle, M. (2012). Contrasting levels of heavy metals in the feathers of urban pigeons from close habitats suggest limited movements at a restricted scale. *Environmental Pollution*, 168, 23–28. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.04.003>
- George, K. A., Slagle, K. M., Wilson, R. S., Moeller, S. J., & Bruskotter, J. T. (2016). Changes in attitudes toward animals in the United States from 1978 to 2014. *Biological Conservation*, 201, 237–242. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.07.013>
- Jerolmack, C. (2008). How Pigeons Became Rats : The Cultural-Spatial Logic of Problem Animals. *Social Problems*, 55(1), 72–94.
- Qiu, L., Lindberg, S., & Nielsen, A. B. (2013). Is biodiversity attractive?-On-site perception of recreational and biodiversity values in urban green space. *Landscape and Urban Planning*, 119, 136–146. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.07.007>
- Sekercioglu, C. H. (2006). Increasing awareness of avian ecological function. *Trends in Ecology and Evolution*, 21(8), 464–471. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.05.007>
- Skandrani, Z., Lepetz, S., & Prévot-Julliard, A.-C. (2014). Nuisance species: beyond the ecological perspective. *Ecological Processes*, 3(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/2192-1709-3-3>
- Skandrani, Z., Daniel, L., Jacquelin, L., Leboucher, G., Bovet, D., & Prévot, A. C. (2015). On public influence on people s interactions with ordinary biodiversity. *PLoS ONE*, 10(7), 1–9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0130215>

Synthèse et perspectives

Comment sont perçus les pigeons, les rats et les hérissons par les personnes présentes à Paris ?

Quelles sont les relations entre les appréciations de ces animaux et leurs utilités ?

Le rat surmulot est bien l'espèce la moins appréciée des trois, suivie par le pigeon et le hérisson est, quant à lui, très apprécié par les personnes rencontrées à Paris. Le rat est détesté par la plupart des personnes interrogées et obtient une appréciation moyenne de 2,2/10. Le hérisson, à l'inverse, est adoré par beaucoup de monde et a une appréciation moyenne de 7,7/10. Le cas du pigeon est plus complexe avec beaucoup de gens qui y sont indifférents, mais aussi des personnes qui l'adorent ou le détestent et son appréciation moyenne est de 4,7/10. Ces résultats sont plutôt proches de ce à quoi nous nous attendions et sont assez similaires à ceux trouvés dans la ville de Trondheim en Norvège par Bjerke et Østdahl (2004).

Nous avons également trouvé que les pigeons étaient perçus comme sales et envahissants, les rats sales et nuisibles et les hérissons mignons et sympathiques. Le pigeon, même s'il est moyennement apprécié, possède donc une image négative. Le fait que le mot sale soit le mot le plus utilisé pour qualifier le rat comme le pigeon tend à montrer que le pigeon est bien considéré par certains comme un rat volant.

Comme attendu par notre hypothèse, nous avons bien constaté que l'appréciation des animaux urbains étudiés était positivement corrélée à leur utilité estimée. Ce résultat est en accord avec celui de Driscoll (1995) qui avait trouvé un coefficient de corrélation moyen entre l'utilité estimée et l'appréciation de 0,616 pour 33 espèces animales (dont le pigeon et le rat).

Nous avons trouvé un coefficient moyen comparable de 0,601 pour l'ensemble des trois espèces. Cette association paraît donc robuste et l'utilité d'une espèce un facteur important qui entre en compte dans l'appréciation de cette espèce. L'attitude utilitariste vis-à-vis des animaux semble donc bien encore très présente dans notre société.

Le pigeon des villes peut-il rendre service dans le cadre de l'agriculture urbaine grâce à ses fientes utilisées comme engrais ?

Le guano de pigeons vivant en ville est, comme prévu, un bon engrais dans le cadre de l'agriculture urbaine : il permet d'augmenter la production de tomates cerises en nombre de fruits par plant et la masse des radis. En revanche, nous n'avons pas détecté d'effets sur les mâches, ni sur les courgettes. Pour ces dernières, la présence de l'oïdium nous a empêché de conclure sur l'effet du guano de pigeon sur cette espèce. Le fait que le guano de pigeons soit un bon engrais pour certaines plantes (ici, les tomates cerises et les radis), mais pas d'autres (ici, les mâches) est en accord avec les résultats de Young et ses collègues (2011) qui avait trouvé que le guano d'oiseaux marins permettait d'augmenter la croissance de certaines plantes mais pas d'autres.

L'utilisation de guano de pigeons en tant qu'engrais en ville présente de nombreux avantages : elle permet la valorisation d'un déchet présent sur place et qui peut donc être utilisé en circuit court, il est naturel, de petites quantités sont suffisantes, il y a peu de transformations à faire...

Pour aller plus loin et préciser le timing et les doses à utiliser pour optimiser la production, il serait intéressant de tester plusieurs doses de guano de pigeons et plusieurs moments d'ajouts de ce fertilisant aux cultures urbaines. L'ajout du guano pourrait se faire avant germination pour vérifier s'il inhibe ou pas cette dernière comme le guano d'oiseaux marins dans l'expérience de Szpak et ses collègues (2012) sur la maïs. L'ajout pourrait sinon se faire au moment de la floraison pour les légumes dont nous mangeons les fruits pour stimuler leur production. Le guano de pigeons pourrait aussi être utilisé sur d'autres types de plantations présentes en ville comme les plantes ornementales. Nous pourrions aussi comparer le guano de pigeons à d'autres engrais qu'ils soient naturels (guano de poules, compost...) ou qu'ils soient chimiques. Cette étape est en effet importante car elle permettrait de comparer l'efficacité du guano de pigeons à d'autres engrais et donc voir si ce fertilisant est bien compétitif.

Contrairement à ce qu'il pourrait être attendu, les légumes cultivés avec le guano de pigeons urbains ne sont pas plus pollués en métaux traces que les légumes cultivés avec juste de la terre. La fertilisation de cultures avec des fientes de pigeons des villes est donc un service écosystémique de production qui n'est *a priori* pas associé à de mauvais services.

Nos résultats mettent en évidence que les légumes cultivés en milieu urbain peuvent représenter un risque pour la santé humaine : les concentrations en plomb dans les courgettes et les mâches dépassent largement les normes européennes. Il faut donc rester vigilant lorsque ces types de légumes sont cultivés en ville et effectuer des mesures régulières des concentrations de métaux traces qu'ils peuvent contenir afin de s'assurer qu'ils soient propres à la consommation. Pour éviter les contaminations aux métaux traces, il peut être judicieux de contrôler la terre de culture utilisée ou encore l'eau d'irrigation et de se tenir le plus éloigné possible des sources de pollution telles que les voies de circulation.

L'apport de connaissances sur des services écosystémiques rendus par une espèce urbaine spontanée permet-il d'améliorer la perception de cette espèce par les usagers de la ville ?

Les résultats n'ont pas montré de changement dans la perception du pigeon lorsque les personnes étaient informées sur deux services écosystémiques pouvant être rendus par cet animal en ville : la fertilisation de cultures avec ses fientes et la capture de métaux traces dans ses plumes.

Comment expliquer ce résultat qui ne confirme pas notre hypothèse ?

De nombreuses personnes semblent avoir retenu les deux services écosystémiques qui leur ont été présentés quelques minutes plus tôt et sont donc capables de les citer quand nous leur demandons. Cependant, lorsque nous regardons l'utilité estimée du pigeon pour les répondants, nous ne constatons pas de différence significative entre les personnes à qui nous avons présenté les deux services écosystémiques et les autres (au sein de la seconde saison). Peut-être que les deux services présentés ne sont pas considérés comme très utiles pour les répondants. En effet, le guano de pigeons peut difficilement être utilisé directement par les citadins et le stockage de métaux traces dans les plumes ne diminue au mieux que d'environ 20% la pollution atmosphérique (pour le cadmium) avec l'estimation la plus haute du nombre de pigeons parisiens (100 000). Nous pouvons penser aussi que ces estimations sont difficiles à envisager pour un citoyen non familier de ce type de mesure. Néanmoins, notre questionnaire montre que les répondants ont bien intégré ces fonctions comme des services car ils les renseignent dans la réponse à la question sur l'utilité du pigeon. Cependant, il pourrait être intéressant de présenter d'autres services rendus par le pigeon qui pourraient être jugés plus utiles pour les hommes comme, par exemple, le fait qu'il mange de nombreux déchets en ville.

Nous avons néanmoins détecté une utilité estimée du pigeon plus grande lors de la seconde saison avec flyer que lors de la première saison alors que cette différence est marginalement significative (p-value de 0,05) entre les deux saisons sans flyer. Ces résultats pourraient donc indiquer qu'il y a quand même une tendance à avoir une plus grande utilité estimée quand les deux services ont été présentées. Il pourrait aussi y avoir un effet temporel qui rendrait les pigeons plus utiles aux yeux des usagers de la ville lors de la seconde saison par rapport à la première. Le fait que lors de la première saison, le questionnaire portait sur deux autres animaux a pu jouer aussi un rôle, notamment le hérisson, qui a été jugé très utile, a pu comparativement rendre le pigeon moins utile pour des répondants. Il peut également y avoir un effet d'échantillonnage car dans la seconde saison, seule une cinquantaine de répondants ont fait partie du traitement contrôle (i.e. sans présentations de services), alors que dans la première saison, il y avait quatre fois plus de répondants. Ainsi, le hasard a pu faire que la cinquantaine de répondants du traitement contrôle de la seconde saison ait jugé plus utile le pigeon, mais si nous avions eu un échantillon aussi grand que celui de la première saison l'utilité aurait été la même d'une saison sur l'autre.

Le fait que peu d'incidence sur l'utilité estimée ait été détecté peut expliquer pourquoi nous n'avons pu constater aucune différence d'appréciation moyenne du pigeon, ni des mots utilisés pour le qualifier. Même si nous avons trouvé une augmentation plus importante de l'utilité estimée moyenne, l'appréciation moyenne du pigeon aurait pu ne pas être impactée car même si les deux variables sont positivement corrélées, le coefficient de corrélation n'est que de 0,60.

Une autre hypothèse pour expliquer l'absence d'amélioration de la perception du pigeon pourrait être que les informations données n'ont pas été réellement assimilées par les

répondants. Nous pouvons supposer qu'une phase de recul et de réflexion peut être nécessaire pour intégrer les connaissances apportées et puisse vraiment changer leur perception du pigeon. Nous pouvons alors nous demander comment faciliter l'assimilation d'informations.

Un moyen envisageable pour y parvenir serait de rendre l'acquisition de connaissances plus active. Les sciences participatives, qui se sont beaucoup développées ces dernières années, pourraient permettre cette acquisition de connaissances de manière active. Les sciences participatives sont définies comme une technique de recherche qui engage le public dans la collecte d'informations scientifiques (Bhattacharjee 2005). Une revue de Peter et al. (2019) montre que les sciences participatives dans le domaine de la biodiversité peuvent permettre d'améliorer les connaissances des participants dans 11 articles sur 14, de changer les comportements dans 8 articles sur 14 et même les attitudes dans la moitié des articles. Les connaissances apportées par les programmes de sciences participatives peuvent concerner l'écologie (Fernandez-Gimenez et al., 2008 ; Branchini et al., 2015 ; Bela et al., 2016 ; Haywood et al., 2016), les écosystèmes (Leong & Kyle, 2014), des espèces particulières (Druschke & Seltzer, 2012 ; Sickler et al., 2014 ; Bela et al., 2016) ou même les sciences en général (Jordan et al., 2011 ; Bela et al., 2016 ; Haywood, 2016). Les changements de comportements sont relatifs aux pratiques de jardinage comme l'utilisation moindre de pesticides ou la plantation d'espèces appréciées des papillons (Lewandowski & Oberhauser, 2017), la communication sur les espèces étudiées (Jordan et al., 2011 ; Lewandowski & Oberhauser, 2017) ou des actions dans le domaine de la conservation (Druschke & Seltzer, 2012 ; Bela et al., 2016 ; Haywood, 2016 ; Haywood et al., 2016 ; Lewandowski et al., 2017 ; Chase & Levine, 2018) comme la collecte de déchets (Haywood, 2016 ; Chase & Levine, 2018). Même si tous ces changements sont positifs, ils restent limités ; par exemple, Chase et Levine (2018) ont constaté que seul un tiers des personnes interrogées avaient changé de comportements et que ce n'était pas forcément lié au programme de sciences participatives. Une étude a même révélé aucun changement de

comportements après la participation à un programme (Druschke & Seltzer, 2012). Le changement d'attitudes peut toucher l'environnement (Koss & Kingsley, 2010 ; Druschke & Seltzer, 2012 ; Toomey & Domroese, 2013 ; Haywood, 2016 ; Haywood et al., 2016 ; Chase & Levine, 2018) et/ou les sciences (Druschke & Seltzer, 2012 ; Sickler et al., 2014 ; Haywood et al., 2016). Concernant l'environnement, certaines personnes engagées dans les sciences participatives ont, par exemple, une meilleure appréciation ou attitude envers les espèces étudiées comme les abeilles (avec la nature pour 90% des personnes interrogées) ou les coyotes (pour 70% des personnes interrogées ; Toomey & Domroese, 2013). La peur envers les espèces étudiées peut aussi être diminuée grâce aux sciences participatives (envers les abeilles ; Druschke & Seltzer, 2012). Plus généralement, l'attitude envers la nature (Toomey & Domroese, 2013 ; Chase & Levine, 2018), l'impact de l'homme sur son environnement (Haywood et al., 2016) ou le désir de sa protection (Koss & Kingsley, 2010 ; Chase & Levine, 2018) peut être modifié par les sciences participatives. Une étude a également rapporté qu'un programme de sciences participatives a amélioré pour certaines personnes leur conscience des services rendus par un écosystème (Haywood, 2016). Chez les pré-adolescents aussi, les sciences participatives modifient leurs attitudes vis-à-vis de la nature. En effet, d'après une étude du Muséum d'Histoire Naturelle en psychologie de la conservation, les élèves participant à Vigie-Nature École représentent plus d'éléments de nature dans leur dessin de jardin idéal en ville que les élèves ne participant pas au programme (Fraisie et al., non publié). Nous pouvons remarquer que les études sur l'impact des sciences participatives sur les participants sont encore plutôt rares et que souvent ce sont seulement les participants eux-mêmes (dans 8 articles sur les 14 de la revue de Peter et al.) qui rapportent les changements après la participation au programme (dans 9 articles sur les 14 de la revue de Peter et al.). D'autre part, les pourcentages de gens touchés par ces changements ne sont pas toujours renseignés et parfois seules quelques personnes changent de comportements ou d'attitudes. Il faudrait donc plus de projets de

recherche qui comparent les connaissances, les comportements et les attitudes des participants de façon objective entre avant et après la participation aux programmes et de manière quantitative. De plus, comme dans l'étude de Fraisse et al., il faudrait pouvoir comparer à un groupe témoin qui n'est pas engagé dans les sciences participatives.

Dans ce contexte, avec Laure Turcati, ingénieure de recherche à Sorbonne Université et coordinatrice de PartiCitaE (observatoire participatif de l'environnement urbain), nous avons tenté de mettre en place un programme de sciences participatives en lien direct avec ma thèse. Dans ce programme, nommé « Roucoule en terrasse » (dont le livret est en Annexe 2), les participants doivent faire pousser des radis dans deux petits pots avec la même terre et ajouter du guano de pigeons (que nous fournissons et qui a été autoclavé) dilué dans l'eau dans l'un des deux. Ils doivent ensuite récolter les radis 18 jours après germination, et nous fournir les données suivantes : le poids des radis par pot, le nombre de feuilles par radis et la longueur des racines. Avant et après avoir participé au programme, les personnes concernées devaient remplir mon questionnaire sur le pigeon pour voir si leur participation à « Roucoule en terrasse » avait changé leur perception de cet animal urbain. Cependant, le programme n'a pas reçu le succès espéré. Nous pouvons expliquer cela par le fait que nous devions fournir le matériel (les pots, le guano et les graines de radis) qui était en quantité limitée. Seuls quelques dizaines de personnes ont donc pu tenter l'expérience. De plus, dans de nombreux cas, les radis semblent ne pas avoir poussé peut-être en partie à cause d'une trop grande densité en graines (9 graines dans des pots de 6,5 cm de rayon). Il serait donc intéressant de reconduire ce programme de sciences participatives avec un plus large public et une densité en graines par pot plus faible.

Un autre vecteur qui peut être utilisé pour diffuser et faire assimiler des informations sur les services écosystémiques rendus par une espèce animale est la presse. L'avantage d'un

tel support de diffusion est qu'il peut permettre d'apporter des connaissances à un large public. Ainsi, le 10 août 2018 est paru un article dans Charlie Hebdo rédigé par Antonio Fischetti nommé « Redorer le blason du pigeon » (présent en Annexe 3) pour lequel mes collègues et moi-même avons été interrogés. Cet article évoque le stockage des métaux traces dans les plumes de pigeons, le fait que ces oiseaux mangent les déchets, leur mode de vie monogame ou encore le fait que les pigeons blancs (i.e. les colombes) sont symboles de paix et pureté... Il aurait été intéressant d'étudier de façon scientifique si un tel article augmente l'appréciation du pigeon et change la perception de cet oiseau par les personnes l'ayant lu. Nous aurions pu faire remplir mon questionnaire sur les pigeons avant, puis après que des personnes aient lu l'article. Nous aurions pu faire la même chose avec des personnes qui lisent le même article mais sans les informations sur les services (c'est-à-dire qui contiendrait juste des informations neutres, par exemple, sur la vie du pigeon) et comparer les résultats. Enfin, il pourrait y avoir un troisième groupe de personnes qui ne lisent pas du tout d'article et serviraient de témoin. Nous pourrions alors savoir si la presse peut permettre de changer l'image du pigeon en informant sur des services que cet animal rend.

Le concept de service écosystémique, auquel nous nous sommes beaucoup intéressés, peut être un outil très utile. En effet, il peut permettre à une partie de la population humaine de comprendre l'importance des écosystèmes pour le bien-être et même la survie de son espèce. Il peut donc inciter certains à agir en faveur de la protection de l'environnement. Même s'il est très intéressant ce concept a aussi ses limites. Il peut plus toucher certaines personnes que d'autres. En effet, les personnes utilitaristes trouveront ce concept très approprié alors que les personnes moralistes seront plutôt contre ce concept qui peut conduire à l'exploitation des êtres vivants. Il peut aussi être difficile de trouver des services écosystémiques rendus par tous les

éléments de nature. Par exemple, certains animaux peuvent ne sembler être associés qu'à des nuisances comme les moustiques qui provoquent des piqûres irritantes et sont vecteurs de nombreuses maladies mortelles pour l'homme comme la malaria (214 millions de nouveau cas en 2015 et 438 000 décès ; World Health Organization, 2016). Pourtant, les moustiques font partie des écosystèmes et participent à leur bon fonctionnement : ils peuvent avoir une importance dans le réseau trophique (Cochran-Stafira, & Von Ende, 1998) et les mâles peuvent polliniser certaines plantes (Thien, 1969). Ils pourraient donc rendre des services écosystémiques à l'homme de façon indirecte à travers les écosystèmes auxquels ils appartiennent. Une autre limite du concept de service écosystémique est que celui-ci est anthropocentrique. En effet, il place l'homme au centre et ne prend pas en compte la valeur intrinsèque des autres êtres vivants. Cette valeur intrinsèque est définie comme « une valeur morale [attribuée] à quelqu'un ou à quelque chose, c'est très exactement le reconnaître comme une fin en soi, indépendamment de l'utilité que nous pouvons en tirer. » (Maris, 2014). Ce concept peut aussi dériver vers une instrumentalisation de la nature ; et même parfois, une marchandisation de la nature (Maris, 2014) lorsque des valeurs économiques sont données aux services écosystémiques (comme dans Gómez-Baggethun & Barton, 2013). Cette attribution d'une valeur économique ne peut de plus convenir à tous les services. En effet, les services culturels ne peuvent pas tous être évalués économiquement : par exemple, quelle valeur économique donner à la beauté d'un paysage ou aux émotions qu'il nous procure ?

Conclusion

Pour résumer, dans cette thèse, j'ai montré que :

- Le pigeon était moyennement apprécié et était qualifié principalement de sale et envahissant par les personnes rencontrées à Paris.
- Le rat n'était pas du tout apprécié et était qualifié généralement de sale et nuisible par ces mêmes personnes.
- Le hérisson était très apprécié et était qualifié majoritairement de mignon et sympathique par les personnes interrogées.
- Les appréciations de ces trois espèces sont positivement corrélées à leurs utilités estimées.
- Le guano de pigeons est un bon engrais pour les tomates cerises et les radis cultivés dans le cadre de l'agriculture urbaine mais pas pour les mâches.
- Les légumes fertilisés avec le guano de pigeons ne contiennent pas plus de métaux traces que les légumes cultivés sans cet engrais.
- L'apport d'informations sur l'existence de l'effet fertilisant du guano de pigeons sur les tomates cerises et la séquestration de métaux traces dans les plumes de cet oiseau via un flyer n'a pas permis d'augmenter l'appréciation du pigeon, ni de changer sa perception aux yeux des usagers de la ville de Paris.

Bibliographie

- Alexander, P. D., Alloway, B. J., & Dourado, A. M. (2006). Genotypic variations in the accumulation of Cd, Cu, Pb and Zn exhibited by six commonly grown vegetables. *Environmental Pollution*, 144(3), 736–745. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2006.03.001>
- Aplin KP, Chesser T, ten Have J (2003). Evolutionary biology of the genus *Rattus*: profile of an archetypal rodent pest. In: Singleton GR, Hinds LA, Krebs CJ, Spratt DM (eds) *Rats, mice and people: rodent biology and management*. ACIAR, Canberra, pp 487–498
- Aronson, M. F. J., Sorte, F. A. La, Nilon, C. H., Katti, M., Goddard, M. A., Lepczyk, C. A., ... Winter, M. (2014). A global analysis of the impacts of urbanization on bird and plant diversity reveals key anthropogenic drivers. *Proceedings of the Royal Society B*, 281, 1–8. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.3330>
- Bailly, A. (1977), *La perception de l'espace urbain : Les concepts, les méthodes d'études, leur utilisation dans la recherche urbanistique*, Paris, Centre de recherche d'urbanisme.
- Barrett, L. P., Stanton, L., & Benson-amram, S. (2018). The cognition of 'nuisance' species. *Animal Behaviour*, (Cognitive ecology), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2018.05.005>
- Batt, S. (2009). Human attitudes towards animals in relation to species similarity to humans : a multivariate approach. *Bioscience Horizons*, 2(2), 180–190.
- Bela, G., Peltola, T., Young, J. C., Balázs, B., Arpin, I., Pataki, G., ... & Keune, H. (2016). Learning and the transformative potential of citizen science. *Conservation Biology*, 30(5), 990-999.
- Belaire, J. A., Westphal, L. M., Whelan, C. J., & Minor, E. S. (2015). Urban residents' perceptions of birds in the neighborhood: Biodiversity, cultural ecosystem services, and disservices. *The Condor*, 117(2), 192–202. <https://doi.org/10.1650/condor-14-128.1>
- Benedictow, O. J. (2011). What disease was plague? In *The Controversy Over the Microbiological Identity of Plague Epidemics of the Past*. (pp. 91–97).
- Bennett-Levy, J., & Marteau, T. (1984). Fear of animals: What is prepared? *British Journal of Psychology*. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1984.tb02787.x>
- Bhattacharjee, Y. (2005). Citizen scientists supplement work of Cornell researchers. *Science* 308: 1402–1403.
- Bjerke, T., & Østdahl, T. (2004). Animal-related attitudes and activities in an urban population. *Anthrozoos*, 17(2), 109–129. <https://doi.org/10.2752/089279304786991783>
- Bjurlin, C. D., & Cypher, B. L. (2005). Encounter frequency with the urbanized San Joaquin Kit fox correlates with public beliefs and attitudes toward the species. *Endangered Species Update*, 22(3), 107–115.

- Boekhoorn, D. N. (2008). *Bestiaire mythique, légendaire et merveilleux dans la tradition celtique: de la littérature orale à la littérature écrite: étude comparée de l'évolution du rôle et de la fonction des animaux dans les traditions écrites et orales ayant trait à la mythologie en Irlande, Ecosse, Pays de Galles, Cornouailles et Bretagne à partir du Haut Moyen Âge, appuyée sur les sources écrites, iconographiques et toreutiques chez les Celtes anciens continentaux* (Doctoral dissertation).
- Braband, L., & Clark, K. (1991). Perspectives on wildlife nuisance control: Results of a wildlife damage control firm's customer survey. In *Fifth Eastern Wildlife Damage Control Conference* (pp. 2–6). Retrieved from <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1007&context=ewdcc5>
- Branchini, S., Meschini, M., Covi, C., Piccinetti, C., Zaccanti, F., & Goffredo, S. (2015). Participating in a citizen science monitoring program: implications for environmental education. *PloS one*, 10(7), e0131812.
- Buczkowski, G. (2010). Extreme life history plasticity and the evolution of invasive characteristics in a native ant. *Biological Invasions*, 12(9), 3343e3349. <https://doi.org/10.1007/s10530-010-9727-6>.
- Burgaud, F. (1996). Du hérisson honni au hérisson blason de la nature. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 38(2), 21-41.
- Burt, J. (2006). *Rat*. Reaktion Books.
- Cailly Arnulphi, V. B., Lambertucci, S. A., & Borghi, C. E. (2017). Education can improve the negative perception of a threatened long-lived scavenging bird, the Andean condor. *PLoS ONE*, 12(9), 1–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185278>
- Calvet-Mir, L., Gómez-Baggethun, E., & Reyes-García, V. (2012). Beyond food production: Ecosystem services provided by home gardens. A case study in Vall Fosca, Catalan Pyrenees, Northeastern Spain. *Ecological Economics*, 74, 153–160. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.12.011>
- Campbell, P. A. (1973). The feeding behaviour of the hedgehog (*Erinaceus europaeus* L.) in pasture land in New Zealand. *Proceedings of the New Zealand Ecological Society*, 20, 35–40.
- Carinanos, P., Calaza-Martinez, P., O'Brien, L., & Calfapietra, C. (2017). The cost of greening: disservices of urban trees. In *The Urban Forest* (pp. 79–87). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-50280-9>
- Chase, S. K., & Levine, A. (2018). Citizen science: exploring the potential of natural resource monitoring programs to influence environmental attitudes and behaviors. *Conservation Letters*, 11(2), e12382.
- Clapperton BK (2006). A review of the current knowledge of rodent behaviour in relation to control devices. *Sci Conserv* 263:1–55

- Clarke, A. L. and Pacin, T. 2002. Domestic cat “colonies” in natural areas: A growing exotic species threat. *Natural Areas Journal* 22: 154–159.
- Clemente, N. L., Faberi, A. J., Salvio, C., & Noemí, A. (2010). Biology and individual growth of *Milax gagates* (Draparnaud, 1801) (Pulmonata : Stylommatophora). *Invertebrate Reproduction and Development*, 54(3), 163–168.
- Clergeau, P., Esterlingot, D., Chaperon, J., & Lerat, C. (1996). Difficultés de cohabitation entre l’homme et l’animal : le cas des concentrations d’oiseaux en site urbain. *Natures Sciences Sociétés*, 4(2), 102–115. <https://doi.org/10.1051/nss/19960402102>
- Clinton, J. M. (1969). Rats in Urban America. *Public Health Reports*, 84(1), 1–8.
- Clucas, B., Marzluff, J. M., Kübler, S., & Meffert, P. (2011). New directions in urban avian ecology: reciprocal connections between birds and humans in cities. In *Perspectives in Urban Ecology* (pp. 167–195). <https://doi.org/10.1007/978-3-642-17731-6>
- Cochran-Stafira, D. L., & Von Ende, C. N. (1998). Integrating bacteria into food webs: studies with *Sarracenia purpurea* inquilines. *Ecology*, 79(3), 880–898.
- Colon, P.-L., & Lequarré, N. (2013). Le nourrissage des pigeons dans la région parisienne. *Ethnologie Française*, 43(1), 153–160. <https://doi.org/10.3917/ethn.131.0155>
- Contassot, Y. (2007). La politique de la ville: pour une gestion durable des pigeons à Paris. *Bien vivre avec les animaux à Paris, le guide de l’animal en ville. Mairie de Paris*.
- Cosquer, A., Raymond, R., & Prevot-Julliard, A. C. (2012). Observations of everyday biodiversity: a new perspective for conservation?. *Ecology and Society*, 17(4).
- Crowne, D. P., & Marlowe, D. (1960). A new scale of social desirability independent of psychopathology. *Journal of Consulting Psychology*, 24(4), 349–354. <https://doi.org/10.1109/TASSP.1982.1163916>
- Curtis, P. D., Richmond, M. E., Wellner, P. A., & Tullar, B. (1993). Characteristics of the private nuisance wildlife control industry in New York. In *Sixth Eastern Wildlife Damage Control Conference* (pp. 49–57).
- Daly, B., & Morton, L. L. (2006). An investigation of human-animal interactions and empathy as related to pet preference, ownership, attachment, and attitudes in children. *Anthrozoös*, 19(2), 113–127.
- Davis DE (1953). The characteristics of rat populations. *Q Rev Biol* 28:373–401
- Descola, P. (2005). Par-delà nature et culture, Gallimard, nfr, coll. *Bibliothèque des sciences humaines*.
- Descola, P. (2008). A qui appartient la nature. *La vie des idées. fr*, 11.
- Driscoll, J. W. (1995). Attitudes toward animals: species ratings. *Society and Animals*, 3(2), 139–150.

- Druschke, C. G., & Seltzer, C. E. (2012). Failures of engagement: Lessons learned from a citizen science pilot study. *Applied Environmental Education & Communication*, 11(3-4), 178-188.
- Dubreuil, C. M. (2009). L'antispécisme, un mouvement de libération animale. *Ethnologie française*, 39(1), 117-122.
- Dunn, R. R. (2010). Global Mapping of Ecosystem Disservices: The Unspoken Reality that Nature Sometimes Kills us. *Biotropica*, 42(5), 555–557. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2010.00698.x>
- Dupont, H., Mihoub, J. B., Becu, N., & Sarrazin, F. (2011). Modelling interactions between scavenger behaviour and farming practices: Impacts on scavenger population and ecosystem service efficiency. *Ecological Modelling*, 222(4), 982–992. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2010.11.029>
- Dupont, H., Mihoub, J. B., Bobbé, S., & Sarrazin, F. (2012). Modelling carcass disposal practices: Implications for the management of an ecological service provided by vultures. *Journal of Applied Ecology*, 49(2), 404–411. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.02111.x>
- Dupré, S. (2006). Perceptions et représentations géographiques: un outil pour aménager les forêts touristifiées?. *Téoros. Revue de recherche en tourisme*, 25(25-2), 53-61.
- Eagly, A. H., & Chaiken, S. (1993). The psychology of attitudes. Fort Worth, TX: Harcourt Brace Jovanovich
- Eriksson, M., Sandström, C., & Ericsson, G. (2015). Direct experience and attitude change towards bears and wolves. *Wildlife Biology*, 21(3), 131–137. <https://doi.org/10.2981/wlb.00062>
- Estren. (2012). The Neoteny Barrier: Seeking Respect for the Non-Cute. *Journal of Animal Ethics*, 2(1), 6. <https://doi.org/10.5406/janimalethics.2.1.0006>
- Fernandez-Gimenez, M., Ballard, H., & Sturtevant, V. (2008). Adaptive management and social learning in collaborative and community-based monitoring: a study of five community-based forestry organizations in the western USA. *Ecology and Society*, 13(2).
- Finster, M. E., Gray, K. A., & Binns, H. J. (2004). Lead levels of edibles grown in contaminated residential soils: A field survey. *Science of the Total Environment*, 320(2–3), 245–257. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2003.08.009>
- Fissell, M. (1999). Imagining Vermin in Early Modern England by Mary Fissell. *History Workshop Journal*, 47, 1–29.
- Fraisse C., et al. (non publiée). Étude quantitative par questionnaires sur 500 élèves de 6°-5° en juin 2014. Approche psychologie de la conservation
- Frantz, A., Pottier, M. A., Karimi, B., Corbel, H., Aubry, E., Haussy, C., ... Castrec-Rouelle, M. (2012). Contrasting levels of heavy metals in the feathers of urban pigeons from close

- habitats suggest limited movements at a restricted scale. *Environmental Pollution*, 168, 23–28. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.04.003>
- Fromm, E. (1964). *The Heart of man*. New York.
- George, K. A., Slagle, K. M., Wilson, R. S., Moeller, S. J., & Bruskotter, J. T. (2016). Changes in attitudes toward animals in the United States from 1978 to 2014. *Biological Conservation*, 201, 237–242. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.07.013>
- Gómez-Baggethun, E., & Barton, D. N. (2013). Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecological Economics*, 86, 235–245. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.08.019>
- Gottfried, R. S. (2010). *Black death*. Simon and Schuster.
- Gunther, I. and Terkel, J. 2002. Regulation of free-roaming cat (*Felis silvestris catus*) populations: A survey of the literature and its application to Israel. *Animal Welfare* 11: 171–188.
- Gumuchian, Hervé (1991), *Représentations et aménagement du territoire*, Paris, Anthropos.
- Haag, D. (1990). Lebenserwartung und Altersstruktur der Strassentaube *Columba livia forma domestica*. *Der Ornithologische Beobachter*, Vol. 87, pp. 147-151
- Haigh, A. J. (2011). *The Ecology of the European hedgehog (Erinaceus europaeus) in rural Ireland*. University College Cork.
- Haigh, A. J. (2011). The Ecology of the European hedgehog (*Erinaceus europaeus*) in rural Ireland. University College Cork.
- Harris, E., de Crom, E. P., & Wilson, A. (2016). Pigeons and people: mortal enemies or lifelong companions? A case study on staff perceptions of the pigeons on the University of South Africa, Muckleneuk campus. *Journal of Public Affairs*, 16(4), 331–340. <https://doi.org/10.1002/pa.1593>
- Haywood, B. K. (2016). Beyond data points and research contributions: the personal meaning and value associated with public participation in scientific research. *International Journal of Science Education, Part B*, 6(3), 239-262.
- Haywood, B. K., Parrish, J. K., & Dolliver, J. (2016). Place-based and data-rich citizen science as a precursor for conservation action. *Conservation Biology*, 30(3), 476-486.
- Herzog, H. A., Betchart, N. S., & Pittman, R. B. (1991). Gender, Sex Role Orientation, and Attitudes toward Animals. *Anthrozoös*, 4(3), 184–191. <https://doi.org/10.2752/089279391787057170>
- Herzog, H. A. (2007). Gender Differences in Human – Animal Interactions: A Review. *Antrozoös*, 20(1), 7–21. <https://doi.org/10.2752/089279307780216687>

- Holtgraves, T. (2004). Social Desirability and Self-Reports: Testing Models of Socially Desirable Responding. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 30(2), 161–172. <https://doi.org/10.1177/0146167203259930>
- Hommay, G., Lorvelec, O., & Jacky, F. (1998). Daily activity rhythm and use of shelter in slugs *Deroceras reticulatum* and *Arion distinctus* under laboratory conditions. *Annals of Applied Biology*, 132, 167–185.
- Hubert, P., Julliard, R., Biagianti, S., & Poulle, M. L. (2011). Ecological factors driving the higher hedgehog (*Erinaceus europaeus*) density in an urban area compared to the adjacent rural area. *Landscape and Urban Planning*, 103(1), 34–43. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.05.010>
- Huijser, M. P., & Bergers, P. J. M. (2000). The effects of roads and traffic on hedgehog (*Erinaceus europaeus*) populations. *Biological Conservation*, 95, 111–116. <https://doi.org/10.17487/rfc3104>
- Hunter, L. M., & Brehm, J. M. (2004). A Qualitative Examination of Value Orientations Toward Wildlife and Biodiversity by Rural Residents of the Intermountain Region. *Human Ecology Review*, 11(1), 13–26.
- Jerolmack, C. (2007). Animal archeology: Domestic pigeons and the nature-culture dialectic. *Qualitative Sociology Review*, 3(1), 74–95.
- Jerolmack, C. (2008). How Pigeons Became Rats : The Cultural-Spatial Logic of Problem Animals. *Social Problems*, 55(1), 72–94.
- Johnston, R. F., & Johnson, S. G. (1989). Nonrandom mating in feral pigeons. *The Condor*, 91(1), 23-29.
- Johnston, R. F., & Janiga, M. (1995). *Feral pigeons* (Vol. 4). Oxford University Press on Demand.
- Jordan, R. C., Gray, S. A., Howe, D. V., Brooks, W. R., & Ehrenfeld, J. G. (2011). Knowledge gain and behavioral change in citizen-science programs. *Conservation Biology*, 25(6), 1148-1154.
- Kellert, S. R., & Berry, J. K. (1980). *Phase III: Knowledge, affection and basic attitudes toward animals in American society*. US Department of the Interior, Fish and Wildlife Service.
- Kellert, S. R. (1984a). Animal Studies Repository American Attitudes Toward and Knowledge of Animals: An Update. In *Advances en animal welfare science* (Vol. 85, pp. 177–213). Retrieved from http://animalstudiesrepository.org/acwp_sata
- Kellert, S. R. (1984b). Attitudes Toward Animals: Age-Related Development among Children. In *Advances in Animal Welfare Science 1984* (Vol. 85, pp. 43–60). https://doi.org/10.1007/978-94-009-4998-0_3

- Kellert, S. R., Black, M., Rush, C. R., & Bath, A. J. (1996). Human Culture and Large Carnivore Conservation in North America. *Conservation Biology*, 10(4), 977–990. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1996.10040977.x>
- Kigir, E. S., Sivachelvan, S. N., Kwari, H. D., Sonfada, M. N., Yahaya, A., Thilza, I. B., & Wiam, I. M. (2010). Gross And Microscopic Changes In The Gonads Of Male And Female Domestic Pigeon (Columbia Livia). *New York Science Journal*, 3(10), 108–111.
- Knight, S., Nunkoosing, K., Vrij, A., & Cherryman, J. (2003). Using Grounded Theory to Examine People's Attitudes Toward How Animals are Used. *Society & Animals*, 11(4), 307–327.
- Knight, S., Vrij, A., Cherryman, J., & Nunkoosing, K. (2004). Attitudes towards animal use and belief in animal mind. *Anthrozoös*, 17(1), 43–62. <https://doi.org/10.2752/089279304786991945>
- Koss, R. S. & Kingsley, J.Y. (2010). Volunteer health and emotional wellbeing in marine protected areas. *Ocean & Coastal Management*, 53(8), 447–453.
- Kowarik, I. (2011). Novel urban ecosystems, biodiversity, and conservation. *Environmental Pollution*, 159(8), 1974–1983. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.02.022>
- Laisney, C. (2016). Végétarisme et flexitarisme, une tendance émergente ? *Viandes & Produits Carnés*, 32, 1–6.
- Lee, D. S. (2012). The categorization of “ Bad animal ” and its relation to animal appearances : a study of 6-year-old children's perceptions. *Journal of Social, Evolutionary, Znd Cultural Psychology*, 6(1), 32–49.
- Leong, K. M., & Kyle, G. T. (2014). Engaging park stewards through biodiversity discovery: Social outcomes of participation in bioblitzes. *Park Sci*, 31, 106–111.
- Leroy, E. M., Kumulungui, B., Pourrut, X., Rouquet, P., Hassanin, A., Yaba, P., ... & Swanepoel, R. (2005). Fruit bats as reservoirs of Ebola virus. *Nature*, 438(7068), 575.
- Lewandowski, E. J., & Oberhauser, K. S. (2017). Butterfly citizen scientists in the United States increase their engagement in conservation. *Biological Conservation*, 208, 106–112.
- Lorenz, K. (1943). Die angeboreneformen möglicher erfahrung. *Z. Tierpsychol*, 5, 235–409.
- Lund, M. (1994) Commensal rodents. In: Buckle A, Smith R (eds) Rodent pests and their control. CABI Publishing, Wallingford, pp 23–43
- Luniak, M. (2004). Synurbization - adaptation of animal wildlife to urban development. In *Proceedings Of The 4th International Symposium On Urban Wildlife Conservation* (pp. 50–55). Tucson.
- Lyytimäki, J., Petersen, L. K., Normander, B., & Bezák, P. (2008). Nature as a nuisance? Ecosystem services and disservices to urban lifestyle. *Environmental Sciences*, 5(3), 161–172. <https://doi.org/10.1080/15693430802055524>

- Lyytimäki, J., & Sipilä, M. (2009). Hopping on one leg - The challenge of ecosystem disservices for urban green management. *Urban Forestry and Urban Greening*, 8(4), 309–315. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2009.09.003>
- Maris, V. (2014). *Nature à vendre: Les limites des services écosystémiques*. Éditions Quae.
- McCormick, M. (2003). Rats , Communications , and Plague : Toward an Ecological History. *Journal of Interdisciplinary History*, 34(1), 1–25.
- Merckelbach, H., Van Den Hout, M. A., & Van Der Molen, G. M. (1987). Fear of Animals: Correlations Between Fear Ratings and Perceived Characteristics. *Psychological Reports*. <https://doi.org/10.2466/pr0.1987.60.3c.1203>
- Millenium Ecosystem Assessment. (2005). *Rapport de synthèse de l'Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire*.
- Miller, N. (1911). Reproduction in the brown rat (*Mus norwegicus*). *The American Naturalist*, 45(538), 623-635.
- Ministère de l'environnement et du cadre de vie et le ministère de l'agriculture (1981). Arrêté du 17 avril 1981 portant sur la liste des mammifères protégés sur l'ensemble du territoire. Journal Officiel de la République Française du 19 mai 1981.
- Møller, A. P. (2009). Successful city dwellers: A comparative study of the ecological characteristics of urban birds in the Western Palearctic. *Oecologia*, 159(4), 849–858. <https://doi.org/10.1007/s00442-008-1259-8>
- Morris, P. (2015). Hedgehogs. Whittet Boooks.
- Panagiotakopulu, E. (2004). Pharaonic Egypt and the origins of plague. *Journal of Biogeography*, 31(2), 269–275. <https://doi.org/10.1046/j.0305-0270.2003.01009.x>
- Perry JS (1945) The reproduction of the wild brown rat (*Rattus norvegicus* Erxleben). *Proc Zool Soc London* 115:19–46
- Prokop, P., Özel, M., & Uşak, M. (2009). Cross-cultural comparison of student attitudes toward snakes. *Society and Animals*, 17(3), 224–240. <https://doi.org/10.1163/156853009X445398>
- Peter, M., Diekötter, T., & Kremer, K. (2019). Participant outcomes of biodiversity citizen science projects: A systematic literature review. *Sustainability (Switzerland)*, 11(10), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su11102780>
- Petersen, L. K., Lyytimäki, J., Normander, B., Hallin-Pihlatie, L., Bezák, P., Cil, A., ... & Hulst, N. (2007). Urban lifestyle and urban biodiversity. *ALTER-Net Research reports*, (ANet_WPR1_2007_03).
- Peterson, N. (1972). Totemism yesterday: sentiment and local organisation among the Australian Aborigines. *Man*, 7(1), 12-32.
- Petit, V. (1997). Société d'origine et logiques migratoires. Les Dogon de Sangha (Mali). *Population (french edition)*, 515-543.

- Puckett, E. E., Park, J., Combs, M., Blum, M. J., Bryant, J. E., Caccone, A., ... Munshi-South, J. (2016). Global population divergence and admixture of the brown rat (*Rattus norvegicus*). *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283(1841). <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.1762>
- Reyniers, A. (1988). *Les «compagnons du buisson». Le hérisson au pays des Tsiganes* (No. 10, pp. 63-73). Association Terrain.
- Sandhu, H. S., Wratten, S. D., & Cullen, R. (2010). The role of supporting ecosystem services in conventional and organic arable farmland. *Ecological Complexity*, 7(3), 302–310. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2010.04.006>
- Sarrazin, F. (2013). History of Griffon Vulture reintroduction in France. In *Griffon Vulture Conference* (pp. 27–35). Limassol.
- Säumel, I., Kotsyuk, I., Hölscher, M., Lenkerei, C., Weber, F., & Kowarik, I. (2012). How healthy is urban horticulture in high traffic areas? Trace metal concentrations in vegetable crops from plantings within inner city neighbourhoods in Berlin, Germany. *Environmental Pollution*, 165, 124–132. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.02.019>
- SCEP, 1970, Report of the Study of Critical Environmental Problems. Man's Impact on the Global Environment. Assessment and Recommendations for Action, The Massachusetts Institute of Technology
- Schley, D., & Bees, M. A. (2003). Delay dynamics of the slug *Deroceras reticulatum*, an agricultural pest. *Ecological Modelling*, 162(3), 177–198. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(02\)00358-7](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(02)00358-7)
- Serpell, J. A. (2004). Factors influencing human attitudes to animals and their welfare. *Animal Welfare*, 13, 145–151.
- Shochat, E., Lerman, S., & Fernández-Juricic, E. (2010). Birds in Urban Ecosystems: Population Dynamics, Community Structure, Biodiversity, and Conservation. *Urban Ecosystem Ecology, Agronomy Monograph*, 55, 75–86. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr55.c4>
- Shwartz, A., Turbé, A., Simon, L., & Julliard, R. (2014). Enhancing urban biodiversity and its influence on city-dwellers: An experiment. *Biological Conservation*, 171, 82–90. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.01.009>
- Sickler, J., Cherry, T. M., Allee, L., Smyth, R. R., & Losey, J. (2014). Scientific value and educational goals: Balancing priorities and increasing adult engagement in a citizen science project. *Applied Environmental Education & Communication*, 13(2), 109-119.
- Simaika, J. P., & Samways, M. J. (2010). Biophilia as a universal ethic for conserving biodiversity. *Conservation Biology*, 24(3), 903-906.
- Sitas, N., Baillie, J. E. M., & Isaac, N. J. B. (2009). What are we saving? Developing a standardized approach for conservation action. *Animal Conservation*, 12(3), 231-237.

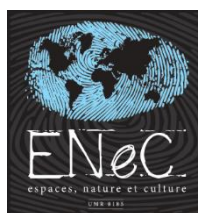
- Skandrani, Z., Lepetz, S., & Prévot-Julliard, A.-C. (2014). Nuisance species: beyond the ecological perspective. *Ecological Processes*, 3(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/2192-1709-3-3>
- Skandrani, Z., Daniel, L., Jacquelin, L., Leboucher, G., Bovet, D., & Prévot, A. C. (2015). On public influence on people's interactions with ordinary biodiversity. *PLoS ONE*, 10(7), 1–9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0130215>
- Sullivan, R. (2004). *Rats. Observations on the history and habitat of the city's most unwanted inhabitants*. New York: Bloomsbury USA.
- Szpak, P., Longstaffe, F. J., Millaire, J. F., & White, C. D. (2012). Stable isotope biogeochemistry of seabird guano fertilization: Results from growth chamber studies with maize (*Zea Mays*). *PLoS ONE*, 7(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0033741>
- Taylor, N., & Signal, T. D. (2009). Pet, pest, profit: Isolation differences in attitudes towards the treatment of animals. *Anthrzoöös*, 22(2), 129–135.
- Thien, L. B. (1969). Mosquito pollination of *Habenaria obtusata* (Orchidaceae). *American Journal of Botany*, 56(2), 232–237.
- Toomey, A. H., & Domroese, M. C. (2013). Can citizen science lead to positive conservation attitudes and behaviors. *Human Ecology Review*, 20(1), 50–62.
- Traweger D, Slotta-Bachmayr L (2005) Introducing GIS-modelling into the management of a brown rat (*Rattus norvegicus* Berk.) (Mamm. Rodentia Muridae) population in an urban habitat. *J Pest Sci* 78:17–24
- Treille, G., & Yersin, A. (1894). La peste bubonique à Hong Kong. In *VIIIe Congrès international d'hygiène et de démographie* (pp. 310–311). Budapest, Hongrie.
- Trojan, P. (1981). Urban fauna: faunistic, zoogeographical and ecological problems. *Memorabilia Zoologica*, 34, 3–12.
- Tryjanowski, P., Møller, A. P., Morelli, F., Biadu?n, W., Brauze, T., Ciach, M., et al. (2016). Urbanization affects neophilia and risk-taking at bird-feeders. *Scientific Reports*, 6, 1e8. <https://doi.org/10.1038/srep28575>.
- United States Census Bureau. 2004–2005. Statistical Abstract of the United States. 124th edn. Washington, DC: US Department of Commerce.
- Voigt, A., & Wurster, D. (2014). Does diversity matter? The experience of urban nature's diversity: Case study and cultural concept. *Ecosystem Services*, 12, 200–208. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.12.005>
- Von Döhren, P., & Haase, D. (2015). Ecosystem disservices research: A review of the state of the art with a focus on cities. *Ecological Indicators*, 52, 490–497. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.12.027>
- Williams, C. K., Ericsson, G., & Heberlein, T. A. (2002). A quantitative summary of attitudes toward wolves and their reintroduction (1972–2000). *Wildlife Society Bulletin*, 575–584.

- Wolf, K. L. (2004). Nature in the retail environment: comparing consumer and business response to urban forest conditions. *Landscape Journal*, 23(1), 40–51.
- World Health Organization. (2016). *World malaria report 2015*. World Health Organization.
- Young, H. S., McCauley, D. J., & Dirzo, R. (2011). Differential responses to guano fertilization among tropical tree species with varying functional traits. *American Journal of Botany*, 98(2), 207–214. <https://doi.org/10.3732/ajb.1000159>
- Zhang, W., Goodale, E., & Chen, J. (2014). How contact with nature affects children's biophilia, biophobia and conservation attitude in China. *Biological Conservation*, 177, 109–116. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.06.011>

Annexes

Annexe 1 : Questionnaire de la première saison avec des questions sur les pigeons, les rats et les hérissons

N. B. : Le questionnaire de la saison 2 est le même mais avec uniquement les questions sur le pigeon.



Contexte du Questionnaire

- Date : Heure :
- Jour de la semaine ? : Week-end ☐ Mercredi après-midi ☐ Autre jour ☐
- Vacances scolaires ? : oui ☐ non ☐
- Moment de la journée ? : Tôt le matin ☐ Midi ☐ Fin de journée ☐
- Météo : ensoleillé ☐ nuageux ☐
- Lieu ? : parc ou square ☐ rue ou sortie de métro ☐ terrasse ☐
gare ☐ lieu touristique ☐ jardin partagé ☐ Autre :☐
- Lieu précis :

Observations des animaux

- Est-ce que vous en voyez ? :
 - Pigeon : Souvent ☐ Parfois ☐ Rarement ☐ Jamais ☐
 - Rat : Souvent ☐ Parfois ☐ Rarement ☐ Jamais ☐
 - Hérisson : Souvent ☐ Parfois ☐ Rarement ☐ Jamais ☐
- Combien d'individus voyez-vous en général ?
 - Pigeon : un seul ☐ un petit groupe ☐ un grand groupe ☐
 - Rat : un seul ☐ un petit groupe ☐ un grand groupe ☐
 - Hérisson : un seul ☐ un petit groupe ☐ un grand groupe ☐
- A quel moment de la journée ? :
 - Pigeon : Aube ☐ Matinée ☐ Midi ☐ Après-midi ☐
Soir ☐ Nuit ☐ Toute la journée ☐
 - Rat : Aube ☐ Matinée ☐ Midi ☐ Après-midi ☐

Soir ☐ Nuit ☐ Toute la journée ☐
 Hérisson : Aube ☐ Matinée ☐ Midi ☐ Après-midi ☐
 Soir ☐ Nuit ☐ Toute la journée ☐

- A quelle saison ?

Pigeon : Printemps ☐ Eté ☐ Automne ☐ Hiver ☐
 Rat : Printemps ☐ Eté ☐ Automne ☐ Hiver ☐
 Hérisson : Printemps ☐ Eté ☐ Automne ☐ Hiver ☐

- A quel endroit avez-vous vu ces animaux ?

Pigeon : Dans la rue ☐ Dans un parc ou un square ☐ Dans une cour privée ☐
 Dans un jardin privé ☐ Autre (précisez) : ☐
 Rat : Dans la rue ☐ Dans un parc ou un square ☐ Dans une cour privée ☐
 Dans un jardin privé ☐ Autre (précisez) : ☐
 Hérisson : Dans la rue ☐ Dans un parc ou un square ☐ Dans une cour privée ☐
 Dans un jardin privé ☐ Autre (précisez) : ☐

Perceptions

- Sur une échelle de 0 à 10, comment appréciez-vous ces animaux ?

Pigeon :	Pas du tout	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Énormément
Rat :	Pas du tout	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Énormément
Hérisson :	Pas du tout	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Énormément

- Donnez 3 qualificatifs pour désigner chacun de ces animaux (nom, adjectif, verbe...).

Pigeon :
 Rat :
 Hérisson :

- Qu'est-ce qui vous déplaît chez ces animaux ? (ex : physique, action ... ; 1 à 3 qualificatifs)

Pigeon :
 Rat :
 Hérisson :

- Qu'est-ce qui vous plaît chez ces animaux ? (ex : physique, action ...; 1 à 3 qualificatifs)

Pigeon :
 Rat :
 Hérisson :

- Quelle(s) émotion(s) ou sentiment(s) associez-vous à ces animaux ? (1 à 3 qualificatifs)

Pigeon :
 Rat :
 Hérisson :

- Lequel de ces 3 animaux préférez-vous ? Pigeon ☐ Rat ☐ Hérisson ☐ -

Pourquoi ?.....

- Connaissez-vous des histoires (contes, légendes, dessins animés...) sur ces animaux ?
oui ☐ non ☐
- Si oui, lesquels ?.....
.....
.....
.....
- Pensez-vous qu'ils influencent vos perceptions ? oui ☐ non ☐

Services

- Considérez-vous cet animal comme utile ?
- | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|-------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|-------------------|
| Pigeon : | Pas du tout utile | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Extrêmement utile |
| Rat : | Pas du tout utile | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Extrêmement utile |
| Hérisson : | Pas du tout utile | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Extrêmement utile |
- En quoi ces animaux peuvent-ils être utiles à l'homme ? (citez 1 à 3 exemples)
- Pigeon :.....
.....
Rat :.....
.....
Hérisson :.....
.....

Désagréments et nuisances

- Considérez-vous que cet animal engendre des désagréments et des nuisances ?
- Pigeon : oui ☐ non ☐ - Si oui, lesquels (1 à 3).....
.....
- Rat : oui ☐ non ☐ - Si oui, lesquels (1 à 3).....
.....
- Hérisson : oui ☐ non ☐ - Si oui, lesquels (1 à 3).....
.....
- Est-ce qu'il y a des circonstances dans lesquelles vous ressentez plus ces désagréments ?
.....
.....
 - Considérez-vous cet animal comme nuisible ?
- | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----------------------|
| Pigeon : | Pas du tout nuisible | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Extrêmement nuisible |
| Rat : | Pas du tout nuisible | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Extrêmement nuisible |
| Hérisson : | Pas du tout nuisible | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Extrêmement nuisible |
- Connaissez-vous des méthodes de régulation de populations animales ? oui ☐ non ☐
 - Si oui, lesquelles ?.....
 - Selon vous, faut-il réguler les populations de ces animaux ?

Pigeon : oui ☐ non ☐ - Si oui, comment ?.....
Rat : oui ☐ non ☐ - Si oui, comment ?.....
Hérisson : oui ☐ non ☐ - Si oui, comment ?.....

Pratiques

- Avez-vous déjà nourri des pigeons ? Oui ☐ Non ☐
- Si oui, avec quel type de nourriture ?.....
- Si oui, en quelle quantité ?.....
- Si oui, avec quelle fréquence ?.....
- Si oui, pourquoi avez-vous nourri des pigeons ?.....
.....

- Avez-vous déjà utilisé un dispositif anti-pigeons ? Oui ☐ Non ☐
- Si oui, de quel type était-il ?.....
- Si oui, pourquoi avez-vous utilisé un dispositif anti-pigeons ?.....
.....

- Avez-vous déjà nourri des rats ? Oui ☐ Non ☐
- Si oui, avec quel type de nourriture ?.....
- Si oui, en quelle quantité ?.....
- Si oui, avec quelle fréquence ?.....
- Si oui, pourquoi avez-vous nourri des rats ?.....
.....

- Avez-vous déjà utilisé un dispositif anti-rats ? Oui ☐ Non ☐
- Si oui, de quel type était-il ?.....
- Si oui, pourquoi avez-vous utilisé un dispositif anti-rats ?.....
.....

- Avez-vous déjà nourri des hérissons ? Oui ☐ Non ☐
- Si oui, avec quel type de nourriture ?.....
- Si oui, en quelle quantité ?.....
- Si oui, avec quelle fréquence ?.....
- Si oui, pourquoi avez-vous nourri des hérissons ?
.....
.....

- Avez-vous déjà utilisé un dispositif anti-hérissons ? Oui ☐ Non ☐
- Si oui, de quel type était-il ?.....
- Si oui, pourquoi avez-vous utilisé un dispositif anti-hérissons ?
.....
.....

Connaissances

- Est-ce que vous connaissez différentes espèces de

Pigeons ? : oui ☐ non ☐ - Si oui, lesquels :.....

Rats ? : oui ☐ non ☐ - Si oui, lesquels

Hérissons ? oui ☐ non ☐ - Si oui, lesquels :.....

- Savez-vous les reconnaître à partir de photos ?

Pigeons : oui ☐ non ☐

Rats : oui ☐ non ☐

Hérissons : oui ☐ non ☐

- Lesquelles rencontrez-vous à Paris ?.....
.....

- Connaissez-vous la signification du terme « service écosystémique »? oui ☐ non ☐

Questions Personnelles

- Sexe : F ☐ M ☐

- Tranche d'âge : - de 25 ans ☐ de 25 à 45 ans ☐ de 45 à 65 ans ☐ + de 65 ans ☐

- Niveau d'étude : inférieur au Bac ☐ Bac à Bac+3 ☐ Bac+4 et + ☐

- Domaine de travail ou d'étude :.....

- Habitez-vous la région parisienne ? oui ☐ non ☐ - Où ?.....

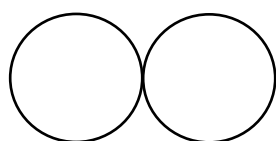
- Habitez-vous Paris intra-muros ? oui ☐ non ☐ - Si oui, quel arrondissement ?

- Si oui, depuis combien de temps ? - de 5 ans ☐ de 5 à 20 ans ☐ + de 20ans ☐

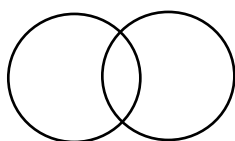
- Avez-vous toujours résidé en ville ? oui ☐ non ☐

- Pour mieux vous cerner, quel schéma vous correspond ?

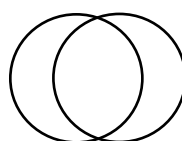
Le premier cercle correspond à vous et le second à la Nature



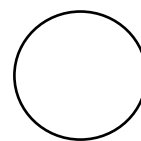
☐



☐



☐



☐

- Donnez un qualificatif pour définir votre relation avec la nature

- Si vous le souhaitez, donnez votre adresse mail. Vous pourrez ainsi être informé(e) des résultats de l'étude ou remplir un nouveau questionnaire.

adresse mail :

- Bonus : - Si vous le souhaitez, dessinez un de ces animaux dans son environnement.

Annexe 2 : Livret du programme de sciences participatives « Roucoule en terrasse ».



Les immeubles leur rappellent les falaises... que vous les trouviez envahissants, moches, sales ou à l'inverse colorés, sympathiques voire fascinants, les pigeons sont bien adaptés au milieu urbain et nous partageons avec eux nos espaces de vie.

ET SI LES PIGEONS NOUS RENDAIENT SERVICE ?

PartiCitaE vous propose de mener une expérience sur votre balcon ou votre terrasse pour déterminer si le guano de pigeon (autrement dit les crottes !) peut être utile à la culture de plantes en ville.

Pas d'inquiétude, le guano que nous vous fournissons est préalablement stérilisé ! Il n'y a donc aucun risque sanitaire à tenter l'expérience.



PROTOCOLE

1 SEMIS

Remplissez vos deux pots avec le même terreau.

Semez vos 9 graines de radis en trois lignes de trois graines au centre de chaque pot comme indiqué sur le schéma.

Ne plantez qu'une seule graine à la fois.

Recouvrez les graines d'une légère couche de terre.



SCHEMA DU SEMIS

➔ N'oubliez pas d'arroser vos semis régulièrement !

2 GERMINATION

Surveillez quotidiennement vos semis et notez, pour chacun des pots, le nombre de jours écoulés avant que les premières pousses soient visibles (temps de germination).

Dès que les premières pousses apparaissent, mettez du guano dans le pot 2. Pour cela, diluez les 7,5g dans un quart de litre d'eau et arrosez votre pot 2 avec.

N'ajoutez pas de guano dans le pot 1 car il sert de témoin pour savoir comment poussent les radis sans guano.



BIEN LE GUANO ?

➔ N'oubliez pas d'arroser régulièrement vos plantations !

3 RÉCOLTE

Au bout de 18 jours, récoltez et pesez séparément les radis de chaque pot à l'aide de votre balance de cuisine. Notez bien chacun des poids sur le tableau de relevé de données.



J'AI PLUS UN RADIS !

4 ENVOI DES ÉCHANTILLONS ET DES DONNÉES

Une fois la pesée faite, placez un radis de chaque pot dans une des petites enveloppes numérotées fournies et renvoyez-nous l'ensemble. Ces échantillons seront analysés pour déterminer quelles substances passent du guano aux radis.

➔ N'oubliez pas de glisser votre tableau de relevé de données dans la grande enveloppe !

MATERIEL

✕ NOUS VOUS FOURNISSONS :



- deux pots numérotés de 1 à 2



- des graines de radis



- 7,5 g de guano stérilisé de pigeons sous forme de poudre



- trois enveloppes :
- une grande avec l'adresse du laboratoire
- deux petites numérotées de 1 à 2 pour nous renvoyer des échantillons de radis

✕ A PRÉVOIR :



- du terreau : ce doit être le même pour chacun des deux pots
- de l'eau pour arroser vos semis
- une balance de cuisine pour peser vos radis à la fin de l'expérience



□ — ✕ — □

D'OÙ VIENT LE GUANO ?

Le guano utilisé pour cette expérience est récolté par l'association Espaces dans cinq pigeonniers des Hauts-de-Seine.

Ces pigeonniers sont utilisés à des fins contraceptives pour gérer les populations de pigeons : les œufs sont stérilisés par une simple secousse.



Notez ici votre relevé et n'oubliez pas de nous le renvoyer à l'adresse suivante :

	pot numéro 1	pot numéro 2	remarques
Date de semis			
Date d'apparition des premières pousses		AJOUT DE GUANO	

Cette expérience vous est proposée par ParticiTaE avec la collaboration de l'Institut d'écologie et des sciences de l'environnement de Paris et du Laboratoire Espaces, Nature et Culture. Elle a été mise au point par Florence Brondeau, Chloé Duffaut, Julien Gasparini et Laure Turcati.

CONTACTS

laure.turcati@upmc.fr / gilles.plattner@mnhn.fr

www.particitae.upmc.fr

@ParticiTaE

@particitae

Photos : Laure Turcati et Gilles Plattner / Conception graphique : Laetitia Brevet-Philipbert / Illustration : Pauline Bouman

● Rendez-vous sur www.particitae.upmc.fr



Les pigeons sont souvent mal vus, et pourchassés ou parfois même euthanasiés par certaines municipalités. Pourtant, ils renvoient à une question très politique. À l'heure où tout le monde parle de biodiversité, il est paradoxal de mépriser l'animal le plus commun de nos cités. En plus, les pigeons jouent un rôle écologique, car ils ingèrent une partie de la pollution chimique, et c'est toujours ça de moins pour nous.



Les pigeons, en général, soit on s'en fout, soit on ne peut pas les blâmer. Moi, ce qui me plaît chez eux, c'est leur mauvaise réputation. Nombreux sont ceux qui les voient comme des espèces de rats volants¹. Rien que ça, c'est une bonne raison d'avoir envie de les défendre.

Dans mon immeuble, comme dans bien d'autres, c'est un sujet polémique. J'ai des voisins écolos qui défendent la biodiversité, ils sont pour les baleines, les éléphants, les loups, les ours polaires et les pandas. En somme, pour des animaux qu'ils ne voient jamais. En revanche, ils sont contre les pigeons, sous prétexte qu'ils chient sous leurs fenêtres. Pourtant, tous les animaux chient, jusqu'à preuve du contraire. Alors soit on aime les animaux, soit on les combat. Mais il est totalement incohérent de ne défendre que ceux qui défèquent chez les autres, et pas ceux qui le font chez nous. Et puis, au fond, le pigeon est le seul animal que l'on voit en ville. Il



représente ainsi l'unique lien entre le citadin et le monde animal. Le pigeon mérite

donc d'être soutenu. Mais pour ça, il faut déjà commencer par le connaître.

Nous décidons d'accompagner des chercheurs de l'Institut d'écologie et des sciences de l'environnement de Sorbonne Université. Car oui, figurez-vous qu'il y a des scientifiques qui étudient les pigeons. Leur but est de « *comprendre l'adaptation des pigeons en milieu urbain* », nous apprend le biologiste Julien Gasparini. Les pigeons sont adaptés à la ville, on ne peut pas dire le contraire, vu la façon dont ils s'y épanouissent et parviennent à se faufiler entre les bagnoles et les passants sans jamais les percuter (ou très rarement).

Nous voilà dans les rues de Paris, avec les chercheurs munis d'une épuisette. Pour tout dire, pas facile de choper un pigeon, et il faut s'y reprendre à plusieurs fois. Première surprise, les piafs sont assez amochés. Pas à cause des voitures, comme on pourrait le penser. En fait, leurs pattes sont entortillées dans des cheveux et toutes sortes de fils. Et ces pattes finissent par se nécroser, jusqu'à se détacher du corps. Quand on voit des pigeons amputés sur le trottoir, c'est à cause de cela. À ce propos,

on ne s'en rend pas compte. Le nombre de pigeons est en baisse, vu que les pluies sont devenues plus rares, aux femmes, grande menace.

Une fois l'année, les pigeons font des parasites (par

« Non seulement ils ne sont pas dangereux pour la santé humaine, mais, en plus, ils sont utiles »

Julien Gasparini pourrait potentiellement, en pratique, leur faire la forme d'une contamination, il son salon, ce qui n'est pas de quoi flirter.

on ne s'en rend pas compte, mais c'est incroyable le nombre de cheveux humains sur les trottoirs. Vu que les plus longs appartiennent généralement aux femmes, ces dernières représentent la plus grande menace pour les pigeons.

Une fois l'animal pris au piège, les scientifiques font diverses mesures. Ils recensent leurs parasites (par exemple, une espèce de mouche qui vit sous leurs ailes), font une prise de sang et un prélèvement dans leur cloaque, cet orifice trois en un qui sert à la fois pour la copulation et l'évacuation de l'urine et des excréments. Bien sûr, on songe tout de suite au risque de transmission de maladies par le pigeon – et c'est d'ailleurs le reproche que lui font ses ennemis. Il est vrai que ses fientes contiennent des bactéries parfois toxiques, nous apprend

Julien Gasparini : « Il y a 150 maladies que le pigeon pourrait potentiellement transmettre à l'humain, mais en pratique, le risque est très faible. Au pire, cela prend la forme d'une sorte de grippe. » Cela dit, pour être contaminé, il faudrait avoir un pigeonnier dans son salon, ce qui n'est tout de même pas fréquent. Pas de quoi flipper, donc.

**lement
nt pas
our la
ie, mais,
nt utiles »**

Non seulement les pigeons ne sont pas dangereux pour la santé humaine, mais, en plus, ils sont utiles. Déjà parce qu'ils font office d'éboueurs en nettoyant les détritiques comestibles des trottoirs. S'ils compliquent la tâche des nettoyeurs de statues, ils facilitent donc celle des balayeurs. Plus surprenant, les pigeons réduisent aussi la pollution. En effet, dans leurs plumes, ils stockent des métaux lourds, plomb, zinc ou cadmium, qui sont très toxiques et présents partout dans l'environnement. Tout ce qu'ils emmagasinent, c'est toujours ce que nous n'ingérons pas. Les travaux de Julien Gasparini ont montré que, si l'on supprimait tous les pigeons, les pollutions au plomb et au cadmium dans l'air de Paris augmenteraient respectivement de 6 % et de 21 % !

Et pourtant, malgré toutes ses qualités écologiques, le pigeon a mauvaise réputation. Chloé Duffaut est en train d'effectuer une thèse sur la façon dont il est perçu par les Parisiens. Il en ressort que « sales » et « envahissants » sont les qualificatifs les plus employés pour



les caractériser (les pigeons, pas les Parisiens). De plus, « les hommes apprécient en moyenne plus les pigeons que ne les apprécient les femmes », et « les personnes ayant un niveau d'études supérieur à bac + 4 aiment moins les pigeons que celles qui ont un niveau inférieur au bac ». Pour l'instant, il n'y a aucune explication permettant de relier la haine du pigeon au sexe et au niveau d'études.

À vrai dire, le délit de sale gueule dont souffrent les pigeons nous renseigne surtout sur les humains. En général, ces derniers ont plutôt tendance à apprécier ce qui leur est proche. Mais avec les pigeons, c'est l'inverse. Ils les aiment surtout de loin, analyse Julien Gasparini : « Les Parisiens qui n'aiment pas les pigeons les aiment à Venise et, inversement, les touristes étrangers aiment les pigeons à Notre-Dame. »

DÉLIT DE SALE GUEULE

On peut aussi constater que la perception des pigeons a évolué au fil des ans. Jusqu'aux années 1920, le pigeon était bien vu, comme le rappelle une étude de Natureparif² : « *Dans l'Ancien Régime, le pigeon était rangé du côté de l'ordre [...] il est enfermé, domestiqué et appartient aux nobles.* » Son statut change radicalement à partir des années 1950, et il commence alors par être considéré comme un parasite : « *Pour permettre aux autorités de mener une véritable "guerre" à son encontre, cet animal doit changer de statut social : étant au départ un animal utile, il doit devenir nuisible.* » Aujourd'hui, les choses ont un peu changé. Pour Carine Bernède, directrice des espaces verts et de l'environnement à la Mairie de Paris, « *il y a une prise en compte de la biodiversité, les pigeons ne sont plus seulement vus à travers leurs effets indésirables. Par exemple, les enfants les apprécient, même si c'est pour leur courir après. Aujourd'hui, nous avons trouvé un équilibre.* ».

D'ailleurs, il est éloquent de comparer l'image du pigeon à celle de la colombe. La colombe est un symbole de paix et de pureté... Alors qu'elle n'est rien d'autre qu'un banal pigeon, exactement de la même espèce, mais de couleur blanche. Symbole positif dans un cas, négatif dans l'autre, alors que la seule différence est la couleur ! Comme quoi, même les oiseaux peuvent être victimes de racisme.

Antonio Fischetti

LE PIGEON, À LA FOIS LIBRE ET MONOGAME

Aussi bizarre que cela puisse paraître, on ne connaît pas le nombre de pigeons à Paris. Les estimations varient du simple au quadruple : environ 23 000 pigeons selon la Mairie de Paris, et 80 000 selon l'association Natureparif. Dans ce cas, cela ferait alors environ un pigeon pour 25 Parisiens !

Il est bon de savoir qu'il ne faut pas mettre tous les pigeons dans le même sac. Plusieurs espèces se partagent la ville. Le plus commun est le pigeon biset. C'est lui qui squatte les trottoirs. Si vous êtes furieux contre la fiente qui vient de s'étaler sur votre épaule, ce n'est pas une raison pour en vouloir à tous les pigeons. Il y a de fortes chances que l'auteur de cette salissure soit un pigeon ramier. Il s'agit de ce gros oiseau qui vit surtout dans les arbres et se goinfre de bourgeons : il est nettement plus rare que le biset, mais ses déjections sont largement plus copieuses.

En tout cas, si vous détestez les pigeons des villes, sachez que c'est l'homme qui en est à l'origine. En effet, les bisets urbains sont issus de pigeons d'élevage. Depuis l'Antiquité, ils ont été domestiqués. Ils servaient alors soit de nourriture, soit de moyen de communication (c'était le fameux pigeon voyageur, ancêtre du téléphone). Au



début du ^{xx}e siècle, ces pigeons se sont échappés des élevages – ou bien ils ont été relâchés –, et ils ont alors colonisé les villes, où ils ont pris leurs aises.

Quoi qu'il en soit, les pigeons ont une qualité qui a au moins de quoi réjouir les catholiques : ils sont un modèle familial, puisqu'ils vivent en couple toute leur vie (il y a certainement des coups de canif dans le contrat, mais quels couples n'en commettent pas ?). Et même quand le pigeon roucoule, ça ne veut pas dire qu'il est un impénitent dragueur. D'une année à l'autre, c'est toujours la même femelle qu'il séduit. Allez donc trouver des humains qui déploient autant d'efforts pour séduire la même compagne d'une année à l'autre, et on en reparlera.

A. F.

CONTRACEPTION OU CHAMBRE À GAZ

Il existe de drôles de métiers. C'est la première fois que je rencontre un branleur d'œufs de pigeon. Voilà un job très important. Car c'est sur lui que repose la régulation du nombre de pigeons.

Nous sommes dans l'un des douze pigeonniers installés par la Ville de Paris. À l'intérieur, environ 80 casiers permettent aux oiseaux de couvrir. Éric, employé du Service de régulation et d'entretien des pigeonniers (Srep), secoue les œufs un par un. Puis il les repose délicatement. Et voilà, ni vu ni connu. La pigeonne va couvrir cet œuf pendant deux ou trois semaines. Mais aucun poussin n'en sortira jamais, et la pigeonne va finir par s'en désintéresser. Mais pourquoi ne pas lui enlever carrément l'œuf? «*Elle va en pondre un autre tout de suite après, alors qu'avec cette méthode on*

laisse plus de temps entre deux pontes», nous apprend Cédric Gendry, dirigeant du Srep.

Ce syndrome de l'œuf secoué est la méthode contraceptive choisie par la municipalité de Paris pour limiter le nombre de pigeons. Mais il existe, bien sûr, toutes sortes d'armes pour lutter contre les pigeons. Les plus répandues sont ces hideux pics sur les murs. Il existe aussi d'autres moyens plus discrets. Frédéric Thabeau, patron de l'entreprise Pigeon propre, a breveté un système d'«électro-répulsion» : il s'agit de fils tendus dans lesquels circule un courant de 9 000 volts : les pigeons reçoivent une belle châtaigne (quoique inoffensive) qui les incite à aller voir ailleurs.

Cependant, ces repoussoirs ne font que déplacer le problème. Les pigeons ne vont pas déféquer sur votre fenêtre, mais sur celle du voisin.

Pour réduire globalement le nombre de pigeons, certaines villes ont essayé la déportation. Les pigeons sont capturés avec des filets, puis relâchés en forêt... Sauf qu'ils reviennent peu de temps après. D'autres communes optent pour l'euthanasie. La méthode classique est celle de la chambre à gaz. Les oiseaux sont piégés, puis étourdis, et placés dans un caisson relié à une chambre de dioxyde de carbone. Autant dire que cette méthode n'est guère appréciée par des associations de protection animale comme l'Ambassade des pigeons¹, qui demande «*que les sociétés de capture qui les torturent soient mises hors la loi*». En plus, là aussi, plusieurs études ont prouvé que cela ne sert à rien, car d'autres pigeons ne tardent pas à revenir sur les lieux occupés par les oiseaux gazés. Et même si les pigeons

sont éradiqués, ce n'est guère mieux, car la place vacante est occupée par d'autres piafs. Par exemple, la Ville de Courbevoie a utilisé toutes sortes de moyens pour éliminer les pigeons, mais à leur place sont venus s'installer des corneilles, qui, selon Naturparif, «*exploitent alors les ressources disponibles et semblent avoir augmenté en nombre. Or les corneilles sont très impressionnantes, voire effrayantes*». Au final, plutôt que d'essayer de s'en débarrasser, il faut donc s'habituer, qu'on le veuille ou non, à vivre avec les pigeons. **A. F.**

1. Voir le site de l'Ambassade des pigeons : ambassadedespigeons.com

Annexe 4 : Tableau des formations que j'ai suivies pendant mon doctorat

Formation	Type de module	Année universitaire	Durée
R	Technique	2016/2017	1 semaine
Couleurs : des sciences physiques aux sciences humaines	Ouverture	2016/2017	1 semaine
Journées d'Intégration et de Préparations au Projet Professionnel	Professionalisant	2017/2018	3 jours
Intégrité Scientifique	Autre	2017/2018	A distance
Dessin Scientifique	Technique	2018/2019	1 semaine

Annexe 5 : Tableau des stages que j'ai encadrés pendant mon doctorat

Étudiant	Niveau d'études	Année universitaire	Sujet du stage
Léo Faure	Licence 3 Sciences du Vivant	2016/2017	Étude de l'utilisation de guano de pigeons sur des plants de tomates cerises dans le cadre de l'agriculture urbaine
Mathieu Garcia	Master 1 Géographie	2016/2017	La faune urbaine spontanée et l'animalité urbaine plurielle : perceptions, représentations et pratiques
Isaure Voedts	Master 1 Environnements : Dynamiques des Territoires et des Sociétés	2017/2018	L'histoire des relations entre hommes et pigeons et de la perception des pigeons par les hommes
Hélène Machado	Master 1 Biodiversité, Écologie, Évolution	2018/2019	Analyse des métaux traces dans des légumes fertilisés avec ou sans guano de pigeon biset (<i>Columba livia</i>)

Annexe 6 : Tableau des communications que j'ai faites pendant mon doctorat

Colloque	Lieu	Année	Type	Titre
5th Young Natural History scientists' Meeting	Paris	2018	Présentation orale 10 min	Is the perception of urban biodiversity related to ecosystem services ?
Journées Scientifiques de iEES – Paris	Versailles	2018	Présentation orale 10 min	Is the perception of urban biodiversity related to ecosystem services ?
SFEcologie International Conference on Ecological Sciences	Rennes	2018	Poster	Is the perception of urban biodiversity related to ecosystem services ?
The Nature Of Cities – Summit	Paris	2019	Présentation orale 2 min	Can the perception of an undesirable urban animal be modified by knowledge on ecosystem service?

Table des illustrations

Figure 1 : Photographie du pigeonnier contraceptif rue Gabriel Lacassagne à Fontenay-sous-Bois.....	29
Figure 2 : Photographie d'un pigeon biset (<i>Columba livia</i>) en milieu urbain	33
Figure 3 : Schéma indiquant les différences morphologiques entre <i>Rattus rattus</i> (le rat noir) et <i>Rattus norvegicus</i> (le rat brun).	36
Figure 4 : Photographie du site de culture sur les toits d'une ancienne usine de traitement des eaux à Ivry-sur-Seine (France)..	43
Annexe 1 : Questionnaire de la première saison avec des questions sur les pigeons, les rats et les hérissons.....	161
Annexe 2 : Livret du programme de sciences participatives « Roucoule en terrasse ».....	166
Annexe 3 : Article « Redorer le blason du pigeon » d'Antonio Fischetti dans Charlie Hebdo publié le 10 août 2018.....	170

Table des tableaux

Tableau 1 : Tableau des relations humains et non-humains d'après Descola (2005).....	19
Tableau 2 : Échelle originale des attitudes de Kellert et Berry avec leurs prévalences estimées dans la population américaine. D'après Kellert & Berry, 1980.....	22
Annexe 4 : Tableau des formations que j'ai suivies pendant mon doctorat.....	175
Annexe 5 : Tableau des stages que j'ai encadrés pendant mon doctorat.....	176
Annexe 6 : Tableau des communications que j'ai faites pendant mon doctorat.....	176

Résumé :

De plus en plus de personnes vivent désormais en ville et sont souvent déconnectées de la nature. Un bon moyen de reconnecter les citadins à la nature serait de leur faire prendre conscience des services rendus par la biodiversité en ville. J'ai donc voulu savoir si l'apport de connaissances sur des services écosystémiques rendus par une espèce de la faune urbaine spontanée pouvait changer la perception de cet animal par les usagers urbains. J'ai d'abord cherché à connaître comment sont appréciés et perçus à Paris (France) trois espèces de la faune urbaine spontanée : le pigeon biset (*Columba livia*), le rat surmulot (*Rattus norvegicus*) et le hérisson d'Europe (*Erinaceus europaeus*). J'ai par ailleurs étudié un service écosystémique pouvant être rendu par le pigeon en ville : l'effet fertilisant de ses fientes (ou guano) sur différents légumes cultivés dans le cadre de l'agriculture urbaine. J'ai ensuite testé si le fait d'informer des personnes sur l'existence de ce service écosystémique et d'un second (le stockage de métaux traces dans les plumes de pigeons) avait un effet sur leur perception de cet animal. Les résultats ont montré que le rat n'était pas du tout apprécié et était qualifié de sale et nuisible par les personnes rencontrées à Paris. Le hérisson est très apprécié et considéré comme mignon et sympathique. Le pigeon est moyennement apprécié et est qualifié de sale et envahissant. Le guano de pigeon s'est révélé être un bon engrais pour les tomates cerises et les radis. Bien que l'appréciation et l'utilité estimée du pigeon soient positivement corrélées, l'apport de connaissances sur l'effet fertilisant du guano de pigeon sur les tomates cerises et le stockage de métaux traces dans les plumes de cet oiseau n'a pas eu d'incidence sur la perception du pigeon des personnes interrogées. Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que les personnes ne se sont pas senties concernées par ces deux services écosystémiques ou n'ont pas eu le temps d'assimiler les informations reçues.

Mots clés : service écosystémique, perception, appréciation, pigeon, rat, hérisson

Ecosystem services and perception of spontaneous urban fauna

Abstract :

More and more people are now living in the city and are often disconnected from nature. A good way to reconnect city dwellers with nature would be to make them aware of the services provided by biodiversity in the city. I therefore wanted to know if the contribution of knowledge on ecosystem services provided by a species of spontaneous urban fauna could change the perception of this animal by urban users. I first sought to know how three species of spontaneous urban fauna are appreciated and perceived in Paris (France): the rock pigeon (*Columba livia*), the Norway rat (*Rattus norvegicus*) and the European hedgehog (*Erinaceus europaeus*). I also studied an ecosystem service that can be provided by the pigeon in the city: the fertilizing effect of its droppings (or guano) on different vegetables grown in the context of urban agriculture. I then wanted to test whether informing people about two ecosystem services (the fertilizing effect of pigeon guano and the storing trace metals in their feathers) had an effect on perception of this animal. The results showed that the rat was not at all appreciated and described as dirty and harmful by the people met in Paris. The hedgehog is very popular and considered cute and sympathetic. The pigeon is moderately appreciated and is described as dirty and invasive. Pigeon guano has proven to be a good fertilizer for cherry tomatoes and radishes. Although the appreciation and estimated utility of the pigeon are positively correlated, the contribution of knowledge on the fertilizing effect of pigeon guano on cherry tomatoes and the storage of trace metals in the feathers of this bird had no impact on the perception of the pigeon of the interviewees. This result could be explained by the fact that people did not feel concerned by these two ecosystem services or did not have time to assimilate the information received.

Keywords : ecosystem service, perception, appreciation, pigeon, rat, hedgehog