

**Effet de l'urbanisation sur l'abondance et la diversité des
anoures en Outaouais**

EVS4009 : Projet de recherche

Par :
Noémie Gervais-Marsolais
7947662

Superviseur : Gabriel Blouin-Demers

Thèse soumise au Département des sciences de la Terre et de
l'environnement pour satisfaire aux exigences du B.Sc. spécialisé
en Sciences environnementales

Université d'Ottawa
24 avril 2018

Table des matières

Résumé	3
Introduction	4
Méthode	6
Sites d'étude et espèces	6
Méthode d'échantillonnage	7
Analyses statistiques.....	8
Résultats	10
Discussion	11
Conclusion	15
Références	17
Annexes	20
Tableau 1	20
Figure 1	21
Figure 2	22
Figure 3	23
Figure 4	24
Figure 5	25
Figure 6	26

Résumé

L'urbanisation est l'une des plus grandes menaces chez les amphibiens à travers le monde. Les activités humaines peuvent entraîner une diminution de la richesse spécifique et de l'abondance de ces espèces, particulièrement dans les grandes villes. Dans cette étude, j'ai examiné les effets de l'urbanisation, de la température et du temps de l'année sur l'abondance et la diversité des anoues en Outaouais. Pour ce faire, j'ai effectué un sondage auditif afin de détecter la présence d'anoues, ainsi que l'abondance relative de leurs appels. Les données ont été récoltées entre les mois d'avril et août 2017, sur un total de 15 sites, dont 7 urbains et 8 ruraux. La température et le temps de l'année influençaient significativement l'abondance et la diversité des anoues entre les milieux urbains et ruraux. Cependant, il n'y avait aucune différence statistiquement significative entre l'abondance et la diversité des anoues entre les sites urbains et ruraux. Bien que mes résultats n'étaient pas ceux auxquels je m'attendais, plusieurs études ont obtenu des résultats similaires aux miens, indiquant que certaines espèces d'amphibiens pouvaient être aptes à survivre dans les milieux urbains. Par conséquent, à l'avenir, il serait intéressant de tester quelles sont les espèces en Outaouais qui sont les plus vulnérables aux effets de l'urbanisation, et ce, dans le but de pouvoir les protéger.

Introduction

Plus d'un tiers des espèces d'amphibiens sont menacées à travers le monde (Hamer et McDonnell, 2008, Wake, 1991). La destruction ainsi que la fragmentation de leur habitat sont les deux plus grandes menaces de ces populations d'amphibiens et les principales causes de l'extinction de ces espèces (Wilcove et al., 1998, Crooks et Sanjayan, 2006). On réalise de plus en plus que l'urbanisation à proximité des habitats des amphibiens a un impact négatif sur ces populations (Hamer et Parris, 2011). En effet, l'urbanisation affecte actuellement plusieurs écosystèmes de la planète et ce processus devrait continuer à progresser très rapidement dans les prochaines années (United Nations Human Settlements Program, 2004). Ce processus peut être décrit comme une augmentation de la densité humaine engendrant des changements significatifs des conditions physiques, chimiques et écologiques dans les zones de développement humain (McDonnell et Pickett, 1993, Kinzig et Grove, 2001). L'urbanisation a surtout lieu à mesure que les grandes villes grandissent, mais elle peut aussi avoir lieu dans de plus petites villes et même dans des banlieues rurales (Hamer et McDonnell, 2008). Plusieurs mécanismes potentiels peuvent expliquer cet effet d'urbanisation comme le bruit anthropique, la pollution de l'air et de l'eau générée par les routes et les voitures, l'industrialisation, la lumière anthropique, la construction et le transport (Brown, 2005, McDonnell et Pickett, 1993).

Les amphibiens sont des espèces qui exercent un rôle écologique très important au sein des écosystèmes forestiers et des écosystèmes humides parce qu'ils permettent de conserver la biodiversité, principalement au niveau local et régional (Hamer et McDonnell, 2008). En effet, la majorité des vertébrés vivant dans ces écosystèmes sont des amphibiens et ces derniers arrivent à soutenir la chaîne alimentaire en étant à la fois carnivores et des

proies importantes (Gibbons et al., 2006). Malgré les déclinés globaux largement observés chez plusieurs espèces d'amphibiens, en plus de l'importance qu'ils procurent aux écosystèmes, les amphibiens sont parmi les groupes taxonomiques les moins étudiés dans les zones urbaines (Pickett et al., 2001, McDonnell et Hahs, 2008).

Cette étude est surtout consacrée à un groupe d'amphibiens en particulier, soit les anoures. Effectivement, pour que les anoures puissent s'accoupler, ceux-ci doivent utiliser la communication acoustique (Rose, 2017). Ils doivent aussi avoir accès à des habitats terrestres et aquatiques adéquats ainsi qu'à des ressources suffisantes pour pouvoir se nourrir (Herrera-Montes et Mitchell, 2011, Pope et al., 2000, Semlitsch, 2002). Cependant, le bruit anthropique généré par les activités humaines dans les milieux urbains peut fortement perturber ou masquer les signaux acoustiques des anoures (Findlay et al., 2001). De plus, les routes et le transport sont de grandes sources de mortalité chez les anoures (Van Gelder 1973, Fahrig et al., 1995). La construction et l'industrialisation créent des barrières à la dispersion des anoures, fragmentant ainsi leurs habitats naturels et nuisant à la connectivité écologique entre les zones humides et terrestres (Hamer et Parris, 2011).

Puisque ces espèces choisissent des habitats qui maximisent leur reproduction et leur survie (Fretwell et Lucas, 1970), on suppose que l'abondance des anoures sera plus grande dans les habitats où les effets de l'urbanisation seront plus faibles, c'est-à-dire, les milieux ruraux. Ainsi, on s'attend à obtenir une plus grande diversité, mais surtout, une plus grande abondance dans ces milieux. Le but de cette étude est donc de tester l'hypothèse selon laquelle l'urbanisation aurait un impact sur la diversité ainsi que sur l'abondance de différentes espèces d'anoures que l'on retrouve en Outaouais.

Afin d'affirmer, ou d'infirmer, l'hypothèse de ma recherche, j'évaluerai l'abondance et la diversité de sept espèces de grenouilles, de rainettes et de crapauds dans des milieux urbains de la ville de Gatineau ainsi que dans des milieux ruraux de la ville de Cantley. L'objectif est d'observer si l'urbanisation a des effets néfastes et un impact sur les populations d'anoures. En effet, cela me permettra de déterminer si les diverses activités humaines que l'on retrouve dans les milieux urbains comparativement aux milieux ruraux diminuent significativement l'abondance et la diversité des anoures, comme le laisse croire plusieurs scientifiques (Gibbs, 1998, Minton, 1968; Hecnar et M'Closkey, 1996; Lehtinen et al., 1999).

Méthode

Sites d'étude et espèces

Sept espèces d'anoures ont été étudiées dans cette étude (Figure 1). Les anoures étudiés sont la grenouille des bois (*Lithobates sylvaticus*), qui chante de la fin mars à la fin avril dans des milieux forestiers, à proximité d'étangs temporaires (Desroches et Rodrigue, 2004). La rainette crucifère (*Pseudacris crucifer*), qui chante au début du mois d'avril jusqu'à la mi-juillet et qui fréquente les forêts, les friches, ou encore, certains habitats à proximité de milieux humides (Desroches et Rodrigue, 2004). La grenouille léopard (*Lithobates pipiens*) qui est plutôt rare, et qui chante au début du mois d'avril jusqu'à la mi-juin et qui fréquente principalement des habitats ouverts comme des étangs, des champs ou bien des marais à proximité de lacs et de rivières (Desroches et Rodrigue, 2004). Le crapaud d'Amérique (*Anaxyrus americanus*) chante quant à lui de la mi-avril à la mi-juin et peut se retrouver dans divers habitats terrestres, tels que des forêts, des friches, des tourbières et parfois même près des maisons, la nuit (Desroches et Rodrigue, 2004). La

rainette versicolore (*Hyla versicolor*) chante de la fin avril jusqu'au début juillet et contrairement aux autres anoures, elle est arboricole. Elle peut parfois fréquenter des zones boisées ou des étangs (Desroches et Rodrigue, 2004). La grenouille verte (*Lithobates clamitans*), très commune, chante de la fin avril jusqu'à la fin août. C'est une grenouille aquatique qui fréquente pratiquement que des plans d'eau permanents comme les lacs, les étangs, les marais et les tourbières. Cependant, elle s'aventure parfois sur la terre ferme, dans des milieux humides temporaires (Desroches et Rodrigue, 2004). Finalement, le dernier anoure étudié est le ouaouaron (*Lithobates catesbeianus*), qui chante de la mi-mai à la mi-août et qui est aussi très aquatique, fréquentant des plans d'eau permanents comme des lacs, des étangs ou encore des marais (Desroches et Rodrigue, 2004). J'ai écouté le chant de ces anoures dans quinze sites, soit sept dans des milieux urbains (Gatineau, Québec) et huit dans des milieux ruraux (Cantley, Québec). Tous les sites ont été déterminés à l'aide du logiciel Google Earth Pro grâce auquel j'ai pu identifier un plan d'eau, près de la rue. Une sortie a été nécessaire avant le début des observations pour m'assurer que les sites ciblés soient adéquats et accessibles (Figure 2 et 3). Des sept sites urbains étudiés, trois étaient des marais (1, 2 et 5), trois étaient un mélange de forêt et champs avec quelques plans d'eau éphémères (4, 6 et 7) et finalement, un était un petit lac artificiel (3). Pour ce qui est des sites ruraux, trois étaient des marais (8, 13 et 15), deux étaient en forêt (11 et 14), deux étaient des étangs (9 et 12) et finalement, un était un mélange de champ avec plan d'eau éphémère (10) (Tableau 1).

Méthode d'échantillonnage

Puisque l'habitat des anoures est relativement varié et qu'ils se reproduisent à différents temps de l'année selon l'espèce (Vargas-Salinas et al., 2014), la prise de données

s'est faite du mois d'avril jusqu'au mois d'août 2017. Environ 1 à 2 fois par mois, 30 minutes après le coucher du soleil, pour un total de 6 visites dans chacun des 15 sites, j'ai complété un sondage auditif d'au moins 3 minutes sur chaque site (tous les sites étaient éloignés d'au moins 500 mètres entre eux). Les appels des anoures ont été évalués selon trois codes et attribués à toutes les espèces de grenouilles, de rainettes et de crapauds. Je notais le code 1 si *les appels individuels ne se chevauchaient pas et que les individus appelants pouvaient être comptés discrètement* ; le code 2 si *les appels des individus se chevauchaient parfois, mais que le nombre d'individus pouvait encore être estimé* ; et le code 3 si *le chevauchement entre les appels semblait continu, et où une estimation de compte était impossible* (selon la méthode du MMP ; Bird Studies Canada, 2017). Si jamais aucun appel de grenouilles, de rainettes ni de crapauds n'était détecté, je notais simplement 0. Sur tous les sites, la date, l'habitat, l'heure et la température et bien sur l'espèce ont été notés.

Analyses statistiques

Pour déterminer les effets de la date, de la température et de l'habitat sur l'abondance et la diversité des anoures, j'ai fait des Anova à critères multiples dans le logiciel R v3.3.2. J'ai décidé d'inclure la date et la température dans mes analyses statistiques puisque je connaissais l'effet que ces variables avaient sur la diversité et l'abondance des anoures. Chaque espèce d'anoures se reproduit durant une période précise de l'année. Le temps de l'année où l'on compte le plus d'espèces qui se reproduisent est de la fin mai jusqu'au début juillet, lorsque les températures sont très chaudes (Figure 1). Ainsi, je savais que la diversité, et donc l'abondance des anoures, seraient plus grande durant cette période comparativement aux autres mois. La première Anova que j'ai

effectuée est celle pour la diversité des anoues, ma première variable dépendante. Dans mon analyse, la diversité se qualifie par l'addition du nombre d'espèce différentes que je retrouvais sur chaque site (à noter ici que j'ai fait six sorties sur le terrain dans chacun des quinze sites, mais je n'ai pas inclus dans mon analyse les données de mes deux dernières sorties puisque les anoues ne chantaient plus. L'important était simplement de savoir à quel moment les anoues, autant dans les milieux ruraux qu'urbains, arrêtaient de chanter). Cette analyse m'a permis d'observer s'il y avait une différence significative entre la diversité des anoues selon leur habitat, soit urbain ou rural et ce, sous l'influence de la date et de la température.

J'ai ensuite effectué une deuxième Anova, mais cette fois-ci, pour l'abondance des anoues, ma deuxième variable dépendante. L'abondance n'a pas été calculée en fonction du nombre total de grenouilles, de rainettes et de crapauds retrouvés sur chaque site, mais plutôt par le sondage auditif de leurs appels, évalués selon trois codes (méthode du MMP ; Bird Studies Canada, 2017). Ainsi, pour calculer l'abondance dans chaque site respectif, à une certaine date, et ce, pour toutes les cinq sorties, j'ai additionné tous les codes (0, 1, 2 ou 3) pour chaque espèce détectée, ou non. Cette analyse m'a permis d'observer s'il y avait une différence significative entre l'abondance des anoues selon leur habitat, soit urbain ou rural, et ce, sous l'influence de la température et de la date.

Puisque les anoues chantent durant une période de temps qui est différente selon chacune des espèces, il est normal que la diversité de celles-ci ne puisse pas excéder 4 ou 5 espèces dans les sites, autant ruraux qu'urbains. J'ai donc effectué un autre test statistique pour avoir une meilleure précision de ma diversité, soit une Anova à un facteur de classification pour comparer la diversité, sans l'influence de la date ni de la température,

entre les sites urbains et ruraux. Pour m'y prendre, j'ai additionné le nombre d'espèces différentes que j'ai pu identifier dans chacun des quinze sites au cours du mois d'avril jusqu'en août.

Résultats

Il y avait des différences statistiquement significatives en ce qui a trait aux diversités des anoures des quinze sites à différents temps de l'année ($F(75) = 14.62$, $P < 0.001$), ainsi qu'à différentes températures ($F(75) = 10.07$, $P < 0.002$). Cependant, il n'y avait pas de différences statistiquement significatives entre les diversités des anoures des sites urbains et celles des sites ruraux ($F(75) = 0.055$, $P = 0.82$; Figure 4). Ainsi, la date et la température ont une influence sur la diversité des anoures, mais l'habitat, urbain ou rural, n'a aucune influence sur leur diversité.

Il y avait aussi des différences statistiquement significatives par rapport à l'abondance des anoures dans les quinze sites aux différents temps de l'année ($F(75) = 13.278$, $P < 0.001$), ainsi qu'à différentes températures ($F(75) = 9.85$, $P < 0.002$). Par contre, il n'y avait pas de différences statistiquement significatives entre les abondances des anoures des sites urbains et celles des sites ruraux ($F(75) = 1.45$, $P = 0.23$; Figure 5). Par conséquent, la date et la température ont un effet sur l'abondance des anoures, mais l'habitat, rural ou urbain, n'a aucun effet sur leur abondance.

Il n'y avait pas de différences statistiquement significatives par rapport à la diversité des anoures, sans l'influence de la date et la température, entre les sites urbains et les sites ruraux ($F(15) = 1.765$, $P = 0.207$; Figure 6). Donc, même si l'habitat, rural ou urbain, n'est pas influencé par la date et la température, il n'a pas non plus d'influence sur la diversité des anoures.

Discussion

Plusieurs études soutiennent que les activités humaines dans les régions urbaines diminuent l'abondance et la diversité des anoures (Gibbs, 1998, Minton, 1968; Hecnar et M'Closkey, 1996; Lehtinen et al., 1999). J'ai donc testé, dans cette étude, l'hypothèse selon laquelle l'urbanisation aurait un impact sur l'abondance et la diversité des anoures en Outaouais. Ainsi, je supposais qu'il y aurait un plus grand nombre d'espèces et de plus grandes populations d'anoures dans les milieux ruraux que les milieux urbains.

Les résultats de cette étude ont démontré que la température et le temps de l'année influençaient significativement l'abondance et la diversité des anoures. Évidemment, je m'attendais à ces résultats puisque les anoures se reproduisent tous à des temps de l'année qui sont spécifiques à chaque espèce (Vargas-Salinas et al., 2014) et la majorité de mes espèces se reproduisaient vers la fin mai jusqu'au début juillet, lorsque les températures étaient relativement chaudes, supérieures à 20 °C inclusivement. J'ai commencé à échantillonner mes données sur le terrain au mois d'avril, lorsque les températures étaient plus fraîches, soit d'environ 5-7 °C, et je n'ai entendu que deux espèces chanter, la grenouille des bois et la rainette crucifère. Mes deux dernières sorties furent au mois d'août, et la température étaient autour de 10-15°C et, encore une fois, je n'ai qu'entendu deux espèces chanter, la grenouille verte et le ouaouaron. Par ailleurs, une étude réalisée en 2012 au Nouveau-Brunswick a été en mesure de déterminer que les profils d'activité de tous les groupes d'amphibiens qu'ils ont étudiés, c'est-à-dire la grenouille verte, la grenouille des bois, le crapaud d'Amérique, la salamandre à points bleus et la salamandre maculée, ont tous augmentés avec la température minimale de l'air (Gravel et al, 2012).

Les résultats de mon étude n'ont démontré aucune différence significative entre l'abondance des anoues entre les milieux urbains et ruraux. De plus, aucune différence significative n'a été démontrée en ce qui a trait à la diversité des anoues entre les milieux ruraux et urbains.

Bien évidemment, avec les nombreuses activités humaines qui se déroulaient à proximité des sites urbains étudiés, que ce soit le bruit anthropique généré par les voitures près des sites, les routes qui étaient parfois directement à côté des sites, l'intensité lumineuse de la ville de Gatineau et même la pollution des sites causée par les routes, je m'attendais à observer que toutes ces activités urbaines affecteraient négativement les populations d'anoues. En effet, plusieurs études soutiennent que les routes causent de grandes répercussions sur la biodiversité, plus particulièrement aux populations d'anoues qui formeraient l'un des groupes les plus vulnérables (Eigenbrod et al., 2009). Plusieurs effets écologiques des routes peuvent être identifiés, mais l'un des effets les plus importants est l'interférence acoustique causée par le bruit du trafic (Parris et al., 2009). Ce bruit peut s'étendre jusqu'à des distances de 4 km à partir de la route, dépendamment des conditions météorologiques, du volume et de la vitesse de la circulation (Department of Transport Welsh Office, 1988). Puisque les anoues mâles utilisent la communication acoustique pour trouver leur partenaire afin de se reproduire, le bruit de la circulation des véhicules peut interférer avec la perception de l'appel par la femelle, réduisant donc la capacité de celle-ci à s'orienter vers l'appel du mâle (Bee et Swanson, 2007). Une étude, réalisée à proximité de l'autoroute 401 dans l'est de l'Ontario, au Canada, a observé des diminutions de la richesse spécifique et de l'abondance des anoues qui se trouvaient dans les milieux humides situés à moins de 250 mètres de l'autoroute 401, et ce, pour la grenouille des bois,

la rainette crucifère, la rainette faux-grillon, la rainette versicolore, la grenouille léopard, le crapaud d'Amérique et la grenouille verte (Eigenbrod et al., 2009). Cette étude suggère donc que les anoues évitent les sites de reproduction près de l'autoroute 401 en raison des hauts niveaux de bruits qui interfèrent leurs appels, mais aussi en raison de la couverture forestière réduite et de la mortalité due au trafic (Eigenbrod et al., 2009). De plus, en ce qui a trait à la pollution des sites urbains par les routes, cette même étude n'a pas obtenu de résultats statistiquement significatifs, portant à croire que les anoues auraient pu éviter les sites à proximité de la route à cause de la pollution, comme le sel de voirie par exemple (Sanzo et Hecnar, 2006). Mais encore, la lumière anthropique générée par les villes peut affecter l'abondance et la distribution de certaines espèces. Ces dernières peuvent être affectées négativement par cette lumière tandis que d'autres espèces peuvent tout simplement modifier leur modèle d'activités (McMahon et al, 2017). Ainsi, une étude tentait de savoir si l'éclairage nocturne artificiel pouvait avoir un impact sur l'abondance de six espèces d'anoues au Texas (Hall, 2016). Dans l'ensemble, l'éclairage artificiel a considérablement réduit les indices d'appels pour toutes les espèces qu'elle a détectées (Hall, 2016).

Bien que ces études présentent des résultats contradictoires aux miens, plusieurs raisons peuvent expliquer pourquoi mes résultats n'ont pas été ceux auxquels je m'attendais. Premièrement, le nombre restreint de mes sites d'étude a probablement diminué la puissance de mes tests statistiques. De plus, l'abondance a été estimée approximativement sur une échelle de 0 à 3, ce qui en diminue la résolution. Par contre, il existe plusieurs études qui peuvent expliquer mes résultats. Par exemple, reprenons l'exemple de l'étude réalisée dans les milieux humides à proximité de l'autoroute 401, en

Ontario. Premièrement, cette étude a été réalisée sur la plus grande autoroute ontarienne, traversant un bassin de population d'environ 12 millions de personnes (MTO, 2016). De plus, puisque cette autoroute traverse entièrement la province, il s'agit d'une autoroute très fréquentée par les camions lourds qui transportent de la marchandise, et ce, très souvent la nuit (MTO, 2016, Eigenbrod et al., 2009). Contrairement à mes sites d'étude, certains étaient près de la route, mais aucun n'était à proximité d'une autoroute où la limite de vitesse était de 100 km/h. En effet, mes sites étaient près de routes où la limite de vitesse était de 50-70 km/h, et même certains sites étaient plus en forêt, à au moins 50 ou 100 mètres de la rue. Par ailleurs, en aucun cas je n'ai remarqué la présence de véhicules lourds. Ainsi, le bruit nocturne de mes sites généré par les voitures était probablement beaucoup moins fort que ceux de l'étude longeant l'autoroute 401. Mais encore, des études antérieures ont suggéré que les routes à fort trafic avaient un impact négatif plus important sur les anoures que celles réalisées sur les routes à faible trafic (Fahrig et al., 1995, Hels et Buchwald 2001). De plus, les routes forestières avec très peu de trafic n'avaient aucun impact sur les populations d'anoures (deMaynadier et Hunter, 2000). Certaines espèces, comme la grenouille verte et la grenouille léopard, n'étaient pas affectées négativement lorsqu'elles se trouvaient à des distances d'au moins 250 mètres de l'autoroute (Eigenbrod et al., 2009). Ainsi, je peux donc supposer que certaines espèces sont moins affectées par le bruit anthropique que d'autres, ce qui viendrait expliquer mes résultats. Ensuite, toujours par rapport au bruit de la circulation dans les milieux urbains, mes résultats peuvent être expliqués par le fait que certaines espèces d'anoures augmentent la fréquence de leurs appels sexuels à cause du bruit de la circulation routière (Parris et al., 2009). Ainsi, il se peut que certaines espèces d'anoures qui se trouvaient dans mes sites

urbains à proximité des routes chantaient plus fréquemment, laissant croire qu'elles étaient beaucoup plus abondantes. En ce qui a trait à l'intensité lumineuse générée par les villes, des études ont déterminé que l'abondance des anoues n'était pas significativement corrélée à la lumière anthropique, par exemple l'abondance de l'*Engystomops pustulosus* (Túngara frog) n'est pas corrélée à l'intensité lumineuse de la ville de Panama (McMahon, 2017). Conséquemment, je peux supposer que l'intensité lumineuse de la ville de Gatineau n'a pas nécessairement eu d'impact sur l'abondance et la diversité de mes espèces d'anoues étudiées.

Finalement, il existe d'autres études qui n'ont pas été en mesure de déterminer que l'urbanisation avait un impact sur la diversité et l'abondance d'anoues. Par exemple, il existait une corrélation positive entre la richesse spécifique d'anoues et la densité de la population humaine au Missouri (Hecnar, 1997) et la richesse et l'abondance d'au moins 14 espèces d'anoues n'étaient pas influencée par l'impact de l'urbanisation au Wisconsin (Knutson, 1999).

Conclusion

En conclusion, mes résultats n'étaient peut-être pas ceux auxquels je m'attendais, mais plusieurs études portent à croire que l'impact des activités humaines lié à l'urbanisation n'est pas aussi nocif sur les populations d'anoues retrouvées en Outaouais. Cette étude m'a aussi permis de constater que certaines espèces d'anoues peuvent présenter des réponses différentes par rapport à l'urbanisation. En effet, une étude a obtenu des résultats démontrant que certaines espèces d'amphibiens auraient des besoins de dispersion plus faibles que d'autres, leur permettant ainsi d'être plus aptes à survivre dans les paysages urbains et suburbains (Hamer et McDonnell, 2008). Finalement, à l'avenir, il

serait intéressant de tester quelles sont les espèces en Outaouais qui sont les plus vulnérables face aux activités humaines afin de pouvoir émettre des recommandations adéquates ou des lois dans le but de les protéger.

Références

Bee, M. A., and E. M. Swanson. 2007. Auditory masking of anuran advertisement calls by road traffic noise. *Animal Behaviour* 74:1765-1776.

Bird studies Canada, *Great lakes marsh monitoring program; the marsh monitor*, Ontario, Canada, summer 2017, number 23

Brown, Larry R.; American Fisheries Society. Water Quality Section.; Effects of urbanization Aquatic Ecosystems (2003 : Québec (Québec)) 2005

Crooks, K. R., and M. Sanjayan, editors. 2006. Connectivity conservation. Cambridge University Press, Cambridge, Cambridgeshire, UK.

D. B. Wake, *Declining Amphibian Populations*, Science, New Series, Vol. 253, No. 5022 (Aug. 23, 1991), p. 860

Department of Transport Welsh Office. 1988. *Calculation of road traffic noise*. Her Majesty's Stationery Office, London, UK.

Desroches, J-F, Rodrigue, D., 2004. *Amphibiens et reptiles du Québec et des Maritimes*. Ed : Michel Quintin, Québec, 288pp.

Eigenbrod, F., S. J. Hecnar, and L. Fahrig. 2009. Quantifying the road-effect zone: threshold effects of a motorway on anuran populations in Ontario, Canada. *Ecology and Society* 14(1): 24.

Fahrig, L., J. H. Pedlar, S. E. Pope, P. D. Taylor & J. F. Wegner, 1995. Effects of road traffic on amphibian density. *Biological Conservation*, 74: 177-182.

Findlay C.S., Jennifer Lenton & Ligang Zheng (2001) Land-use correlates of anuran community richness and composition in southeastern Ontario wetlands, *Écoscience*, 8:3, 336-343, DOI: 10.1080/11956860.2001.11682661

Fretwell, S. D. & H. L. Lucas Jr., 1970. On territorial behavior and other factors influencing habitat distribution in birds. *Acta Biotheoretica*, 19: 16–36.

Gibbons, J.W., Winne, C.T., Scott, D.E., Willson, J.D., Glaudas, X., Andrews, K.M., Todd, B.D., Fedewa, L.A., Wilkinson, L., Tsaliagos, R.N., Harper, S.J., Greene, J.L., Tuberville, T.D., Metts, B.S., Dorcast, M.E., Nestor, J.P., Young, C.A., Akre, T., Reed, R.N., Buhlmann, K.A., Norman, J., Croshaw, D.A., Hagen, C., Rothermel, B.B., 2006. Remarkable amphibian biomass and abundance in an isolated wetland: implications for wetland conservation. *Conservation Biology* 20, 1457–1465.

Gibbs, J.P., 1998. Distribution of woodland amphibians along a forest fragmentation gradient. *Landscape Ecology* 13, 263–268.

Gravel M., Mazerolle M.J., Villard M-A., Interactive effects of roads and weather on juvenile amphibian movements, *Amphibia-Reptilia* 33 (2012): 113-127

Hall, A.S., Acute Artificial Light Diminishes Central Texas Anuran Calling Behavior, *Am. Midl. Nat.* (2016) 175:183–193

Hamer A.J., McDonnell M.J., Amphibian ecology and conservation in the urbanising world: A review, *Biological conservation* 141 (2008) 2432–2449

Hamer A.J., Parris K.M., Local and landscape determinants of amphibian communities in urban pond, *Ecological Applications*, 21(2), 2011, pp. 378–390

Hecnar, S. J. 1997. Amphibian pond communities in southwestern Ontario. Pages 1–15 in D. M. Green, editor. *Amphibians in decline: Canadian studies of a global problem*. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, St. Louis, Missouri.

Hecnar, S.J., M'Closkey, R.T., 1996. Regional dynamics and the status of amphibians. *Ecology* 77, 2091–2097.

Herra-Montes M.I., Mitchell T., Impacts of traffic noise on anuran and bird communities, *Urban Ecosyst* (2011) 14:415–427

Kinzig, A.P., Grove, J.M., 2001. Urban–suburban ecology. In: Levin, S.A. (Ed.), *Encyclopedia of Biodiversity*. Academic Press, San Diego, pp. 733–745.

Knutson M.G., Sauer J.R., Olsen D.A., Mossman M.J., Hemesath L.M., Lannoo M.J., Effects of Landscape Composition and Wetland Fragmentation on Frog and Toad Abundance and Species Richness in Iowa and Wisconsin, U.S.A., *Conservation Biology*, Pages 1437–1446 Volume 13, No. 6, December 1999

Lehtinen, R.M., Galatowitsch, S.M., Tester, J.R., 1999. Consequences of habitat loss and fragmentation for wetland amphibian assemblages. *Wetlands* 19, 1–12.

McDonnell M.J., Hahs A.M., The use of gradient analysis studies in advancing our understanding of the ecology of urbanizing landscapes: current status and future directions, *Landscape Ecol* (2008) 23:1143–1155

McDonnell, M.J., Pickett, S.T.A. (Eds.), 1993. *Humans as Components of Ecosystems: Subtle Human Effects and the Ecology of Populated Areas*. Springer-Verlag, New York.

McMahon, T.A., Rohr J.R., Bernal X.E., Light and noise pollution interact to disrupt interspecific interactions, *Ecology*, 98(5), 2017, pp. 1290–1299

Minton, S.A., 1968. The fate of amphibians and reptiles in a suburban area. *Journal of Herpetology* 2, 113–116.

MTO (Ministry of Transportation of Ontario) (2016). Annual Average Daily Traffic (AADT) counts, [En ligne], page consultée le 15 mars 2018, <http://www.raqsb.mto.gov.on.ca/techpubs/TrafficVolumes.nsf/tvweb?OpenForm&Seq=5>

Parris, K. M., M. Velik-Lord, and J. M. A. North. 2009. Frogs call at a higher pitch in traffic noise. *Ecology and Society* 14(1): 25.

Pickett, S.T.A., Cadenasso, M.L., Grove, J.M., Nilon, C.H., Pouyat, R.V., Zipperer, W.C., Costanza, R., 2001. Urban ecological systems: linking terrestrial ecological, physical, and socioeconomic components of metropolitan areas. *Annual Review of Ecology and Systematics* 32, 127–157.

Pope, S.E., L. Fahrig, and H.G. Merriam. 2000. Landscape complementation and metapopulation effects on leopard frog populations. *Ecology* 81:2498-2508

Rose GJ. 2017, *The numerical abilities of anurans and their neural correlates: insights from neuroethological studies of acoustic communication*. *Phil. Trans. R. Soc. B* 373: 20160512.

Semlitsch, R. D. 2002. Critical elements for biologically based recovery plans of aquatic-breeding amphibians. *Conservation Biology* 16 :619-629

United Nations Human Settlements Programme, 2004. *The State of the World's Cities 2004/2005: Globalization and Urban Culture*. UN-Habitat, London.

Van Gelder, J. J., 1973. A quantitative approach to the mortality resulting from traffic in a population of *Bufo bufo* L. *Oecologia*, 13: 93-95.

Vargas-Salinas F., Cunnington G.M., Amézquita A., Fahrig L., Does traffic noise alter calling time in frogs and toads? A case study of anurans in Eastern Ontario, Canada, *Urban Ecosyst* (2014) 17:945–953

Wilcove, D. S., D. Rothstein, J. Dubow, A. Phillips, and E. Losos. 1998. Quantifying threats to imperiled species in the United States. *Bioscience* 48:607–615.

Annexes

Tableau 1 : Description et localisation des 15 sites à l'étude.

Sites	Description	Localisation	Milieu
1) Sporthèque de Gatineau	Marais avec beaucoup de végétation haute, entouré d'une piste cyclable.	45°28'13.7"N75°44'35.4"W	Urbain
2) Marais de Touraine	Très grand marais, entouré d'une forêt, bordant une rue très passante.	45°29'37.4"N75°44'04.3"W	Urbain
3) Parc Rémi	Petit étang artificiel dans la forêt, mais entouré de maisons.	45°31'42.5"N75°44'23.9"W	Urbain
4) Cégep de l'Outaouais	Champ avec lac éphémère (début printemps) avec forêt d'un côté et le Cégep de l'autre.	45°27'32.4"N75°46'21.1"W	Urbain
5) Cégep Héritage	Point d'eau devenu un grand étang avec végétation, en arrière du Cégep, mais entouré d'arbres.	45°27'15.4"N75°46'00.1"W	Urbain
6) Champ rue Cité-des-Jeunes	Très grand champ avec beaucoup de végétation, avec la forêt au loin, quelques plans d'eau éphémères, bordant une rue très passante.	45°26'50.9"N75°45'18.2"W	Urbain
7) Lac Leamy	Petit plan d'eau dans la forêt, situé à côté d'un stationnement public	45°27'16.7"N75°43'28.4"W	Urbain
8) Parc Domaine-Champêtre	Très grand marais, énormément de végétation, entouré complètement d'une forêt, à proximité d'un petit quartier	45°31'35.6"N75°45'17.6"W	Rural
9) Étang Domaine-Champêtre	Petit étang bordant la rue avec beaucoup de végétation	45°31'30.6"N75°45'26.2"W	Rural
10) Champ rue Bouchette	Champ plutôt abandonné avec lac éphémère (début printemps)	45°32'23.1"N75°45'20.2"W	Rural
11) Forêt rue Vénus	Plan d'eau éphémère dans la forêt (début printemps)	45°33'03.1"N75°44'28.7"W	Rural
12) Parc Grand-Pré	Marais et forêt, beaucoup de végétation, parc public sur le site	45°33'42.4"N75°46'07.0"W	Rural
13) Champ chemin Saint-Élizabeth	Très grand étendu de terre, avec beaucoup de végétation et de plans d'eau, bordant une petite rue	45°33'15.0"N75°44'39.2"W	Rural
14) Forêt rue Taché	Plan d'eau éphémère dans la forêt, bordant une petite rue	45°31'12.8"N75°45'36.9"W	Rural
15) Marais rue Groulx	Très grand marais près de la forêt, beaucoup de végétation, situé les deux côtés de la rue, dans un coin très peu passant	45°34'11.2"N75°44'49.7"W	Rural

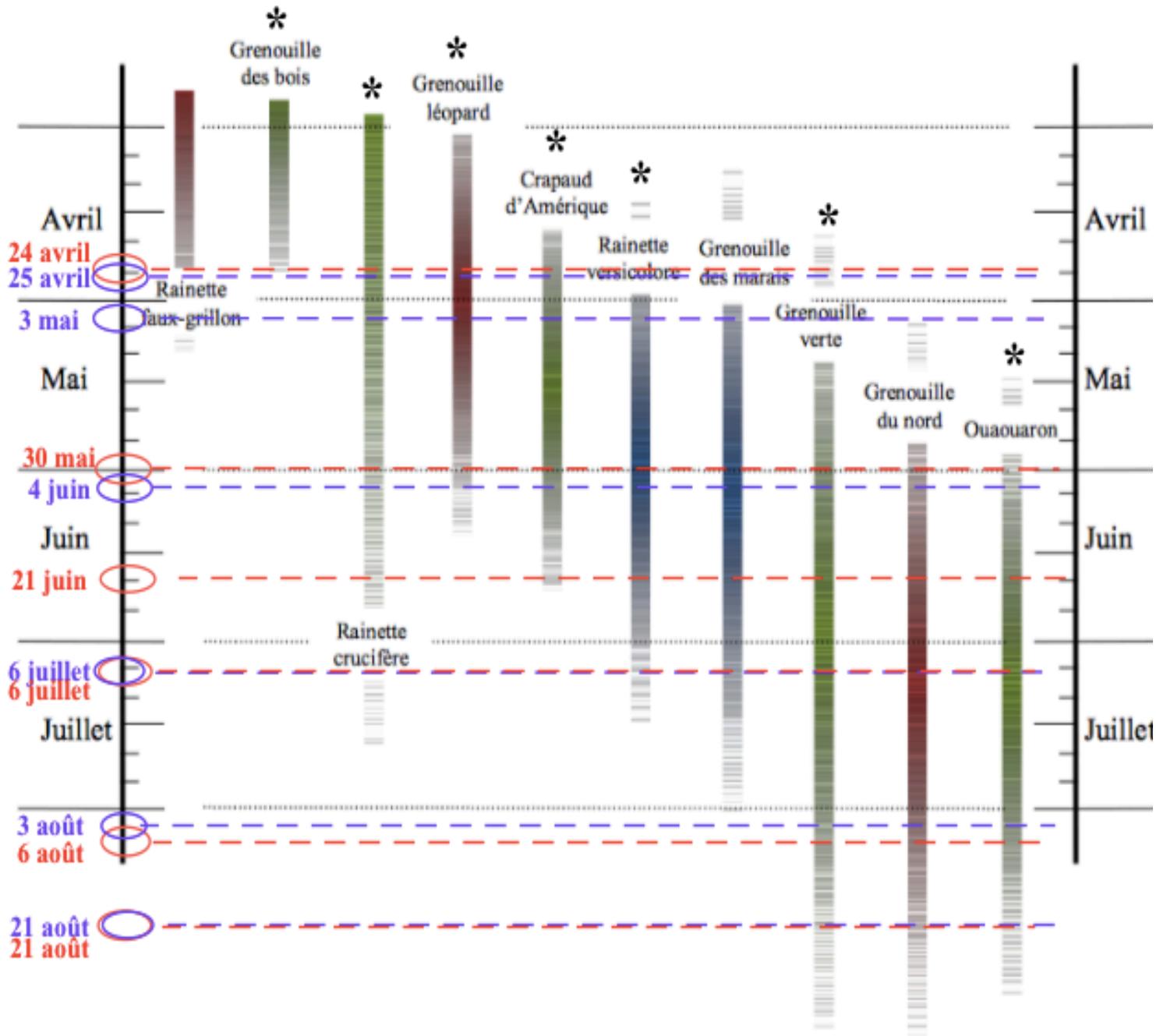


Figure 1 : Calendrier représentant les périodes de reproduction de toutes les espèces d'anoures au Québec. Les espèces à l'étude sont représentées au-dessus des noms avec le symbole (*). Les lignes quadrillées représentent les dates de sortie sur le terrain, où la couleur rouge est représentée par les sorties dans les milieux urbains (6) et la couleur mauve est représentée par les sorties dans les milieux ruraux (6).

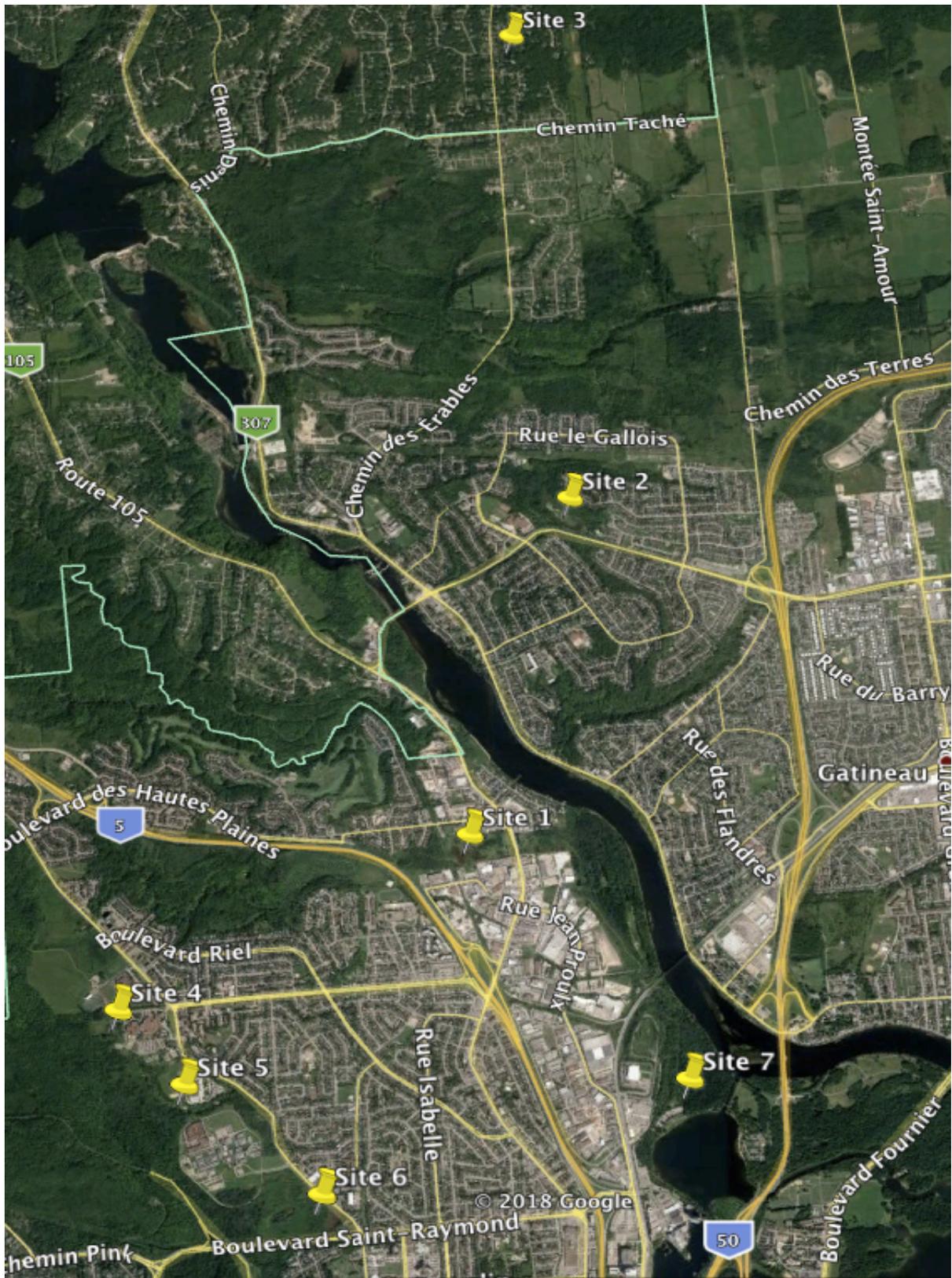


Figure 2 : Carte représentant les sites urbains dans la ville de Gatineau (#1 à 7)

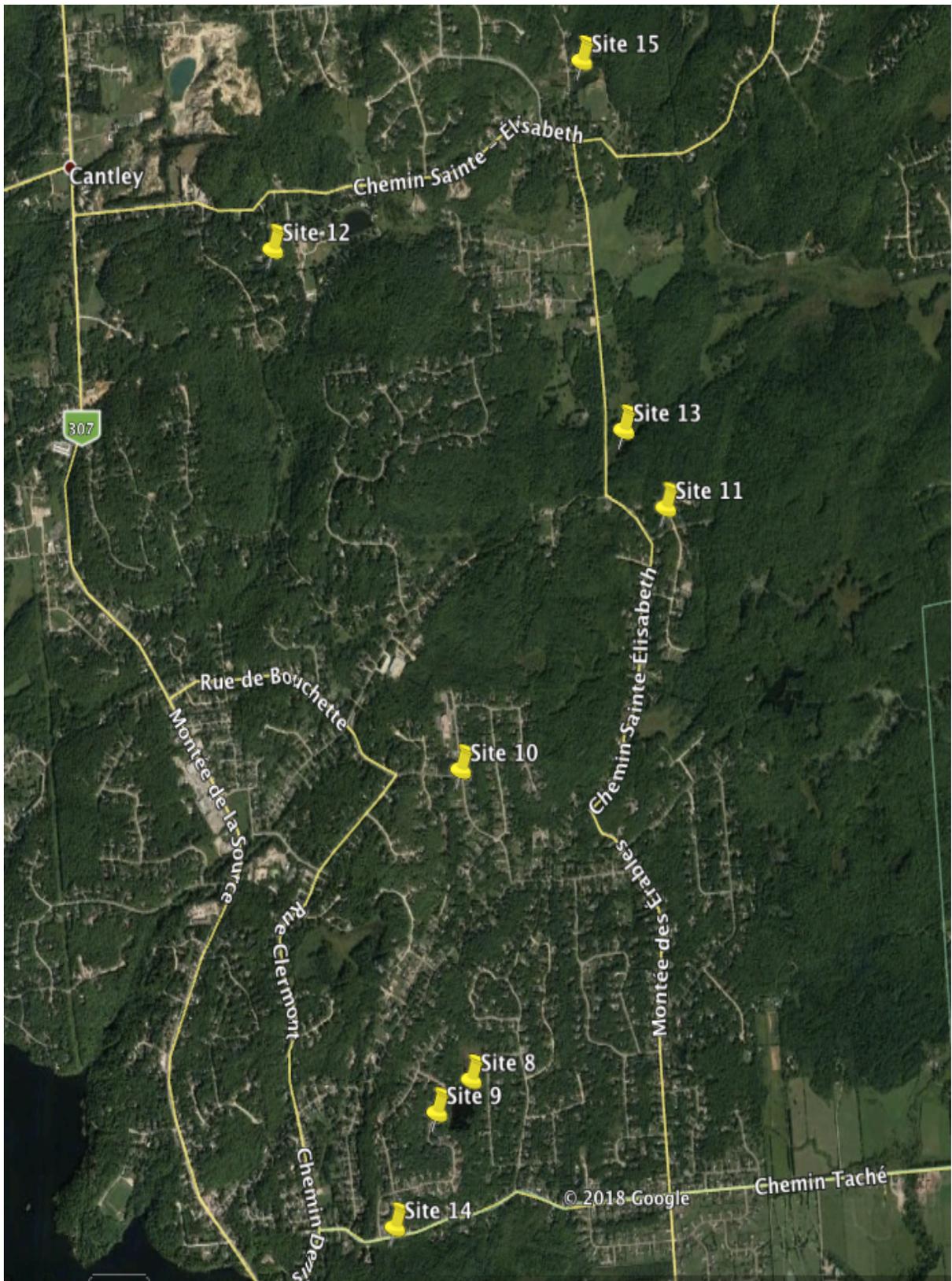


Figure 3 : Carte représentant les sites ruraux dans la ville de Cantley (#8 À 15)

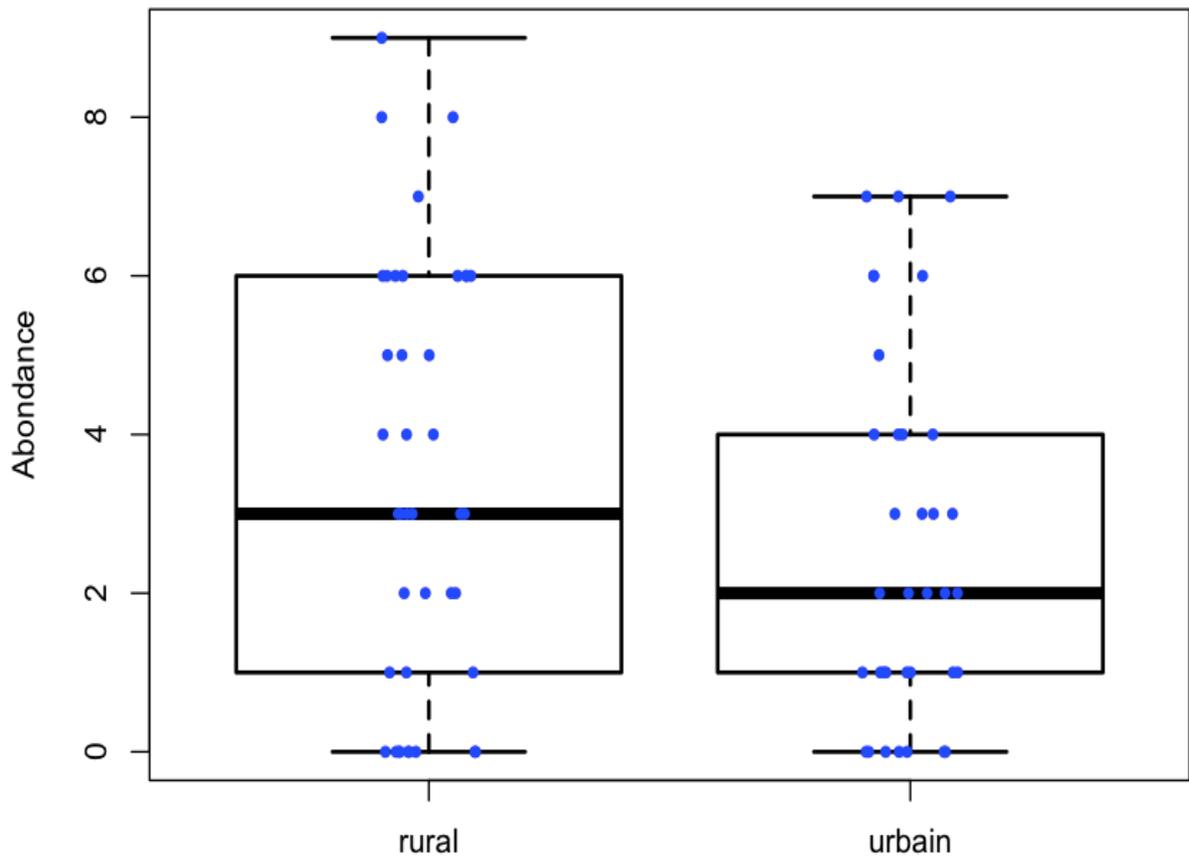


Figure 5 : Boîtes à moustache démontrant l'abondance des anoures, influencée par la date et la température, dans les milieux ruraux (n=40) et dans les milieux urbains (n=35) en Outaouais. Aucune différence statistiquement significative n'a été obtenue entre les deux milieux ($F(75) = 1.45$, $P = 0.23$).

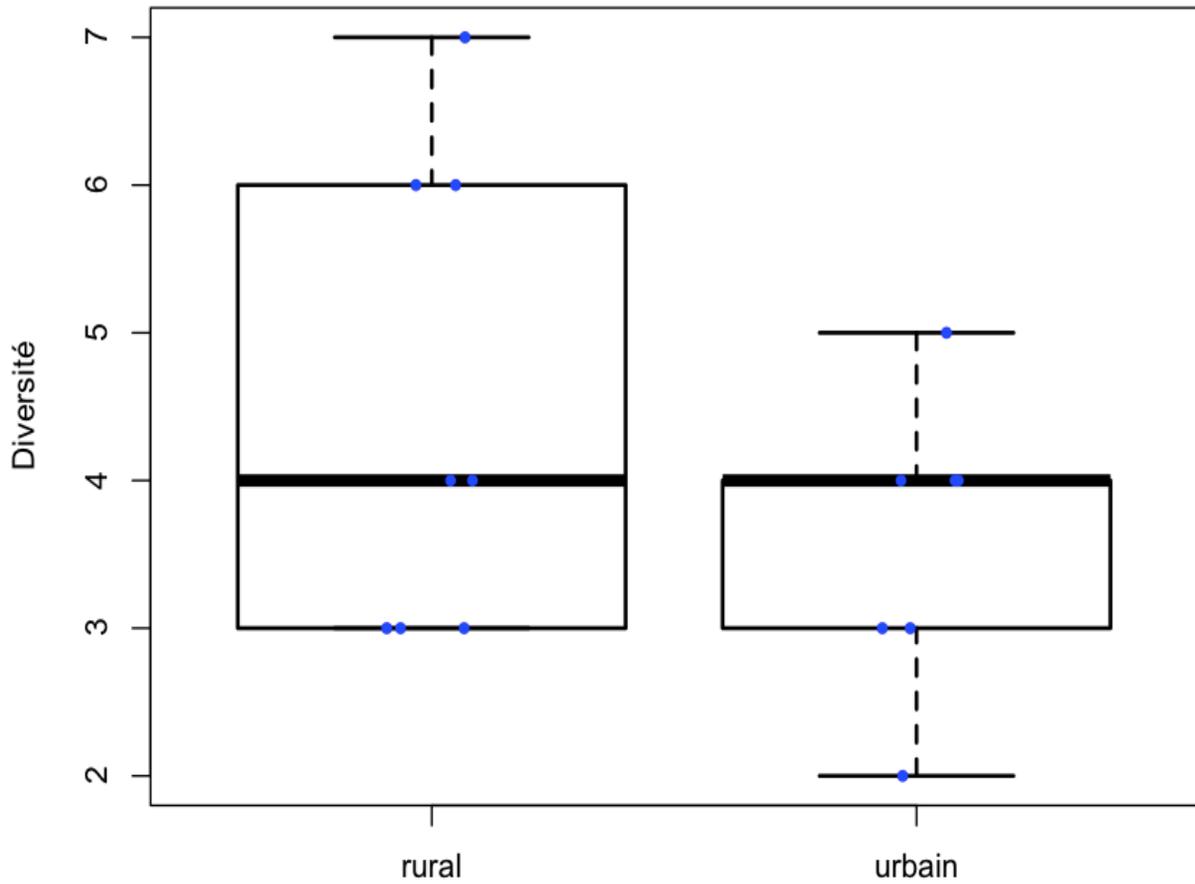


Figure 6 : Boîtes à moustache représentant la diversité des anoues, sans l'influence de la date ni de la température, dans les milieux ruraux (n=8) et dans les milieux urbain (n=7) en Outaouais. Aucune différence statistiquement significative n'a été obtenue entre les deux milieux ($F(15) = 1.765, P=0.207$).