

Paramètres influençant la ponte et l'éclosion des œufs d'une nouvelle espèce de grillon pour la production commerciale

Rapport Final

Projet Lucas, E. 425342-11

Programme de Subvention d'engagement partenarial  
CRSNG

Présenté à M. François Santerre

Marc Fournier et Éric Lucas  
UQAM

## Table des matières

Recommandations .....	3
<b>1. Introduction</b> .....	4
<b>2. Matériel et méthode</b> .....	4
<b>3. Résultats</b> .....	7
<b>4. Discussion</b> .....	13
<b>5. Références</b> .....	18
<b>6. Budget</b> .....	22

## Recommandations

Voici les conclusions pour CG Reptiles concernant le présent projet de recherche :

1. La photopériode à utiliser dans la production de *Gryllus assimilis* doit être la pleine obscurité 24h par jour.
2. L'utilisation d'antibiotique (Uniprim®) à 750 ppm dans la nourriture et 48 ppm dans l'eau augmente grandement la survie et la ponte des grillons, et contrôle également une bactérie (*Pseudomonas aeruginosa*) présente dans l'élevage commercial.
3. La température la plus propice pour la ponte des grillons est de 33°C.
4. La moulée à rat est la plus adaptée pour la production de *G. assimilis*.
5. Les meilleurs substrats pour la ponte sont la mousse de sphaigne suivie de la terre à jardin.
6. Une humidité relative supérieure à 55 % augmente la fécondité des grillons.

# 1. Introduction

Il se vend annuellement en Amérique du Nord près de 650 millions \$ de grillon domestique (*Acheta domesticus*) comme nourriture pour les animaux de compagnie insectivores (Szelei et al. 2011; Parajulee et al. 1993). GC Reptiles est une entreprise du Québec productrice de grillons pour les animaleries de l'Est du Canada. Depuis septembre 2009, un densovirus tue plus de 95% des grillons et rend la production impossible. Ce virus s'est répandu à la presque totalité des producteurs canadiens et à plusieurs autres aux États-Unis. Devant l'ampleur du problème, l'entreprise recherche une autre espèce de grillon à commercialiser. *Gryllus assimilis* est un candidat potentiel, résistant aux densovirus (Szelei et al. 2011). Cette espèce présente dans le milieu canadien de l'herpétoculture depuis plusieurs années est un grillon de bonne taille et non-diapausant. CG Reptiles a commencé sa production commerciale avec les mêmes techniques d'élevage que pour le grillon domestique mais avec peu de succès. La croissance est satisfaisante mais pas la ponte, ni l'éclosion des œufs. Les données de base sur son cycle de vie ne sont pas disponibles dans la littérature scientifique. Cette recherche avait pour but d'optimiser la ponte de *G. assimilis* en évaluant l'importance 1) de la photopériode, 2) de la température, 3) de la nourriture utilisée, 4) des substrats de ponte utilisés et finalement 5) de l'humidité relative sur la fertilité et la fécondité de *G. assimilis*.

## 2. Matériel et méthode

Insecte. Les derniers stades larvaires des deux sexes ou des jeunes mâles adultes ont été fournis par CG Reptiles toutes les semaines entre le 3 janvier 2012 et le 15 octobre 2012. Les grillons étaient immédiatement transférés dans les incubateurs appropriés. Le Dr. David B Weissman du Département d'Entomologie de l'Academy des Sciences de la California a confirmé l'identification de *Gryllus assimilis*.

Dispositif expérimental. Une jeune larve femelle de dernier stade larvaire et 2 larves mâles étaient mis dans un contenant de 2,2 Litres ventilé. Deux trous de 3 centimètres de diamètre de chaque côté étaient bouchés avec de la moustiquaire en aluminium pour permettre la ventilation sans risque de fuite des grillons. Chaque boîte contenait de la nourriture, deux morceaux de boîte d'œufs, une capsule de pellicule photographique remplie de la terre à jardin comme substrat de ponte ainsi qu'une source d'eau (carotte ou eau en gelée). La nourriture était ajoutée au besoin et la source d'eau était changée 3 fois par semaine.

Les œufs des grillons utilisent l'eau du sol pour compléter leur développement. Pour contrôler l'humidité du sol, nous avons ajouté 100 g d'eau pour 100 g de terre à jardin sèche. Pour contrôler l'évaporation durant la période de ponte, nous avons noté le poids du pot de ponte et de la terre et nous ajoutons la quantité d'eau manquant 3 fois par semaine. Le pot de ponte était changé une fois par semaine. Il était transféré dans un contenant d'émergence de plastique

de 16 oz ventilé jusqu'à ce que les néonates sortent du pot de ponte et tombent dans le contenant d'émergence. Les néonates étaient récoltés 3 fois par semaine et congelés jusqu'à leur décompte finale. Après un séjour de 14 jours dans le contenant d'émergence la terre était triée manuellement à l'aide d'une loupe binoculaire afin de dénombrer le nombre d'œufs qui n'avaient pas éclos. L'expérience se terminait quand la femelle mourait. Nous comptons également le nombre d'œufs présent dans la nourriture du contenant. Nous avons répliqué 25 fois toutes les expériences.

1 - Photopériode. Dans un contenant de plastique ventilé de 2,2 litres, nous mettions de la nourriture à lapin et comme source d'eau une tranche de 2 cm de carotte. Le pot de ponte était une capsule de pellicule photographique remplie de terre à jardin humide. Les incubateurs étaient réglés à une température de 27°C et à une humidité relative de 40%. Nous avons testé 3 régimes de lumière soit a) obscurité continue (0J:24N), b) lumière continue (24J:0N) ou c) photopériode de 12J:12N.

2 - Antibiotique. La première expérience s'est bien déroulée, mais durant la seconde expérience, la grande majorité des femelles sont mortes très rapidement. Nous avons suspecté le densovirus (AdDNV). Nous avons envoyé des échantillons au Dr. Peter Tijssen de l'INRS-Institut Armand Frappier de l'Université du Québec pour analyse. Les résultats étaient négatifs. Un autre pathogène était en cause. Durant le dénombrement des œufs non éclos dans le sol, nous avons aperçu une grande quantité d'œufs avec une coloration anormalement rouge. Un échantillon a été envoyé au laboratoire de diagnostic de la faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal à Saint-Hyacinthe. Ils ont trouvé la présence de *Pseudomonas aeruginosa* qui un pathogène des œufs de *A. domesticus* (Burkhardt et al. 1970). Cette bactérie est sensible à un antibiotique à base de Triméthoprim /Sulfadiazine (67 ug / 333 ug). Nous avons utilisé une concentration de 750 ppm dans la nourriture. Nous avons réduit en poudre la moulée à lapin et ajouté l'antibiotique. Les animaleries vendent de l'eau en gelée pour abreuver les grillons. C'est une granule de polyacryamide qui se gonfle d'eau et que les grillons peuvent manger sans risque de se noyer. Nous voulions savoir si l'utilisation de l'eau en gelée avec antibiotique à une concentration de 48 ppm pouvait aider à résoudre le problème de contamination. Nous avons testé 3 traitements soit a) un témoin sans antibiotique, b) antibiotique et carotte ou c) antibiotique + eau en gelée. La température utilisée était de 31°C, en l'obscurité continue, 40 % humidité relative et la nourriture utilisée était de la moulée à lapin. Le pot de ponte contenait de la terre à jardin. Nous avons utilisé trois incubateurs, chacun des incubateurs contenant une partie égale des 3 traitements.

3 - Température. Nous avons testé 5 températures soit a) 27°C, b) 29°C, c) 31°C, d) 33°C et e) 35°C. Le test s'est déroulé en obscurité continue, à 40 % humidité relative et nous avons utilisé de la moulée à lapin avec antibiotique et comme

source d'eau, nous avons utilisé de l'eau en gelée. Le pot de ponte contenait de la terre à jardin.

4- Alimentation. Nous avons testé les moulées a) à rat qui contient environ 24% de protéines végétales, b) à chat qui contient 34% de protéines principalement d'origine animal et c) à lapin qui contenait 16% de protéines de source végétale. Le test s'est déroulé en obscurité continue, la température était de 31°C et 40 % d'humidité relative. Le pot de ponte contenait de la terre à jardin. Nous avons ajouté de l'antibiotique aux moulées et la source d'eau était de l'eau en gelée. Nous avons utilisé trois incubateurs et chacun des incubateurs contenant une partie égale des 3 traitements.

5 – Substrat de ponte. Nous avons testé trois substrats soit a) sable, b) terre à jardin et c) mousse de sphaigne. L'humidité des substrats était contrôlée. Nous avons ajouté 100 g d'eau par 100 g de terre à jardin sèche, 150 g d'eau par 100 g de mousse de sphaigne sèche et 100 g d'eau pour 750 g de sable sec. Ces quantités d'eau nous permettaient d'avoir un sol humide mais pas détrempe. Nous avons utilisé de la moulée à rat avec antibiotique et la source d'eau était de l'eau en gelée. Le test s'est déroulé en obscurité continue, la température était de 31°C et 40 % d'humidité relative. Nous avons utilisé trois incubateurs et chacun des incubateurs contenant une partie égale des 3 traitements.

6 – Humidité relative. Nous avons testé 3 humidités relatives soit a) 40%, b) 65%, et c) 70%. Nous avons utilisé de la moulée à rat avec antibiotique et de l'eau en gelée. Le test s'est déroulé en obscurité continue, la température était de 31°C. Le pot de ponte contenait de la terre à jardin.

Paramètres. La fécondité totale est calculée comme suit :

*Fécondité totale*

*= nombre de néonates + oeufs pondus dans le contenant  
+ les oeufs non éclos*

Le taux éclosion est calculé comme suit :

$$\text{Taux d'éclosion} = \frac{\text{nombre de néonate}}{(\text{fécondité totale} - \text{oeufs pondus dans le contenant})} * 100$$

Statistiques. Nous avons utilisé des tests non paramétriques pour analyser les données des différentes expériences. Nous avons utilisé des tests de Chi<sup>2</sup> pour analyser le pourcentage de femelles fertiles. Nous avons comparé les moyennes entre elles avec un test de Wilcoxon/Kruskal-Wallis. Dans le cas où le p < 0,05, nous utilisons le test non paramétrique de comparaison de chaque pair de Wilcoxon pour identifier les groupes différents. Et finalement, nous avons utilisé

des corrélations de Spearman pour évaluer la relation entre la fécondité totale et le poids ou la longévité. Nous avons utilisé le logiciel JMP 10.0 pour effectuer les analyses.

### 3. Résultats

1- Photopériode. La proportion des femelles fertiles (ayant pondu au moins un œuf) est de 84 % (21/25) pour les femelles élevées en obscurité continue, elle est de 76 % (19/25) pour les individus élevés en plein jour et de 76% (19/25) pour les femelles élevées sur une photopériode de 12 heures de clarté et 12 de noirceur. Ses proportions ne sont pas significativement différentes ( $X^2 = 0,659$ ;  $DF = 2$ ;  $p = 0,7191$ ). Les résultats pour les 6 viables touchant à la reproduction de *G. assimilis* sont inscrits au Tableau 1. Les femelles élevées en obscurité continue vivent le plus longtemps tandis que les femelles élevées en lumière continue vivent le moins longtemps et la longévité de femelles sur un cycle nuit/jour n'est pas différente des deux autres groupes. Le nombre de néonates produits est plus élevé pour le groupe élevé en obscurité continue tandis que les groupes jour continu et jour/nuit sont égales. La même situation existe pour le nombre d'œufs non éclos et que pour la Fécondité totale. Le nombre œufs pondus dans le contenant et le taux d'éclosion ne sont pas différents entre les trois traitements. Les corrélations de Spearman entre la fécondité et le poids des femelles ainsi qu'entre la fécondité et la longévité sont inscrites au Tableau 2. La longévité est significativement corrélée avec la fécondité pour tous les traitements.

Tableau 1. Influence de trois photopériodes (Nuit = obscurité continue, 0 J : 24 N; Jour = lumière continue, 24 J : 0 N et le traitement 12 N : 12 J = photopériode de 12 heures de clarté et 12 heures de noirceur) sur les paramètres de reproduction du grillon *Gryllus assimilis*. Les lettres différentes représentent une différence statistique significative ( $p < 0.05$ ) pour un test non paramétrique de comparaison de chaque pair de Wilcoxon. Les valeurs représentées sont les moyennes et les écart-types. Le nombre de femelles ayant pondu pour chaque traitement est de 21 femelles pour le traitement "Nuit", de 19 pour le traitement "Jour" et de 19 femelles pour le traitement "12 J : 12 N".

Variable	$X^2$	p	Nuit		Jour		12 J : 12 N	
			$\bar{x}$	ÉT	$\bar{x}$	ÉT	$\bar{x}$	ÉT
Longévité	8,44	0,0147	40,95	2,80 a	29,84	7,39 b	33,21	9,01 a,b
Œufs pondus dans le contenant	0,16	0,9220	6,85	7,60	12,53	19,47	5,32	5,09
Néonates	8,64	0,0133	1001,8	687,8 a	546,4	464,5 b	431,2	374,8 b
Œufs non éclos	16,3	0,0003	139,5	122,4 a	42,7	43,0 b	58,7	98,8 b
Fécondité totale	11,5	0,0032	1148,1	711,7 a	601,6	474,8 b	495,2	378,4 b
Taux d'éclosion	4,18	0,1237	83,05	19,41	90,75	10,53	83,10	24,44

Tableau 2. Corrélation de Spearman entre la fécondité et le poids ou la longévité pour 6 expériences modifiant des paramètres d'élevage d'un grillon (*Gryllus assimilis*). Les valeurs représentées sont le nombre de répliques (n), le coefficient de corrélation de Spearman ( $r_s$ ) et la probabilité (p) et la pente de la corrélation (+/-).

Variable	Groupe	n	Poids vs Fécondité			Longévité vs Fécondité		
			$r_s$	p	+/-	$r_s$	p	+/-
EXP 1 - Photopériode	Nuit	21	0,00	0,7630		0,42	0,0015	+
	Jour	19	0,01	0,6421		0,46	0,0015	+
	12 N : 12 J	19	0,09	0,2182		0,42	0,0028	+
EXP 2 - Antibiotique	Témoin	12	0,09	0,9996		0,19	0,1540	
	Antibiotique + H2O gélée	21	0,04	0,3599		0,25	0,0427	+
	Antibiotique + Carotte	21	0,01	0,7558		0,35	0,0048	+
EXP 3 Température	27 °C	15	0,22	0,0766		0,81	0,0001	+
	29°C	9	0,47	0,0406	-	0,76	0,0023	+
	31 °C	16	0,07	0,3209		0,67	0,0001	+
	33 °C	22	0,00	0,9909		0,57	0,0001	+
	35 °C	21	0,01	0,1265		0,49	0,0004	+
EXP 4 - Moulé	Lapin	16	0,35	0,0163	-	0,68	0,0001	+
	Chat	11	0,03	0,6291		0,75	0,0006	+
	Rat	18	0,02	0,5722		0,27	0,0276	+
EXP 5 - Substats	Terre jardin		0,05	0,2557		0,15	0,0583	
	Mousse de sphaigne		0,00	0,8297		0,56	0,0001	+
	Sable		0,15	0,0788		0,66	0,0001	+
EXP 6 - Humidité	40%		0,04	0,4013		0,01	0,7352	
	55%		0,10	0,1317		0,47	0,0003	+
	70%		0,07	0,2300		0,39	0,0019	+

2- Antibiotique. La proportion de femelles fertiles est de 84 % (21/25) pour les femelles élevées sur antibiotique et eau en gelée, elle est de 84 % (21/25) pour les individus élevés sur antibiotique et carotte et de 48% pour les femelles témoins. Ses proportions sont significativement différentes ( $X^2 = 5,179$ ; DF = 2; p = 0,0056). La proportion des femelles ayant pondu des œufs pour les deux traitements antibiotiques sont significativement plus grandes que celle du témoin.



Les moyennes des 6 viables touchant à la reproduction de *G. assimilis* sont inscrites au Tableau 3. Les femelles élevées sur antibiotique produisent significativement plus de néonates que les femelles témoins. La même situation existe pour la fécondité totale. La longévité des femelles, le nombre œufs pondus dans le contenant, le nombre d'œufs non éclos, le taux d'éclosion ne sont pas différents d'un traitement à l'autre. Les corrélations de Spearman entre la fécondité et le poids des femelles ainsi qu'entre la fécondité et la longévité sont inscrites au Tableau 2. La longévité est significativement corrélée avec la fécondité pour 2 des trois traitements.

Tableau 3. Influence de deux traitements antibiotique et d'un témoin sur les paramètres de reproduction du grillon, *Gryllus assimilis*. Les lettres différentes représentent une différence statistique significative ( $p < 0.05$ ) pour un test non paramétrique de comparaison de chaque pair de Wilcoxon. Les valeurs représentées sont les moyennes et les écart-types. Le nombre de femelles ayant pondu pour chaque traitement est de 12 femelles pour le traitement " Témoin ", de 21 pour le traitement " Antibiotique + eau en gelée " et de 21 femelles et " Antibiotique + carotte ".

Variable	X <sup>2</sup>	p	Témoin		Antibiotique et H2O en gelée		Antibiotique et Carotte		
			$\bar{x}$	ÉT	$\bar{x}$	ÉT	$\bar{x}$	ÉT	
Longévité	5,02	0,0814	19,58	5,21	23,19	8,65	26,38	10,46	
Œufs pondus dans le contenant	4,65	0,0976	2,50	4,17	2,86	4,63	8,10	13,88	
Néonates	6,83	0,0328	93,0	94,7	302,5	228,3	247,9	194,5	b
Œufs non éclos	1,81	0,4055	19,7	14,6	49,4	74,4	88,4	137,2	
Fécondité totale	8,33	0,0155	115,2	100,6	354,7	245,3	344,4	251,7	b
Taux d'éclosion	4,89	0,0868	73,97	17,00	81,22	25,36	69,76	26,63	

3- Température. La proportion de femelles fertiles est inscrite au Tableau 5. Le pourcentage le plus élevé correspond aux températures de 33°C et 35°C, il est intermédiaire pour les traitements 31°C et 27°C et faible pour le traitement à 29°C. Ses proportions sont significativement différentes ( $X^2 = 20,264$ ;  $DF = 4$ ;  $p = 0,0006$ ). Les résultats des 6 viables touchant à la reproduction de *G. assimilis* sont inscrits au Tableau 4. Contre toute attente, les femelles qui ont vécu le plus longtemps sont celles du traitement 35°C. Le taux d'éclosion du traitement 35°C est également le plus bas. Par contre, le nombre œufs pondus dans le contenant, le nombre de néonates, le nombre d'œufs non éclos et la fécondité totale ne sont pas significativement différents entre les cinq traitements. Les corrélations de Spearman entre la fécondité et le poids des femelles ainsi qu'entre la fécondité et la longévité sont inscrites au Tableau 2. La longévité est significativement corrélée avec la fécondité pour les cinq températures.

Tableau 4. Influence de cinq températures (27°C, 29°C, 31°C, 33°C et 35°C) sur les paramètres de reproduction du grillon, *Gryllus assimilis*. Les lettres différentes représentent une différence statistique significative (  $p < 0.05$ ) pour un test non paramétrique de comparaison de chaque pair de Wilcoxon. Les valeurs représentées sont les moyennes et les écart-types. Le nombre de femelles ayant pondu est de 15 pour le traitement de "27°C", il est de 9 femelles pour les traitements de "29°C", il est de 16 femelles pour le traitement "31°C", 22 femelles pour le traitement de "33°C" et 21 femelles pour le traitement de "35°C".

Variable	X <sup>2</sup>	p	27 °C		29 °C		31 °C		33 °C		35 °C	
			$\bar{x}$	ÉT	$\bar{x}$	ÉT	$\bar{x}$	ÉT	$\bar{x}$	ÉT	$\bar{x}$	ÉT
Longévité	15,2	0,0043	26,00	11,81 a	21,11	5,99 a	23,125	6,47 a	24,36	9,03 a	31,38	8,13 b
Œufs pondus												
dans le contenant	4,05	0,3994	4,93	8,34	2,89	3,59	6,69	10,68	10,00	13,03	4,90	4,24
Néonates	5,11	0,2761	239,3	320,4	176,4	276,6	226,8	211,1	187,1	273,5	84,5	89,6
Œufs non éclos	3,85	0,4267	33,33	60,16	18,11	19,75	22,38	22,82	42,14	59,33	99,6	115,8
Fécondité totale	2,56	0,6347	277,5	356,4	197,4	279,6	255,9	224,1	239,2	321,5	189,0	165,7
Taux d'éclosion	11,8	0,0186	78,71	26,29 a	77,50	32,06 a	88,01	10,93 a	75,10	23,39 a	52,34	31,24 b

Tableau 5. Pourcentage de femelles ayant pondu au moins un œuf.

Traitement	% de femelle fertile
27 °C	15/25 60% a
29 °C	5/25 36% a,b
31 °C	16/25 64% a,c
33 °C	22/25 88% d
35 °C	21/25 c,d

Seulement une des trois corrélations est statistiquement significative entre la fécondité et le poids. La relation entre les deux variables est négative, donc plus le poids augmente et plus la fécondité baisse.

4- Alimentation. La proportion de femelles fertiles est de 52 % (13/25) pour les femelles élevées sur moulée à lapin, elle est de 64% (16/25) pour les individus élevés sur moulée à chat et de 76% (19/25) pour les femelles qui ont mangé de la moulée à rat. Ses proportion ne sont pas significativement différentes ( $X^2 = 3,170$ ;  $DF = 2$ ;  $p = 0,2049$ ). Les moyennes des 6 viables touchant à la reproduction de *G. assimilis* sont inscrites au Tableau 6. Les femelles nourries sur moulée à rat vivent le plus longtemps. Elles pondent également le plus d'œufs dans le contenant de ponte suivies des femelles nourries sur moulée à chat et finalement les femelles nourries sur moulée à lapin. Le nombre d'œufs non éclos est le plus grand dans le traitement moulée à rat et le plus faible dans le traitement moulée à lapin et le traitement moulée à chat n'est pas significativement différent des deux autres traitements. La situation est la même pour la fécondité totale. Finalement le taux d'éclosion est le plus élevé pour les femelles nourries sur moulée à lapin tandis que les deux autres traitements sont plus faibles et pas significativement différents. Seul le nombre de néonates n'est pas significativement différent entre les trois traitements. Les corrélations de Spearman entre la fécondité et le poids des femelles ainsi qu'entre la fécondité et la longévité sont inscrites au Tableau 2. La longévité est significativement corrélée (positivement) avec la fécondité pour tous les traitements. Seulement une des trois corrélations est statistiquement significative entre la fécondité et le poids. La relation entre les deux variables est négative, donc plus le poids augmente et plus la fécondité baisse.

Tableau 6. Influence de trois moulées (lapin, chat et rat) sur les paramètres de reproduction du grillon *Gryllus assimilis*. Les lettres différentes représentent une différence statistique significative ( $p < 0.05$ ) pour un test non paramétrique de comparaison de chaque paire de Wilcoxon. Les valeurs représentées sont les moyennes et les écart-types. Le nombre de femelles ayant pondu pour chaque traitement est de 13 femelles pour le traitement " Lapin ", de 23 pour le traitement " Chat " et de 22 femelles et " Rat ".

Variable	$X^2$	p	Lapin		Chat		Rat	
			$\bar{x}$	ÉT	$\bar{x}$	ÉT	$\bar{x}$	ÉT
Longévité	11,0	0,0040	22,06	10,34 a	21,38	8,41 a	30,16	5,37 b
Œufs pondus dans le contenant	17,3	0,0002	7,94	24,94 a	19,77	43,80 b	82,68	141,7 c
Néonates	3,09	0,2133	367,5	321,2	310,2	411,2	483,6	332,2
Œufs non éclos	13,8	0,0010	35,4	41,5 a	140,3	216,4 a,b	209,9	248,8 b
Fécondité totale	6,53	0,0383	410,8	347,0 a	550,9	546,0 a,b	786,1	299,3 b
Taux d'éclosion	8,78	0,0124	81,812	24,13 a	53,15	34,72 b	60,88	30,92 b

**5- Substrats.** La proportion de femelles fertiles est de 100 % (25/25) pour les femelles qui avaient de la terre à jardin comme substrat de ponte, elle est de 100% (25/25) pour celles qui avaient de la mousse de sphaigne comme substrat de ponte et de 96% pour les femelles qui ont pondu dans du sable. Ces proportions ne sont pas significativement différentes ( $X^2 = 2,224$ ;  $DF = 2$ ;  $p = 0,3288$ ). Les moyennes des 6 viables touchant à la reproduction de *G. assimilis* sont inscrites au Tableau 7. Le nombre d'œufs non éclos est significativement différent pour les trois groupes. Les femelles pondent le plus petit nombre d'œufs dans le contenant dans le traitement de terre à jardin tandis qu'elles pondent le plus grand nombre d'œufs dans le contenant du traitement avec du sable et le traitement avec de la mousse de sphaigne n'est pas différent des deux autres. Les trois traitements sont significativement différents pour le taux d'éclosion. La mousse de sphaigne a le pourcentage le plus élevé suivi de la terre à jardin, et le sable a le plus bas taux d'éclosion. Les trois groupes sont également significativement différents pour le nombre d'œufs non éclos. La mousse de sphaigne a le nombre le plus bas suivi de la terre à jardin et le sable a le nombre le plus élevé. La longévité, le nombre de néonates et la fécondité totale ne sont pas différents entre les trois traitements. Les corrélations de Spearman entre la fécondité et le poids des femelles ainsi qu'entre la fécondité et la longévité sont inscrites au Tableau 2. La longévité est significativement corrélée (positivement) avec la fécondité pour deux des trois traitements.

Tableau 7. Influence de trois substrats de ponte (terre à jardin, mousse de sphaigne et sable) sur les paramètres de reproduction du grillon, *Gryllus assimilis*. Les lettres différentes représentent une différence statistique significative ( $p < 0.05$ ) pour un test non paramétrique de comparaison de chaque paire de Wilcoxon. Les valeurs représentées sont les moyennes et les écart-types. Le nombre de femelles ayant pondu pour chaque traitement est de 25 femelles pour le traitement " Terre jardin ", de 25 pour le traitement " Mousse de sphaigne " et de 22 femelles et " Sable".

Variable	$X^2$	p	Terre jardin		Mousse de sphaigne			Sable	
			$\bar{x}$	ÉT	$\bar{x}$	ÉT	$\bar{x}$	ÉT	
Longévité	1,95	0,3777	27,76	8,87	28,16	7,95	25,68	8,91	
Œufs pondus dans le contenant	6,18	0,0456	23,80	39,41 a	72,40	183,8 a,b	66,14	76,02 b	
Néonates	1,47	0,4801	543,8	298,9	520,0	338,3	450,9	346,6	
Œufs non éclos	21,4	0,0001	62,60	75,87 a	25,2	29,4 b	159,1	249,4 c	
Fécondité totale	0,15	0,9298	630,2	296,0	617,6	358,5	676,1	509,3	
Taux d'éclosion	33,5	0,0001	82,42	26,85 a	94,78	5,32 b	69,53	21,64 c	

**6- Humidité relative.** La proportion de femelles fertiles est de 84% (21/25) pour les femelles élevées à 40% humidité relative (RH), de 92% (23/25) pour les femelles élevées à 55% RH et de 88% (22/25) pour les femelles élevées à 70% RH. Ses proportions ne sont pas significativement différentes ( $X^2 = 0,771$ ;  $DF = 2$ ;

$p = 0,6803$ ). Les moyennes des 6 viables touchant à la reproduction de *G. assimilis* sont inscrites au Tableau 8. La longévité est significativement différente pour les trois groupes. Les femelles vivent le plus longtemps dans le traitement à 55% RH tandis qu'elles vivent le moins longtemps dans le traitement à 40% RH et que le traitement à 70% RH n'est pas différent des deux autres. C'est la même situation pour la fécondité totale, les femelles élevées à 55% RH ont la fertilité la plus élevée, les femelles élevées à 40% RH ont la fécondité la plus basse et les femelles élevées à 70% RH ne sont pas différentes des deux autres groupes. Le nombre d'œufs pondus dans le contenant, le nombre de néonates, le nombre d'œufs non-éclos et le taux d'éclosion ne sont pas différents entre les trois traitements. Les corrélations de Spearman entre la fécondité et le poids des femelles ainsi qu'entre la fécondité et la longévité sont inscrites au Tableau 2. La longévité est significativement corrélée (positivement) avec la fécondité pour deux des trois traitements.

Tableau 8. Influence de trois humidités relatives (40%, 55% et 70%) sur les paramètres de reproduction du grillon, *Gryllus assimilis*. Les lettres différentes représentent une différence statistique significative ( $p < 0.05$ ) pour un test non paramétrique de comparaison de chaque paire de Wilcoxon. Les valeurs représentées sont les moyennes et les écart-types. Le nombre de femelles ayant pondu pour chaque traitement est de 21 femelles pour le traitement " 40 % ", de 23 pour le traitement " 55 % " et de 22 femelles et " 70% ".

Variable	X <sup>2</sup>	P	40%		55%		70%	
			$\bar{x}$	ÉT	$\bar{x}$	ÉT	$\bar{x}$	ÉT
Longévité	6,5	0,0393	25,38	5,64 a	30,52	6,59 b	29,82	7,93 a,b
Œufs pondus								
dans le contenant	3,76	0,1522	44,86	96,78	75,39	97,76	27,68	34,1
Néonates	4,31	0,1157	470,14	370,3	711,9	430,7	500,6	389,4
Œufs non éclos	0,84	0,6575	167,4	125,7	187,2	155,1	187,4	230,6
Fécondité totale	6,17	0,0457	682,4	415,9 a	974,5	422,7 b	715,7	461,2 a,b
Taux d'éclosion	0,77	0,6813	70,114	28,66	73,44	23,44	74,63	27,05

## 4. Discussion

La photopériode règle la reproduction de la grande majorité des insectes (Tauber et al. 1986). Sans une photopériode adéquate les insectes arrêtent de pondre pour se préparer à une période de repos. La situation est différente avec *A. domesticus*. Ce grillon complète facilement son cycle en pleine obscurité ou en lumière continue (Burkhardt et al. 1970; Destephano et al. 1982). Dans le cas de *G. assimilis*, ce grillon performe mieux en obscurité continue. Il survit en moyenne 7 jours de plus et pond le double d'œufs que s'il est exposé à une photopériode mixte ou en lumière continue. Dans le traitement en obscurité continue, deux femelles se sont reproduites durant plus de 70 jours et pas plus

que 40 jours pour les deux traitements avec lumière. Cette espèce est lucifuge (fuit la lumière) et comme la plupart des grillons, ils sont anachroétiques (aiment rester cachés). Il est possible que les individus subissent moins de stress dans l'obscurité continue, ce qui leur permet de vivre plus longtemps et donc de pondre plus d'œufs. Cette différence peut s'expliquer également par le design du contenant de reproduction. Le pot de ponte est coincé entre les 2 morceaux de boîtes d'œufs et n'est pas recouvert. La femelle doit de ce fait quitter son refuge pour s'exposer à l'air libre pour pondre. Il est possible que l'obscurité favorise le comportement de ponte. Dans les installations de CG Reptiles les pots de ponte sont déjà dissimulés par des boîtes d'œufs, donc un test s'impose afin de confirmer la valeur réelle de ce résultat en entreprise. Présentement, l'entreprise chauffe ces bacs de production avec deux ampoules incandescentes de 60 watts. Les ampoules fournissent de la chaleur et de la lumière en continue. Pour obtenir un chauffage sans lumière, l'entreprise pourra utiliser des tapis chauffant pour l'horticulture de 17 watts. Si ce changement aux méthodes de production est efficace, l'entreprise diminuera le coût de chauffage de ses bacs de production tout en augmentant la productivité des ses adultes. Étant donnée la durée du programme de recherche, nous n'avons pas pu répéter cette expérience. Donc nous suggérons fortement à CG Reptiles de faire un test comparatif en industrie avant de modifier leur technique de production.

La température optimale pour la ponte du grillon domestique est de 35°C (Bowling 1955; Ghouri et McFarlane 1958) et la plupart des études utilisent des températures entre 25 et 28°C pour la reproduction de *G. assimilis* (Rakshpal 1962; Cochaux 1965; Mello et Neto 1980; Zera et Zhang 1995; Miller et al. 1999; Rook 2010; Whattam et Bertram 2011). Nos résultats suggèrent une autre réalité. La fécondité est la même pour les 5 températures testées. Par contre, plus de 84 % des femelles pondent pour les températures de 33 et 35°C comparativement à 64% pour une température de 31°C. Même si la moyenne est similaire, comme un plus grand nombre de femelles va pondre, la quantité totale d'œufs produits sera plus élevée pour les températures de 33°C et 35°C. Étant donné que le taux d'éclosion est plus bas pour la température de 35°C, nous suggérons d'utiliser la température de 33°C. CG Reptiles avait noté durant le mois de juillet 2011 que la ponte de *G. assimilis* s'était interrompue quand la température avait atteint 34°C. Étant donné que dans nos tests *G. assimilis* pond encore à 35°C, la cause de cet arrêt de ponte n'est pas dû à la température élevée. Il faudra trouver une autre hypothèse pour expliquer cet événement. Nous suggérons à CG Reptiles de réaliser un test comparatif entre des bacs de reproduction maintenus à une température de 33°C et d'autres bacs à la température actuellement utilisée qui est de 31°C. Les résultats permettront de voir si la quantité totale d'œufs pondus est plus élevée dans le traitement à 33°C. Par mesure de précaution, nous suggérons à CG Reptiles de garder sa salle d'émergence à une température au dessus de 33°C. Le taux d'éclosion à 35°C est significativement plus bas que toutes les autres températures testées. Soit que cette température est proche de la température létale pour les œufs ou que la terre contenue dans les pots de film

sèche plus rapidement et que l'humidité relative n'était pas adéquate durant tout le développement des œufs causant une mortalité plus élevée.

La moulée à lapin est la nourriture la plus économique pour élever le grillon domestique (Nakagaki et Defoliart 1991). Elle contient 16% de protéines de source végétale. *G. assimilis* semble être une espèce plus omnivore qui se nourrit également d'insectes morts (Severin 1926; Savin 1927; Folsom 1931). Plusieurs études utilisent de la moulée à rat (Zera et Zhang 1995; Miller et al. 1999; Rook 2010) qui contient environ 24% de protéines végétales. Walker (1980) utilise de la moulée à chien qui contient 34% de protéines principalement d'origine animale. D'autres utilisent de la moulée à lapin (Cochaux 1965; Mello et Neto 1980). Nos résultats nous indiquent que la moulée à rat est la plus propice pour la reproduction de *G. assimilis*. Les grillons vivent en moyenne 8 jours de plus et produisent 40% plus d'œufs que les grillons nourris sur de la moulée à chat et 91 % de plus que les grillons nourris sur de la moulée à lapin. Nous n'avons pas d'hypothèse pour expliquer pourquoi les femelles pondent plus œufs dans le contenant de reproduction quand elles sont nourries sur de la moulée à rat et dans une moindre mesure sur la moulée a chat. Nous n'avons pas d'hypothèse pour expliquer pourquoi les femelles pondent moins d'œufs sur la moulée à lapin et que le taux d'éclosion est meilleur. Nous proposons à CG Reptiles de changer ses techniques de production et de nourrir ses adultes avec de la moulée à rat. Les besoins nutritionnel d'*A. domesticus* sont bien connus grâce aux travaux de McFarlane qui a démontré les besoins en protéine (McFarlane 1964), en vitamine B (Ritchot et McFarlane 1961), en minéraux (McFarlane 1974,1991; McFarlane 1976a), en vitamines E et K (McFarlane 1972, 1976b,1978, 1983), en facteurs de croissance (McFarlane et Distler 1982), en sucre (McFarlane et Ritchot et 1962) et en lipide (Ritchot et McFarlane 1962, 1965; McFarlane et Henneberry 1965, Meikle et McFarlane 1965, McFarlane 1968). Aucune étude ne s'est penchée sur les besoins nutritionnels de *Gryllus assimilis* et ceci pourrait être une piste de recherche intéressante pour augmenter la fécondité et la fertilité des femelles ou des mâles de cette nouvelle espèce en production de masse.

Le sable, de la terre noire et de la mousse de tourbe sont utilisés comme substrats pour la ponte du grillon domestique (Ghoury etMcFarlane 1958; Patton 1978; Clifford et Woodring 1990). Le sable est le seul substrat utilisé dans les études sur *G. assimilis* (Walker 1980; Rakshpal 1962). Nos résultats indiquent que les œufs non éclos sont moins nombreux quand la mousse de sphaigne est utilisée comme substrat de ponte. Le taux éclosion est le plus élevé sur la mousse de sphaigne suivi de la terre à jardin et du sable. Nous avons deux hypothèses pour expliquer ce phénomène. Premièrement, la mousse de sphaigne est plus acide que les deux autres substrats. Un pH plus élevé pourrait défavoriser la croissance de pathogènes comme les bactéries ou les champignons ce qui augmenterait le taux d'éclosion. Deuxièmement la mousse de sphaigne peut retenir une plus grade quantité d'eau et ne sèche jamais entre les arrosages et donnerait un environnement sans stress hydrique qui

augmenterait le taux d'éclosion. Les trois milieux sont semblables pour la fécondité totale ou le nombre de néonates produits. Nous suggérons à CG Reptiles de faire un test comparatif en entreprise pour déterminer si de la mousse de sphaigne aurait un avantage sur le substrat actuellement utilisé. La mousse de sphaigne est plus chère à l'achat. Ce changement ne serait pas économiquement rentable pour l'entreprise sans une validation en entreprise. Il serait intéressant pour CG Reptiles de regarder quelle quantité d'eau donne le meilleur taux d'éclosion. Nous avons toujours utilisé des substrats très humides. Ces données ne sont pas disponibles pour *G. assimilis*.

Le grillon domestique pond très bien à 50% d'humidité relative (Clifford et Woodring; 1990; Haskell et Ives 1954). L'humidité relative optimale pour la ponte de *G. assimilis* est inconnue. Mello et Neto (1980) ont été les seuls à contrôler l'humidité relative dans leur expérience. Ils ont utilisé 70% RH. Nos résultats démontrent que la longévité des femelles élevées à 55% RH est plus de 5 jours supérieure à celle des femelles élevées à 40% RH et la fécondité des femelles élevées à 40% RH est supérieure de près de 43% à celle des femelles élevées à 40% RH. *G. assimilis* est une espèce tropicale, son aire de distribution couvre le Brésil jusqu'au Sud des États-Unis. Nous nous attendions qu'elle performe mieux à des humidités élevées mais de toute évidence elle est bien adaptée pour se reproduire dans un environnement sec. Nous suggérons à CG Reptiles d'augmenter l'humidité relative dans ces bacs de production à 55% RH. À cette humidité la moule ne moisit pas comparativement à une humidité relative de 70% RH.

Les données actuellement disponibles dans la littérature scientifique nous indiquent que de la fécondité totale de *G. assimilis* était de 100 œufs/femelle (Mello et Neto 1980) ou de 316 œufs/femelle pour une période de 2 semaines (Rook 2010). Nos résultats nous indiquent que le nombre maximal d'œufs pondus par une femelle est de 2286 et la moyenne la plus élevée est de 1148 œufs/femelle. La fécondité d'*A. domesticus* est entre 1500 œufs/femelle (Patton 1978) et 2600 œufs/femelle (Stone 1953). Donc, *G. assimilis* a un potentiel reproductif assez grand pour remplacer de façon économique le grillon domestique. Il est surprenant qu'un grillon 2 à 3 fois plus grand que le grillon domestique ne pond pas plus d'œufs.

Par contre, cette moyenne change grandement d'une expérience à l'autre. Elle est aussi basse que 255 œufs par femelles dans l'expérience sur la température jusqu'à une moyenne de 1148 œufs par femelle dans l'expérience de la photopériode en passant par une moyenne de 630 œufs par femelle dans l'expérience sur les substrats de ponte. De plus, il y a une grande différence à l'intérieur d'un traitement, à l'intérieur d'une expérience. Le coefficient de variation (écart-type/moyenne) est au minimum de 43 % dans l'expérience sur l'humidité relative et est au plus haut de 141 % dans l'expérience de température. Ce qui nous indique une grande variation entre les femelles, certaines pondent beaucoup d'œufs tandis que d'autres très peu.



Habituellement, chez les insectes, la taille est corrélée avec la fécondité (Chown et Gaston 2010). Les plus grosses femelles vont pondre le plus d'œufs. Ce qui n'est pas le cas dans nos expériences. Nous avons des corrélations dans toutes les expériences entre la longévité et la fécondité. En d'autres mots, plus une femelle vit longtemps plus elle va pondre d'œufs. Nous avons remarqué que certaines femelles et beaucoup de mâles paralysaient des pattes postérieures au cours de l'expérience. C'est un symptôme caractéristique d'un virus appelé CrPV (cricket paralysis virus). C'est un petit virus (< 60 nm) à génome d'ARN qui fait partie de la famille des dicistrovirus. C'est un virus très commun qui a été isolé chez plusieurs insectes (Bonning et Johnson 2010). Nous avons cherché un laboratoire pour confirmer la présence de ce virus dans les élevages de CG Reptiles mais nos demandes n'ont pas été fructueuses. La présence de ce pathogène ou d'un autre pourrait expliquer l'importante variation à l'intérieur des expériences et entre les expériences. Les individus non infestés survivraient plus longtemps et pondraient le plus d'œufs. Ce qui expliquerait la corrélation longévité-fécondité. Et selon la prévalence des individus infectés dans les lots reçus l'expérience se déroulerait plus ou moins bien. Ça expliquerait également un fait surprenant dans l'expérience de température, la longévité à 35°C est supérieure à tous les autres températures et le % de femelles qui ont pondu des œufs est plus élevé. Le CrPV infeste souvent les cultures cellulaires d'insecte. Cevallos et Sarnow (2010) ont démontré qu'un choc thermique peut éliminer le virus. Les cultures sont mises 5 heures à 37°C ce qui empêche la multiplication du virus dans la culture. La température la plus élevée utilisée dans nos expériences est de 35°C qui est proche de 37°C qui inhibe la multiplication du virus. Il est possible qu'à 35°C le virus n'ait pas pu se développer à la même vitesse qu'aux températures inférieures utilisées dans l'expérience, prolongeant la vie des femelles plus longtemps. Il faut avoir une confirmation de la présence de ce virus dans l'élevage avant d'entreprendre d'autres démarches. Dans l'affirmative, CG Reptiles pourrait regarder les pistes de recherche pour le contrôle ou l'éradication du CrPV. Premièrement, le choc thermique : mettre les adultes sur un régime thermique où les grillons sont exposés à 37°C pour une durée de 5 heures. Cette technique est efficace pour éradiquer le CrPV des cultures cellulaires (Cevallos et Sarnow 2010) et nous savons que les grillons peuvent se reproduire à 35°C. Deuxième approche, bloquer la réplication du virus. Le CrPV a besoin de couper les protéines de sa capsid virale au moyen d'une protéase de type sérine (Reavy et Moore 1983) avant de se répliquer. L'ajout d'inhibiteur de protéase dans la nourriture pourrait empêcher le début de la reproduction du virus. Des insectes peuvent manger des inhibiteurs de protéase sans affecter leur reproduction. Par exemple, l'utilisation de plantes transgéniques contenant un inhibiteur de protéase a été évaluée pour contrôler le doryphore de la pomme de terre. Au lieu de décourager l'alimentation du doryphore en rendant sa nourriture moins digestible, la consommation de la plante transgénique a plutôt augmenté la consommation du feuillage et le nombre d'œufs pondus par les femelles doryphores (Cloutier et al. 2000) Et finalement, il existe contre les virus une nouvelle technique appelée RNAi (ARN interférence). Cette technique consiste à ajouter dans la nourriture ou l'eau des amorces d'ARN qui se lie avec

celui du virus ou les ARN messenger pour empêcher la transcription de protéine impliquer dans la réplication du virus. C'est très spécifique et ça a été utilisé avec succès contre le DWV (Deformed wing virus) chez l'abeille domestique (Desai et al. 2012).

Si CG Reptiles peut identifier le pathogène responsable de la variation de fécondité entre les lots d'insectes, la production commerciale serait plus stable, prévisible et rentable. Nous pensions en débutant ce projet que *G. assimilis* était résistant à AdDNV. Une étude récente (Weissman et al. 2012) a démontré que 15% des échantillons reçus de *G. assimilis* étaient infectés par ce densovirus. Il serait sage pour CG Reptiles de regarder une autre espèce de grillons à produire puisque certaines souches d'AdDNV peuvent infecter *G. assimilis*.

## 5. Références

Bonning B.C., Johnson K.N. 2010. Chapitre 9 Dicistrovirus. Dans Asgari S., Johnson K.N. eds. Insect virology. Caister Academic Press. 436 pp.

Bowling C.C. 1955. The biology of the house cricket *Acheta domesticus*. M.S. Thesis. University of Arkansas. Fayetteville. 50 pp.

Burkhardt C.C., Stone P.C., Fairchild M.L. 1970. Mass rearing of *Acheta domesticus* (L.) for bioassay tests (Orthoptera : Gryllidae). J. Kans. Entomol. Soc. 43 : 357-360.

Cevallos R.C., Sarnow P. 2010. Temperature protects insect cells from infection by cricket paralysis virus. J. Virol. 84 : 1652-1655.

Clifford C.W., Woodring J.P. 1990. Methods for rearing the house cricket, *Acheta domesticus* (L.), along with baseline values for feeding rates, growth rates, development times, and blood composition. J. Appl. Entomol. 109 : 1-14.

Cloutier C., Jean C., Fournier M., Yelle S., Michaud D. 2000. Adult Colorado potato beetles, *Leptinotarsa decemlineata* compensate for nutritional stress on oryzacystatin I-transgenic potato plants by hypertrophic behavior and over-production of insensitive proteases. Arch. Int. Physiol. Biochim. 44 : 69-81.

Chown S.L., Gaston K. J. 2010. Body size variation in insects: a macroecological perspective. Biol. Rev. 85: 139–169

Cochaux P. 1965. Croisements intraspecifics et specification chez quelques gryllides des genres *Gryllus* et *Teleogryllus* (Orthoptera : Gryllidae). Can. J. Zool. 43 : 105-124.

- Desai S.D., Eu Y.-J., Whyard S., Currie R.W. 2012. Reduction in deformed wing virus infection in larval and adult honey bees (*Apis mellifera* L.) by double-stranded RNA ingestion. *Insect Mol. Biol.* 11 : 1247-1255.
- Destephano D.B., Brady U.E., Farr C.A. 1982. Factors influencing oviposition behaviour in the cricket, *Acheta domesticus*. *Ann Entomol. Soc. Am.* 75 : 111-114.
- Folsom J.W. 1931. Damage to cotton by crickets. *J. Eco. Entomol.* 24 : 807-815
- Ghoury A.S.K., McFarlane J.E. 1958. Observations on the development of crickets. *Can. Entomol.* 90 : 158-165.
- Haskell P.T., Ives D.G. 1954. A culture method for *Acheta domesticus* (L.)(Orth., Gryllidae). *Entomol. Mag.* 90 : 94-95.
- McFarlane J.E. 1964. The protein requirements of the house cricket, *Acheta domesticus* L. *Can. J. Zool.* 42 : 645-647.
- McFarlane J.E. 1968. Fatty acids, methyl esters and insect growth. *Comp. Biochem. Physiol.* 24 : 377-384.
- McFarlane J.E. 1972. Vitamin E, tocopherol quinone and selenium in the diet of the house cricket, *Acheta domesticus*(L.). *Israel J. Ent.* 1: 7–14.
- McFarlane J.E. 1974. The functions of copper in the house cricket and the relation of copper to vitamin E. *Can. Entomol.* 106 : 441-446.
- McFarlane J.E. 1976a. Influence of dietary copper and zinc on growth and reproduction of house cricket (*Orthoptera : Gryllidae*). *Can. Entomol.* 108 : 387 – 390.
- McFarlane J.E. 1976b. Vitamin K: a growth factor for the house cricket (*Orthoptera: Gryllidae*). *Can. Entomol.* 108 : 391-394.
- McFarlane J.E. 1978. Vitamine E and K in relation to growth of house cricket (*Orthoptera : Gryllidae*). *Can. Entomol.* 108 : 391-394
- McFarlane J.E. 1983. Relationship between vitamins E, K1 and K3 (menadione) in their effects on growth *Acheta domesticus* (L.). *Comp. Biochem. Physiol.* 74 : 387-389.
- McFarlane J.E. 1991. Dierary sodium, potassium and calcium requirements of house cricket, *Acheta domesticus* (L.). *Comp. Biochem. Physiol. A Comp. Physiol.* 100 : 217-220.

McFarlane J.E., Ritchot C. 1962. – Carbohydrate in the diet of the house cricket. *Annales de la Société entomologique du Québec (Québec, QC)* : 25-27,

McFarlane J.E., Henneberry G.O. 1965. Inhibition of the growth of an insect by fatty acids. *J. Insect Physiol.* 11 : 1247-1257.

McFarlane J.E., Distler M.H.W. 1982. The effect of rutin on growth, fecundity and food utilization in *Acheta domesticus* (L.). *J. Insect Physiol.* 28 : 85-88.

Meikle J.E.S., McFarlane J.E. 1965. The role of lipid in the nutrition of the house cricket, *Acheta domesticus* L. (Orthoptera: Gryllidae). *Can. J. Zool.* 43 : 87-98.

Mello A.M.L.T., Neto S. 1980 Fertility and life expectancy table for *Gryllus assimilis*. *An. Soc. Entomol. Brasil.* 9 : 133-141.

Miller J.S., Howard R.W., Rana R.L., Tunaz H., Stanley D.W. 1999. Eicosanoids mediate nodulation reaction to bacterial infection in adults of the cricket, *Gryllus assimilis*. *J. Insect Physiol.* 45 : 75-83.

Nakagaki B.J., Defoliart G.R. 1991. Comparison of diets for mass-rearing *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) as a novelty food, and comparison of food conversion efficiency with values reported for livestock. *J. Eco. Entomol.* 84 : 891-896.

Parajulee M.N., DeFoliart G.R., Hogg D.B. 1993. Model for use in Mass-Production of *Acheta domesticus* (Orthoptera : Gryllidae) as food. *J. Eco. Entomol.* 86 : 1424-1428.

Patton R.L. 1978. Growth and development parameters for *Acheta domesticus*. *Ann. Ent. Soc. Am.* 71:40-42.

Rakshpal R. 1962. Morphogenesis and embryonic membranes of *Gryllus assimilis* (Fabricius) (Orthoptera : Gryllidae). *Proc. R. Entomol. Soc. Lond. Ser. A Gen. Entomol.* 37 : 1-12.

Reavy B., Moore N.F. 1983. An inhibitor-resistant protease specified by an insect picornavirus, and the role of cellular proteases in the rapid processing of capsid protein precursor. *J. gen. Virol.* 64 : 1831-1833.

Ritchot C., McFarlane J.E. 1961. The B vitamin requirements of the house cricket. *Can. J. Zool.* 39 : 11-15.

Ritchot C., McFarlane J.E. 1962. The effects of wheat germ oil and linoleic acid on growth and reproduction of the house cricket. *Can. J. Zool.* 40 : 371-374.

Rook V.L.M. 2010. Factors influencing reproduction in the jamaican field cricket *Gryllus assimilis* : fighting, signalling, and condition. M.S. Thesis. Carleton University. Ottawa. 116 pp.

Savin M.B. 1927. Food preferences of Black cricket (*Gryllus assimilis*) with special reference to the damage done to fabrics (Orthop.). *Entomol. News.* 38 : 33-39.

Severin H.C. 1926. The commom black field cricket, *Gryllus assimilis* (Fab.) and its control. *J. Eco. Entomol.* 19: 218-227.

Stone P.C. 1953. The house cricket as a laboratory insect. *Turtox News.* 31 : 150-151.

Szelei J., Woodring J., Goettel M.S., Duke G., Jousset F.-X., Liu K.Y., Zadori Z., Li Y., Styer E., Boucias D.G., Kleespies R.G., Bergoin M., Tijssen P. 2011. Susceptibility of North-American and European crickets to *Acheta domesticus* densovirus (AdDNV) and associated epizootics. *J. Invertebr. Pathol.* 106 : 394-399.

Tauber M.J., Tauber C.A., Masaki S. 1986. Seasonal adaptations of insects. Oxford University Press. New York. 411 pp.

Walker T.J. 1980. Mixed oviposition in individual females of *Gryllus firmus* : graded proportions of fast-developing and diapause eggs. *Oecologia.* 47 : 291-298.

Weissman D.B., Gray D.A., Pham H.T., Tijssen P. 2012 Billions and billions sold: Pet-feeder crickets (Orthoptera: Gryllidae), commercial cricket farms, an epizootic densovirus, and government regulations make for a potential disaster. *Zootaxa.* 3504 : 67-88.

Whattam E.M., Bertram S.M. 2011. Effects of juvenile and adult condition on long-distance call components in the jamaican fiels cricker, *Gryllus assimilis*. *Anim. Behav.* 81 : 135-144.

Zera A.J., Zhang C. 1995. Evolutionary endocrinology of juvenile hormone esterase in *Gryllus assimilis* : direct and correlated responses to selection. *Genetics.* 141 : 1125-1134.

## 6. Budget

Le tableau 9 indique les montants prévus pour la réalisation de la subvention et les sommes réellement dépensées. L'étudiant engagé se qualifiait pour une subvention travail-étude de l'UQAM. Le montant de cette subvention a été de 2 536.74\$. Donc le salaire total payé à l'étudiant qui devait être de 6000\$ à été en réalité de 6 881.32\$ (4344\$ + 2536.74\$ de subvention). La location de chambre de croissance a été plus importante que prévu puisque que le projet a été prolongé de 4 mois. Le coût unitaire des cages a été moins élevé que prévu ce qui explique le plus faible montant dépense pour ce poste budgétaire et finalement le coût de l'achat de l'antibiotique et des tests bactériologiques a gonflé le poste budgétaire pour les produits chimique et autres.

Tableau 9. Dépenses prévues pour le projet et les dépenses réelles du projet.

	Prévu	Réel
1) Salaire et avantage sociaux		
a) Étudiant	6 000,00	4344,58
b) stagiaire		
c) Professionnel	16 900,00	17718,59
d)		
2) Appareillage ou installation		
a) location	800,00	1758,00
b) Coût de fonctionnement		
c) Frais imputés aux utilisateur		
d)		
2) Appareillage ou installation		
a) Fabrication de cages	550,00	298,24
b) Moulée, substrat de ponte	100,00	102,74
c) produit chimique et autres	150,00	277,85
d)		
Total des dépenses	24 500,00	24 500,00