





**Mécanismes de flux d'énergie en interactions trophiques**

par

**Benjamin Mercier**

Mémoire présenté au Département de biologie en vue  
de l'obtention du grade de maître ès sciences (M.Sc.)

FACULTÉ DES SCIENCES  
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Sherbrooke, Québec, [mois et année du dépôt final]



Le [date du dépôt final]

*Le jury a accepté le mémoire de [Madame ou Monsieur (optionnel)] Benjamin Mercier dans sa version finale.*

Membres du jury

Professeur Dominique Gravel  
Directeur de recherche  
Département de Biologie  
Université de Sherbrooke

Professeur[e] [Prénom et nom]  
Codirectrice ou Codirecteur de recherche  
Département [nom]  
Nom de l'institution

[Pour le doctorat seulement]  
Professeur[e] [Prénom et nom]  
Évaluatrice ou Évaluateur externe  
Département [nom]  
Nom de l'institution

Professeur[e] [Prénom et nom]  
Évaluatrice ou Évaluateur interne  
Département [nom]  
Nom de l'institution

Professeur[e] [Prénom et nom]  
Président-rapporteur  
Département de biologie  
Université de Sherbrooke



## REMERCIEMENTS

3 Je tiens d'abord à remercier mon directeur Dominique Gravel. Mon comité. Andrew et Willian. Le  
4 laboratoire d'écologie intégrative. Finalement, ma famille sans qui cette grande aventure n'aurait  
5 jamais été possible. Merci pour tout.





## SOMMAIRE

8 Inclure ici un résumé global de la maîtrise.

9 **Mots clés :** réseaux trophiques, interactions, flux d'énergie

## TABLE DES MATIÈRES

11	<b>CHAPITRE 1 INTRODUCTION . . . . .</b>	<b>1</b>
12	1.1 Mise en contexte . . . . .	1
13	1.2 Le jeu de données . . . . .	1
14	1.2.1 Nature des données . . . . .	1
15	1.2.2 Distribution globale . . . . .	1
16	<b>CHAPITRE 2 MATÉRIEL ET MÉTHODES / ARTICLE SCIENTIFIQUE . . . . .</b>	<b>3</b>
17	2.1 Titre . . . . .	3
18	2.2 Titre . . . . .	4
19	2.3 Titre . . . . .	5
20	2.4 Titre . . . . .	5
21	2.4.1 Titre . . . . .	5
22	2.5 References . . . . .	6
23	<b>CHAPITRE 3 RÉSULTATS / ARTICLE SCIENTIFIQUE . . . . .</b>	<b>7</b>
24	3.1 Titre . . . . .	7
25	3.2 Titre . . . . .	8
26	3.3 Titre . . . . .	9
27	3.4 References . . . . .	9
28	<b>CHAPITRE 4 DISCUSSION ET CONCLUSION . . . . .</b>	<b>10</b>
29	4.1 Titre . . . . .	10
30	4.2 Titre . . . . .	10
31	4.3 Titre . . . . .	11
32	<b>ANNEXE . . . . .</b>	<b>11</b>
33	<b>ANNEXE A . . . . .</b>	<b>12</b>
34	<b>ANNEXE B . . . . .</b>	<b>15</b>
35	<b>BIBLIOGRAPHIE . . . . .</b>	<b>18</b>

**LISTE DES TABLEAUX**

37	Table 2.1	Titre de tableau . . . . .	5
38	Table 3.1	Titre de tableau . . . . .	9

**LISTE DES FIGURES**

40	Figure 1.1	Titre de figure . . . . .	2
41	Figure A.1	Titre de figure . . . . .	13
42	Figure B.1	Titre de figure . . . . .	16

## **LISTE DES ABRÉVIATIONS ET DES SIGLES**

44 MGE Modèle Général d'Écosystème

# CHAPITRE 1

## INTRODUCTION

Insérer ici un paragraphe intéressant global et accrocheur.

« All models are wrong, but some are useful. »  
– George Box

### 1.1 Mise en contexte

Parler des modèles globaux d'écosystème (MGE).

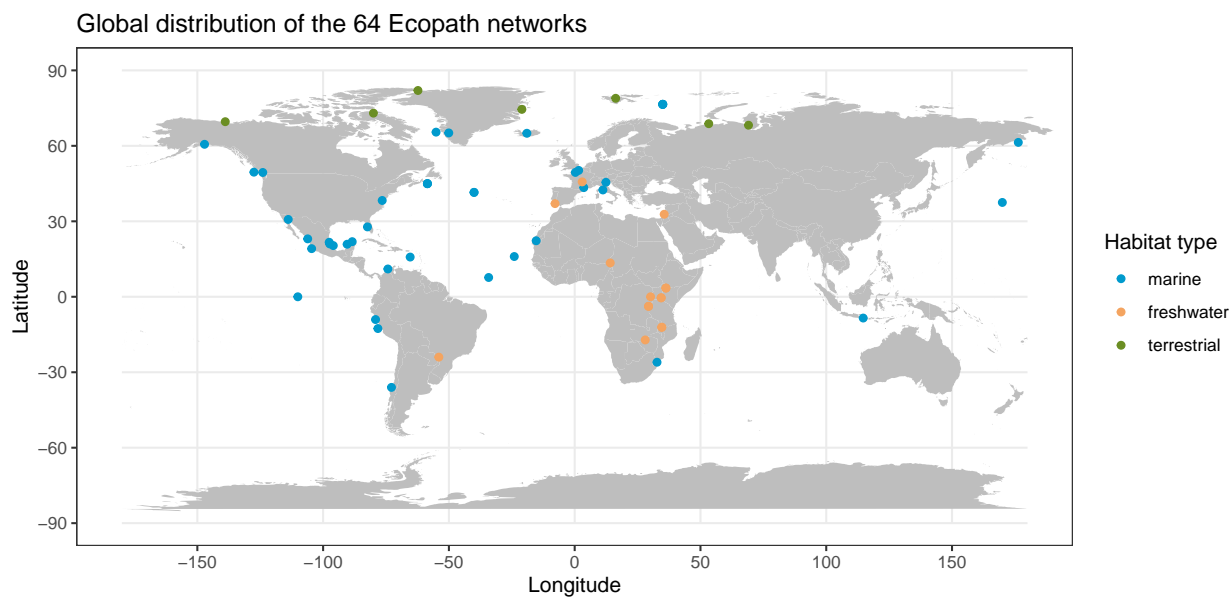
### 1.2 Le jeu de données

#### 1.2.1 Nature des données

Les données proviennent de l'étude de Jacquet.

#### 1.2.2 Distribution globale

Voici la distribution globale des réseaux utilisés.



**Figure 1.1** Distribution des réseaux Ecopath

Légende de figure

57

## CHAPITRE 2

58

### MATÉRIEL ET MÉTHODES / ARTICLE SCIENTIFIQUE

59

#### 2.1 Titre

60

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat

61

ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget,

62

consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi

63

tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus

64

rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor

65

gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem

66

vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis

67

ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu,

68

accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.



69

## Titre de l'article

70

*Journal* (Année), Volume (Issue) : pages.

71

Auteurs

## 2.2 Titre

73 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat  
74 ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget,  
75 consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi  
76 tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus  
77 rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor  
78 gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem  
79 vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis  
80 ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu,  
81 accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

82 **Keyword :** Mot-clé, mot-clé

## 2.3 Titre

Exemples de références qui seront seulement dans ce chapitre si la thèse est par insertion d'article :  
 Thackeray et al. (2010); Siepielski et al. (2017).  
 Faire référence au tableau 2.1 au moins une fois et à la figure A.1 de l'annexe A.

## 2.4 Titre

### 2.4.1 Titre

**Table 2.1 Titre de tableau**

Precipitation	Log-likelihood	Test	df	LRT	P-value
1. Year	-285.33	-	8.00	-	-
2. Year + Female	-281.91	1 vs 2	9.00	6.86	0.009
3. Year + Female x Precipitation <sub>within</sub>	-281.22	2 vs 3	11.00	1.37	0.50

Légende de tableau

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

## 2.5 References

- Siepielski AM, Morrissey MB, Buoro M, Carlson SM, Caruso CM, Clegg SM, Coulson T, DiBattista J, Gotanda KM, Francis CD, Hereford J, Kingsolver JG, Augustine KE, Kruuk LEB, Martin RA, Sheldon BC, Sletvold N, Svensson EI, Wade MJ, MacColl ADC (2017) Precipitation drives global variation in natural selection. *Science* 355(6328) :959–962, doi:10.1126/science.aag2773
- Thackeray SJ, Sparks TH, Frederiksen M, Burthe S, Bacon PJ, Bell JR, Botham MS, Brereton TM, Bright PW, Carvalho L, Clutton-Brock T, Dawson A, Edwards M, Elliott JM, Harrington R, Johns D, Jones ID, Jones JT, Leech DI, Roy DB, Scott WA, Smith M, Smithers RJ, Winfield IJ, Wanless S (2010) Trophic level asynchrony in rates of phenological change for marine, freshwater and terrestrial environments. *Global Change Biology* 16(12) :3304–3313, doi:10.1111/j.1365-2486.2010.02165.x

119

## CHAPITRE 3

120

### RÉSULTATS / ARTICLE SCIENTIFIQUE

121

#### 3.1 Titre

122

Suspendisse vitae elit. Aliquam arcu neque, ornare in, ullamcorper quis, commodo eu, libero. Fusce

123

sagittis erat at erat tristique mollis. Maecenas sapien libero, molestie et, lobortis in, sodales eget,

124

dui. Morbi ultrices rutrum lorem. Nam elementum ullamcorper leo. Morbi dui. Aliquam sagittis.

125

Nunc placerat. Pellentesque tristique sodales est. Maecenas imperdiet lacinia velit. Cras non urna.

126

Morbi eros pede, suscipit ac, varius vel, egestas non, eros. Praesent malesuada, diam id pretium

127

elementum, eros sem dictum tortor, vel consectetur odio sem sed wisi.

## Titre de l'article

*Journal* (Année), Volume (Issue) : pages.

Auteurs

### 3.2 Titre

Exemple de références qui n'apparaît que dans ce chapitre : Stearns (1992).

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo.

Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan

bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit

mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et

magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper

vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

**Keywords :**

### 3.3 Titre

Faire référence aux tableau 3.1 au moins une fois et faire référence au matériel supplémentaire en annexe au moins une fois : Figure B.1 de l'Annexe B.

**Table 3.1 Titre de tableau**

Univariate linear mixed effects models						
Milk components	$V_{Individual}$	95% CI	$V_{Residual}$	95% CI	$R^2_{Conditional}$	R
Proteins	0.02	0.00 - 0.08	0.67	0.54 - 0.80	0.08	0.03

Légende de tableau

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

### 3.4 References

Stearns SC (1992) The evolution of life histories. Oxford University Press, New York

## CHAPITRE 4

### DISCUSSION ET CONCLUSION

#### 4.1 Titre

Des références qui apparaissent dans la bibliographie générale, avec les références de l'introduction :  
Lang *et al.* (2009); Ovaskainen *et al.* (2017) (pour une thèse par insertion d'articles).  
Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat  
ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget,  
consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi  
tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus  
rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor  
gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem  
vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis  
ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu,  
accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

#### 4.2 Titre

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat  
ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget,  
consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi  
tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus  
rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor  
gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem  
vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis  
ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu,  
accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

### 175 4.3 Titre

176 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat  
177 ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget,  
178 consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi  
179 tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus  
180 rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor  
181 gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem  
182 vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis  
183 ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu,  
184 accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.



## ANNEXE A

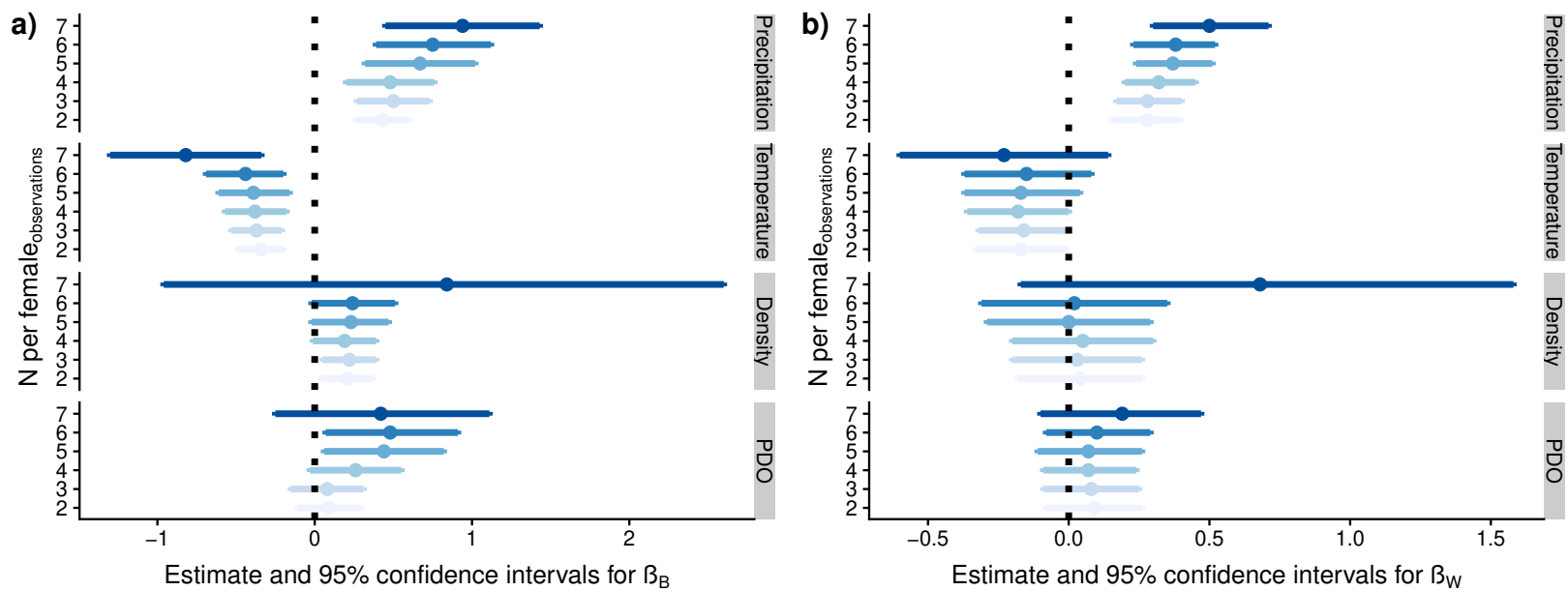
### Titre de l'article

*Journal* (Année), Volume (Issue) : pages.

Auteurs

#### A.1 Titre

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.



**Figure A.1 Titre de figure**

Mean-centering was applied as suggested by Siepielski et al. (2017)

## A.2 References

Siepielski AM, Morrissey MB, Buoro M, Carlson SM, Caruso CM, Clegg SM, Coulson T, DiBattista J, Gotanda KM, Francis CD, Hereford J, Kingsolver JG, Augustine KE, Kruuk LEB, Martin RA, Sheldon BC, Sletvold N, Svensson EI, Wade MJ, MacColl ADC (2017) Precipitation drives global variation in natural selection. *Science* 355(6328) :959–962, doi:10.1126/science.aag2773

## ANNEXE B

### Titre de l'article

*Journal* (Année), Volume (Issue) : pages.

Auteurs

#### B.1 Titre

##### B.1.1 Titre

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

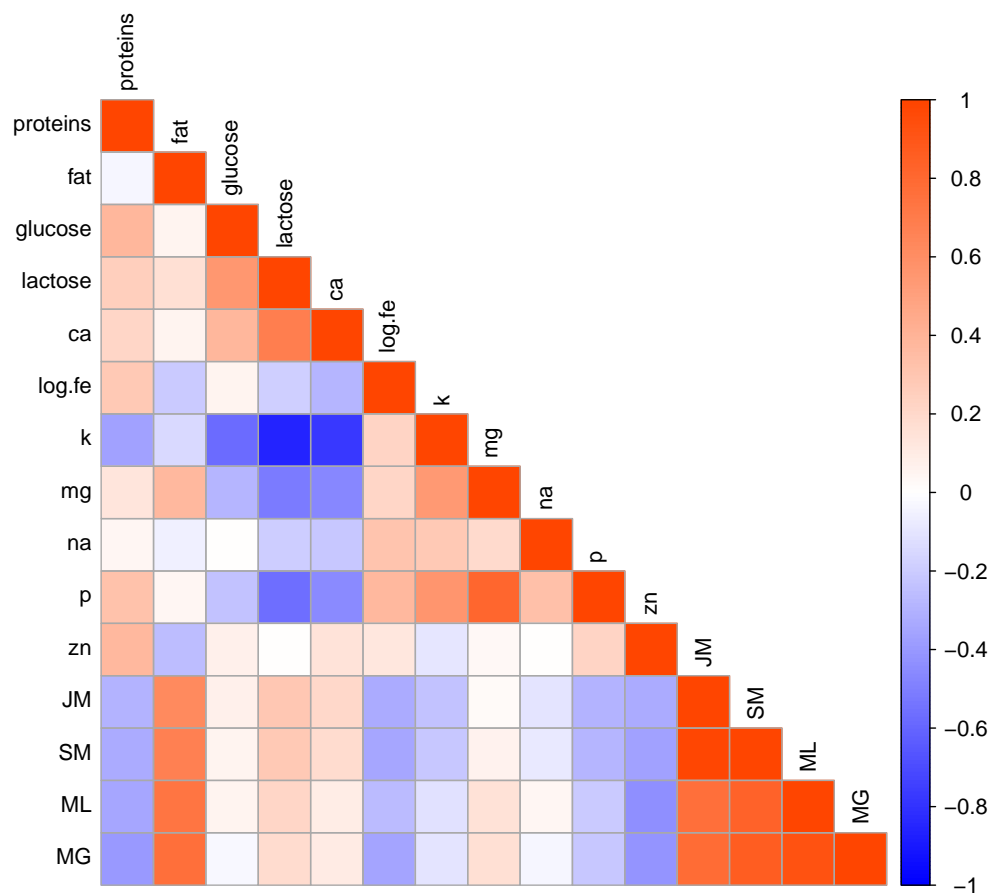
We followed the procedure described by Siepielski et al. (2017) as follow

$$\lambda_{kj} \sim N(0, \phi_{kj}^{-1} \tau_k^{-1}) \quad (\text{B.1})$$

$$\text{where } \phi_{kj}^{-1} \sim \Gamma(2, 1) \quad (\text{B.2})$$

$$\text{and } \tau_k = \prod_{l=1}^k \sim \Gamma(3, 1) \quad (\text{B.3})$$

In these prior definition,  $\lambda$  refers to the parameters of the latent variables, where  $\tau_k^{-1}$



**Figure B.1** Titre de figure  
Légende de figure

## 219 **B.2 References**

220 Siepielski AM, Morrissey MB, Buoro M, Carlson SM, Caruso CM, Clegg SM, Coulson T, DiBattista  
221 J, Gotanda KM, Francis CD, Hereford J, Kingsolver JG, Augustine KE, Kruuk LEB, Martin RA,  
222 Sheldon BC, Sletvold N, Svensson EI, Wade MJ, MacColl ADC (2017) Precipitation drives global  
223 variation in natural selection. *Science* 355(6328) :959–962, doi:10.1126/science.aag2773

**BIBLIOGRAPHIE**

- 225 Lang, S. L. C., Iverson, S. J., Bowen, W. D. (2009). Repeatability in lactation performance and the  
226 consequences for maternal reproductive success in gray seals. *Ecology* 90, 2513–2523.
- 227 Ovaskainen, O., Tikhonov, G., Norberg, A., Blanchet, F., Duan, L., Dunson, D., Roslin, T., Abrego,  
228 N. (2017). How to make more out of community data ? A conceptual framework and its implemen-  
229 tation as models and software. *Ecol. Lett.* 20, 561–576.





