

La biodiversité des collemboles et les débris ligneux après-coupe

Madeleine Chagnon, David Paré et Suzanne Brais

Introduction

Les collemboles sont de petits insectes dont la taille varie entre 100 µm à 2 mm. Ils consomment principalement des champignons, des spores et de la matière organique en décomposition et on les trouve en très grande quantité dans la litière et les sols des écosystèmes forestiers. Avec les autres organismes de la pédofaune (ex. acariens, enchytraïdes ...), les collemboles participent au maintien de l'équilibre nutritionnel des sols par la décomposition et le recyclage des nutriments (Hanlon, 1981; Anderson, 1988). Des études récentes menées dans des érablières du Québec ont démontré une relation entre la dominance d'espèces indicatrices et certaines propriétés du sol qui étaient associées à la qualité et la teneur en matière organique, incluant le pH, le carbone, l'azote et le ratio C/N (Chagnon *et al.*, 2000ab). En 1998, afin de poursuivre ces études sur l'utilisation des collemboles comme bioindicateurs et d'étendre nos connaissances sur ces organismes à des écosystèmes plus nordiques, nous avons entrepris des études en des lieux forestiers situés en forêt boréale.

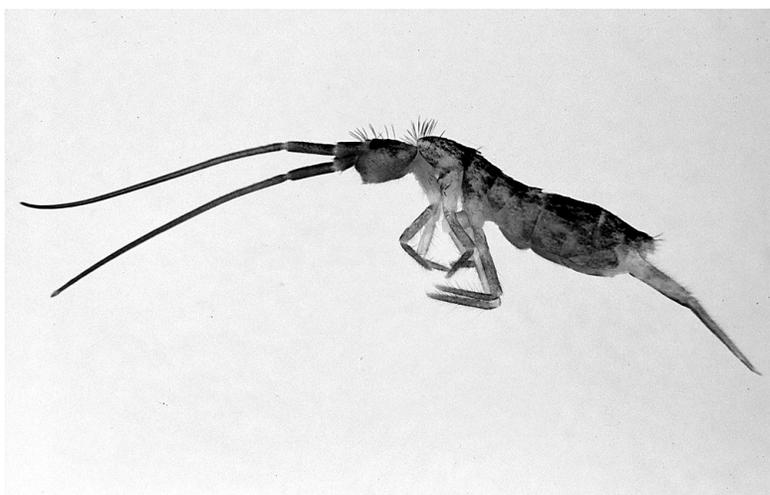
Les débris ligneux

Les débris ligneux constituent une composante importante des sols forestiers à cause de leur rôle dans les processus d'immobilisation et de minéralisation des éléments nutritifs influençant la fertilité des sols. Présentement, le traitement sylvicole le plus fréquent en forêt boréale est la coupe avec protection de la régénération et des sols (CPRS), qui est une coupe totale avec sentiers espacés. Ces coupes laissent au sol des résidus ligneux qui peuvent varier en qualité et en quantité. Afin de vérifier si les collemboles pouvaient servir de bioindicateurs de la qualité de gestion des débris ligneux, ces insectes ont été échantillonnés dans le cadre de deux études où l'on examine les impacts des débris ligneux sur les écosystèmes forestiers.

Méthodologie

Étude rétrospective : La décomposition des débris ligneux

La mécanisation des activités forestières a entraîné des pratiques qui favorisent l'ébranchage à la souche, gar-



Isotoma notabilis (18X, 0.59 mm)

CAROLE GERMAN / SCT AU QUÉBEC

dant ainsi les résidus de coupe (matériel ligneux, branches et feuillage) sur le parterre de coupe, et d'autres pratiques, comme la coupe par arbres entiers, qui favorisent l'ébranchage au chemin, exportant des quantités importantes de résidus hors du site. L'objectif de cette première étude, réalisée dans les forêts d'épinette noire et de pin gris de la Haute-Mauricie était d'établir comment la dynamique des éléments nutritifs et l'immobilisation du carbone étaient modifiées par ces deux types d'exploitation forestière. On voulait également identifier les occasions d'améliorer ces paramètres, grâce à l'aménagement forestier.

Vingt peuplements forestiers ayant subi des coupes ont été échantillonnés pour les collemboles. Dix d'entre eux avaient été coupés à la fin des années 1970 (coupes de 20 ans) et dix autres au milieu des années 1990 (coupes de trois ans). Parmi chacun des deux groupes, cinq avait subi des coupes par arbres entiers et cinq autres avaient été récoltés par des méthodes qui permettaient l'ébranchage à la souche.

Madeleine Chagnon, entomologiste et stagiaire post-doctorale à l'Université du Québec en Abitibi – Témiscamingue;
Suzanne Brais, biologiste, chercheur en écologie des sols;
David Paré, ingénieur forestier, chercheur en écologie des sols.

Étude prospective : Le traitement des débris ligneux

Cette seconde étude sur les collemboles de la forêt boréale a été effectuée en Abitibi, dans la Forêt d'enseignement et de recherche du lac Duparquet (FERLD), à l'intérieur du dispositif du projet SAFE (Sylviculture et aménagement forestier écosystémique). L'échantillonnage a eu lieu à l'intérieur d'un dispositif mis en place en 1998 pour étudier l'écologie de la décomposition. Des coupes totales de peuplier faux-tremble ont été effectuées au cours de l'été 1999 et différents traitements ont été appliqués à l'intérieur de ces coupes. Ces traitements étaient l'ébranchage à la souche, la transformation en copeaux, le brûlage dirigé et la récolte de l'arbre entier.

L'objectif de nos travaux était de vérifier le potentiel des collemboles comme bioindicateurs de l'impact de la gestion des débris ligneux, après-coupe, sur les processus écologiques du sol. Dans chacun des trois blocs expérimentaux, les collemboles ont été échantillonnés dans des sites ayant reçu un des quatre traitements et dans un site témoin, sans coupe. Dans chacun des blocs, les quatre sites expérimentaux et le site témoin, sans coupe, ont été échantillonnés, pour un total de 15 parcelles.



Tomocerus flavescens (2.7X, 4.5mm)

Échantillonnage des collemboles

L'échantillonnage des collemboles a été sensiblement le même pour les deux études. Une attention spéciale fut apportée aux espèces de collemboles endogés vivant dans les couches plus profondes du sol, car ils sont sensibles aux changements de certaines propriétés du sol (Chagnon *et al.*, 2001). Pour récolter ces espèces, cinq carottes ont été extraites à chacun des sites expérimentaux. Ces carottes pouvaient varier d'épaisseur, selon la profondeur des horizons organiques. Les carottes de sol récoltées pour l'étude rétrospective ont été divisées horizontalement pour séparer les couches superficielles (LF) de la couche plus profonde (H). Les échantillons de sol ont été placés dans des sacs Ziploc® et rapportés au laboratoire dans un contenant isolé, puis gardés au froid (1 à 5 °C) jusqu'à l'extraction des organismes.

Une fois au laboratoire, les collemboles ont été extraits du sol à l'aide d'un extracteur à gradient thermique de type Berlese-Tullgren et préservés dans l'éthanol 70 %. Les espèces épigées ont été récoltées à l'aide de pièges-fosses de neuf centimètres de diamètre contenant 100 ml d'éthanol à 70 %, qui ont été laissés en place pendant 60 heures. Les spécimens récoltés dans les pièges et les carottes de sol ont été triés sous loupe binoculaire et identifiés à l'espèce.

Résultats et discussion

Les collemboles endogés de la forêt boréale

En tout, 12 874 spécimens de collemboles endogés ont été extraits des carottes de sol récoltées dans les sites de l'Abitibi et de la Haute-Mauricie. Des 64 espèces endogées identifiées (tableau 1), seulement 26 avaient été trouvées dans les sols des érablières lors d'une étude précédente portant sur les forêts du sud du Québec (Chagnon *et al.*, 2000a). Le coefficient de similarité des communautés de Jaccard, entre les espèces de la forêt boréale et celles des érablières du sud du Québec, était de 0,35. Ceci dénote que le sol de la forêt boréale possède une faune de collemboles qui lui est propre. Quoique plusieurs des espèces trouvées en forêt boréale étaient représentées par un faible nombre de spécimens, et souvent à de rares occasions, d'autres dominaient dans plusieurs des sites. Ces espèces sont *Hypogastrura (Ceratophysella) cx denticulata*, *Anurophorus (A.) altus*, *Willemia denisi* et *Friesea sublimis*. En plus de ces espèces exclusives à la forêt boréale, d'autres espèces, qui avaient été trouvées en faible nombre dans les érablières, ont pris une plus grande importance en dominance et en fréquence dans la forêt boréale. C'était le cas, par exemple, pour *Folsomia nivalis*, *Lepidocyrtus lignorum*, et *Isotoma (Desoria) ekmani*.

La décomposition des résidus ligneux

Dans le cadre de l'étude réalisée en Haute-Mauricie, 52 espèces de collemboles endogés ont été identifiées. Dans les coupes de 20 ans, aucune différence significative (test de *t* apparié) dans la dominance des communautés n'a été trouvée entre les sites qui avaient subi une coupe par arbres entiers et ceux qui avaient été récoltés par des méthodes qui permettaient l'ébranchage à la souche. Cependant, la dominance dans les communautés des horizons profonds du sol et celles des horizons supérieurs différait significativement ($P > 0,001$), peu importe la méthode de coupe utilisée dans le passé. L'espèce dominante dans les horizons supérieurs était *Isotoma ekmani*, alors que *Hypogastrura (C.) denticulata* dominait dans les horizons profonds.

D'autre part, dans les jeunes coupes, une différence significative ($P > 0,001$) fut notée dans la dominance des espèces selon les méthodes de coupe utilisées dans le passé. Ceci ressortait particulièrement dans les communautés de collemboles des horizons profonds où *Hypogastrura (C.) denticulata* dominait à 20 % dans les sites récoltés par des méthodes avec ébranchage à la souche. Dans ces sites, la

Tableau 1. Liste des espèces endogées trouvées dans les sites échantillonnés

Hypogastruridae	Isotomidae
<i>Hypogastrura (Ceratoophysella) cx denticulata</i> sp	<i>Anurophorus (A.) altus</i> Christiansen & Bellinger, 1980
<i>Hypogastrura (Ceratoophysella) glancei</i> (Hammer, 1953)	<i>Anurophorus (A.)</i> sp A Qué
<i>Hypogastrura (Ceratoophysella) pseudarmata</i> (F, 1916)	<i>Anurophorus (P.) binocolatus</i> (Kseneman, 1934)
<i>Hypogastrura (Ceratoophysella)</i> sp C Qué	<i>Proisotoma (Appendisoma) vesiculata</i> Folsom, 1937
<i>Hypogastrura (Hypogastrura) tooliki</i> Fjellberg, 1985	<i>Proisotoma (Proisotoma) minima</i> (Absolon, 1901)
<i>Triacanthella</i> sp A Qué	<i>Metisotoma grandiceps</i> (Reuter, 1891)
<i>Xenylla betulae</i> Fjellberg, 1985	<i>Micrisotoma achromata</i> Bellinger, 1952
<i>Willemia anophthalma</i> Börner, 1901	<i>Isotomiella minor</i> Schäffer, 1896
<i>Willemia denisi</i> Mills, 1932	<i>Cryptopygus</i> sp A Qué
<i>Odontella (Xenyllodes) armatus</i> (Axelson, 1903)	<i>Isotoma (Desoria) ekmani</i> Fjellberg, 1977
<i>Friesea millsii</i> Christiansen & Bellinger, 1974	<i>Isotoma (Desoria) manitobae</i> Fjellberg, 1978
<i>Friesea sublimis</i> Macnamara, 1921	<i>Isotoma (Desoria) notabilis</i> Schäffer, 1896
<i>Pseudachorutes (P.) aureofasciatus</i> (Harvey, 1898)	<i>Isotoma (Desoria)</i> sp A Qué
<i>Pseudachorutes (P.) cf subcrassoides</i> Mills, 1934	<i>Isotoma (Desoria)</i> sp B Qué
<i>Pseudachorutes (P.) saxatilis</i> Macnamara, 1920	<i>Isotoma (Desoria)</i> sp C Qué
<i>Pseudachorutes (P.)</i> sp B Qué	<i>Isotoma (Desoria)</i> sp D Qué
<i>Anurida (Anurida) granaria</i> (Nicolet, 1847)	<i>Isotoma (Desoria) tariva</i> Wray, 1953
<i>Anurida (Micranurida) pygmaea</i> (Börner, 1901)	<i>Isotoma (Isotoma) gr viridis</i> sp A Qué
<i>Anurida (Micranurida) spirillifera</i> (Hammer, 1953)	
<i>Sensillanura</i> cf sp A Qué	Tomoceridae
Onychiuridae	<i>Tomocerus (Pogonognathellus) flavescens</i> Tull., 1871
<i>Onychiurus (Archaphorura) absoloni</i> (Börner, 1901)	<i>Tomocerus (Tomocerina) lamelliferus</i> Mills, 1934
<i>Onychiurus (Onychiurus)</i> sp A Qué	Entomobryidae
<i>Onychiurus (Onychiurus)</i> sp C Qué	<i>Orchesella hexfasciata</i> Harvey, 1895
<i>Onychiurus (Protaphorura) ?parvicornis</i> Mills, 1934	<i>Entomobrya (Entomobrya) comparata</i> Folsom, 1919
<i>Onychiurus (Protaphorura) cx armata</i> sp	<i>Lepidocyrtus helenae</i> Snider, 1967
<i>Onychiurus (Protaphorura) similis</i> Folsom, 1917	<i>Lepidocyrtus lignorum</i> (Fabricius, 1775)
<i>Onychiurus (Protaphorura) subtenuis</i> Folsom, 1917	<i>Lepidocyrtus gr pallidus</i> Reuter, 1892
<i>Tullbergia (Tullbergia) clavata</i> Mills, 1934	<i>Lepidocyrtus paradoxus</i> Uzel, 1891
<i>Tullbergia (Tullbergia) mala</i> Christiansen & Bellinger, 1980	Sminthuridae
<i>Tullbergia (Tullbergia) silvicola</i> Folsom, 1932	<i>Arrhopalites benitus</i> (Folsom, 1896)
<i>Tullbergia (Tullbergia) yosii</i> Rusek, 1967	<i>Arrhopalites cf amarus</i> Christiansen, 1966
<i>Folsomia nivalis</i> (Packard, 1876)	<i>Arrhopalites marshalli</i> Christiansen & Bellinger, 1996
<i>Folsomia penicula</i> Bagnall, 1939	Neelidae
<i>Folsomia sensibilis</i> Kseneman, 1934	<i>Neelus (Megalothorax) minimus</i> (Willem, 1900)

dominance de *Folsomia penicula* n'était que de 21 % alors qu'elle était de 40 % dans les communautés de tous les autres sites. Chagnon *et al.*, (2000b) avaient décelé une affinité pour les sols acides chez cette espèce. Ceci était en accord avec les analyses chimiques du sol qui indiquaient que le pH et le calcium étaient plus élevés dans les coupes de trois ans, récoltées par des méthodes qui permettaient l'ébranchage à la souche (Bélanger et Paré, 2001). Ces résultats semblent indiquer qu'après 20 ans, les sols des forêts traités différemment finissent par se ressembler, même si au départ ils ont été évalués différemment.

Les traitements des débris ligneux

Dans le dispositif de la Forêt de recherche et d'enseignement du lac Duparquet (FERLD), 49 espèces endogées ont été extraites des carottes de sol. *Anurophorus (A.) altus* et

Folsomia nivalis dominaient dans ces sites. L'impact à court terme (impact choc) des traitements a été le plus apparent dans les communautés des collemboles récoltés dans les sites où les débris ligneux avaient été traités par brûlage dirigé. Cet impact négatif s'est reflété par une réduction de l'abondance des spécimens, accompagnée d'une baisse de la richesse et de la diversité des espèces. Quant aux trois autres traitements des débris ligneux, les données présentement disponibles ne nous permettent pas, pour l'instant, de constater un changement physico-chimique dans le sol et ses effets subséquents sur les communautés de collemboles. Les résultats des échantillons récoltés durant l'été 2000 nous permettront peut-être, d'ici peu, de constater s'il y a des impacts. Un suivi de ces communautés nous apportera des renseignements scientifiques complémentaires aux analyses de sol, lesquelles pour-



DAVID PARÉ - RESS. NAT. CANADA

Débris ligneux laissés au sol après une coupe forestière.

ront être prises en considération pour évaluer et comparer les impacts de la gestion des débris ligneux sur la productivité à long terme.

Conclusion

Ce bref aperçu de nos résultats illustre comment des changements dans les communautés de collemboles peuvent refléter des variations dans les propriétés physico-chimiques du sol. Ceci fait ressortir l'importance de maintenir la biodiversité des espèces dans ces écosystèmes, car chacune d'elles joue un rôle particulier selon les conditions qui prévalent et selon les différents stades de la décomposition des débris ligneux. L'affinité et la tolérance différentielle des espèces pour différentes conditions qui prévalent dans le sol dénotent que ces communautés édaphiques sont utiles pour détecter des changements dans ces écosystèmes forestiers et entériner les résultats d'analyses chimiques complémentaires. Nous démontrons également par nos données que la forêt boréale possède une faune de collemboles qui lui est propre. En effet, 13 collemboles trouvés dans nos sites sont de nouvelles espèces qui n'ont pas encore été décrites. Il reste donc encore beaucoup de travail à faire avant de bien connaître la diversité biologique des collemboles et des autres organismes présents dans les sols de la forêt boréale et pour comprendre adéquatement leurs rôles dans ces écosystèmes.

Remerciements

Le financement de ce projet provient du programme des projets stratégiques du Conseil de recherche en sciences et en génie du Canada (CRSNG), de la Chaire industrielle-UQAM-UQAT en aménagement forestier durable et des Fonds institutionnels de la recherche (FIR) de l'UQAT. Nous tenons à remercier Fernand Therrien pour son excellent travail de taxinomie des collemboles, Hélène Leblanc pour le tri des échantillons ainsi que Benoît Hamel pour son assistance sur le terrain. ◀

Références

- ANDERSON, J.M. 1988. Invertebrate-mediated transport processes in soils. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 24 : 5-19.
- BÉLANGER, N. and D. PARÉ, 2001. Soil acid-base status in harvested black spruce sites with various intensities of slash removal. *Applied Soil Ecology* (soumis).
- CHAGNON, M., HÉBERT, C. and D. PARÉ, 2000a. Collembola in sugar maple stands of southern Quebec. Community structures, relations to humus type and population trends. *Pedobiologia*, 44 : 148-174.
- CHAGNON, M., C. HÉBERT, and D. PARÉ, 2000b. Collembola of southern Quebec in sugar maple stands and relationships with soil chemistry and microbial biomass. *Écosciences*, 7 : 307-316.
- CHAGNON, M., C. HÉBERT, and D. PARÉ, 2001. Effects of experimental liming on collembolan communities and soil microbial biomass in a Southern Quebec sugar maple (*Acer Saccharum* Marsh.) stand. *Applied Soil Ecology*, 17 : 81-90.
- HANLON, R.D.G. 1981. Influence of grazing by collembola on the activity of senescent fungal colonies grown on media of different nutrient concentration. *Okios*, 36 :362-376.