

# le naturaliste canadien

LA SOCIÉTÉ PROVANCHER  
D'HISTOIRE NATURELLE  
DU CANADA

Revue de diffusion des connaissances en sciences naturelles et en environnement

Tiré à part

## **La salamandre cendrée : remise en question de son statut d'espèce indicatrice d'acidité du sol**

*Jean-David Moore et Richard L. Wyman*

Volume 134, numéro 2 – Été 2010

Page 65-71



# La salamandre cendrée : remise en question de son statut d'espèce indicatrice d'acidité du sol

Jean-David Moore et Richard L. Wyman

## Résumé

La salamandre cendrée, reconnue comme l'un des vertébrés les plus abondants de son aire de répartition, est un amphibien souvent utilisé comme espèce indicatrice de perturbations des écosystèmes forestiers. Ce rôle est justifié, en partie, par des études qui montrent sa vulnérabilité aux modifications de l'habitat, notamment une hausse de l'acidité du sol. Comme la salamandre cendrée avait été observée dans une érablière au sol très acide (pH ~ 3,7) de la région de Portneuf (Duchesnay), sa présence et certaines de ses caractéristiques morphologiques y ont été étudiées au cours d'une période de cinq ans. Les valeurs élevées (poids, longueur, fréquence de capture) mesurées à Duchesnay contredisent plusieurs études qui rapportent une influence négative de l'acidité du sol sur la présence et la santé de cette espèce. Notre étude montre qu'une population de salamandres cendrées vigoureuses peut habiter un milieu forestier très acide et remet en question son statut d'espèce indicatrice de l'acidité du sol en milieu forestier.

## Introduction

Des études récentes ont démontré que les populations d'amphibiens étaient en déclin à l'échelle mondiale (Stuart et collab., 2004; Blaustein et Bancroft, 2007). Ce déclin serait vraisemblablement attribuable à l'altération de leur habitat par l'activité humaine. Au cours des dernières décennies, les précipitations acides ont préoccupé plusieurs scientifiques et le public en général compte tenu de leurs effets sur les écosystèmes aquatiques et terrestres (Driscoll et collab., 2001). Parmi ces effets, l'acidification du sol et de l'eau (Johnson et collab., 1994; Driscoll et collab., 2001) est un phénomène qui peut réduire le succès de reproduction et l'abondance de certaines espèces de salamandres (Pough, 1976; Pough et Wilson, 1977).

Dans les forêts du sud du Québec et du nord-est de l'Amérique du Nord, la salamandre cendrée (*Plethodon cinereus*; figure 1) est l'une des salamandres les plus abondantes (Burton et Likens, 1975; Bider et Matte, 1994; Conant et Collins, 1998; Desroches et Rodrigue, 2004). Dans certains écosystèmes forestiers, la biomasse de cette salamandre peut être deux fois plus élevée que celle des oiseaux et égale à celle des petits mammifères (Burton et Likens, 1975). La salamandre cendrée joue un rôle important au sein de la chaîne alimentaire et du cycle des éléments nutritifs en s'alimentant d'invertébrés de petite taille souvent inaccessibles aux prédateurs plus gros (Burton et Likens, 1975; Wyman, 1998). Cette salamandre semble sensible à l'acidité. En effet, des études montrent qu'elle est habituellement absente ou rarement observée dans les sols forestiers dont le pH est inférieur à 3,8 (Wyman et Hawksley-Lescault, 1987; Wyman, 1988; Wyman et Jancola, 1992; Sugalski et Claussen, 1997). En laboratoire, une forte acidité (pH < 4) était souvent fatale à la salamandre cendrée (Wyman et Hawksley-Lescault, 1987). Ces expériences ont aussi révélé que la croissance des salamandres



JEAN-DAVID MOORE

Figure 1. La salamandre cendrée est un animal à sang froid dont la peau perméable sert également de poumon, ce qui la rend particulièrement sensible aux modifications de son habitat.

cendrées était de 45 à 60 % moindre lorsque celles-ci étaient exposées à des pH de 3 et 4, respectivement. Ces résultats montrent qu'une forte acidité réduit la vitalité des salamandres cendrées et compromet éventuellement leur survie, en particulier dans les écosystèmes forestiers dont les sols sont

Jean-David Moore est ingénieur forestier et chercheur scientifique à la Direction de la recherche forestière du ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec.

jean-david.moore@mrnf.gouv.qc.ca

Richard L. Wyman est biologiste et chercheur scientifique à la Edmund Niles Huyck Preserve and Biological Research Station, New York.

rlwyman@logical.net

acides et dont la capacité-tampon à l'acidité des précipitations est faible (Petranka, 1998).

Par ailleurs, comme la salamandre cendrée peut être affectée par les perturbations anthropiques, telles les coupes forestières (deMaynadier et Hunter, 1995; Moore et collab., 2002; Morneault et collab., 2004), celle-ci, de même que d'autres espèces de la famille des Plethodontidae, sont souvent utilisées comme espèces indicatrices lors du « monitoring » des écosystèmes forestiers (Welsh et Droegge, 2001; Environnement Canada, 2005). Par conséquent, il apparaît important que l'on s'attarde aux facteurs qui peuvent influencer l'abondance et la vitalité de telles espèces.

À la station forestière de Duchesnay, la présence de la salamandre cendrée a souvent été notée lors de travaux de recherche quoique les sols de ce territoire soient très acides (pH à la surface du sol : 2,8-3,7; pH du sol minéral de surface : 3,8-4,1). De plus, l'abondance de cette salamandre y serait relativement élevée (Moore, 2005). Contrairement à ce que l'on croyait, cette dernière étude laisse croire que la salamandre cendrée pourrait survivre dans un environnement forestier fortement acide.

Afin de confirmer cette hypothèse, l'abondance relative ainsi que le poids et la longueur de la salamandre cendrée ont été étudiés en lien avec le pH du sol de l'écosystème de Duchesnay. De plus, le poids et la longueur des salamandres de Duchesnay ont été comparés aux mesures provenant d'autres études réalisées sur cette espèce dans le nord-est de l'Amérique du Nord (Moore et Wyman, 2010).

### Aires d'étude et méthode

L'étude a été réalisée dans une érablière à bouleau jaune (*Betula alleghaniensis*) et hêtre (*Fagus grandifolia*) du bassin versant du lac Clair (Station forestière de Duchesnay, Portneuf), à environ 50 km au nord-ouest de la ville de Québec. Des rondelles provenant de billes d'érable à sucre (*Acer saccharum*; figure 2), l'essence dominante de l'aire d'étude, ont été utilisées pour recenser la population de sala-



Figure 2. Préparation des rondelles à partir de billes d'érable à sucre.

mandres cendrées. Pour ce faire, un érable à sucre de 42 cm de diamètre à hauteur de poitrine a été coupé en août 2001. Une tronçonneuse a été utilisée pour couper 104 rondelles de 4 cm d'épaisseur. Les rondelles avaient un diamètre qui variait de 36 à 42 cm et une surface de 900 à 1 400 cm<sup>2</sup>. Ces rondelles ont été disposées le long de 13 transects préalablement établis autour du lac et perpendiculaires à la pente, en septembre 2001. Les transects avaient généralement 200 m de longueur et les rondelles furent placées à 0, 5, 10, 20, 40, 60, 100, 150, 200 m à partir du bord du lac. Les rondelles ont pu être transportées et installées facilement compte tenu de leur dimension relativement petite. Les rondelles ont été échantillonnées lors de jours sans pluie, 4 à 5 fois par année, de mai à octobre, de 2002 à 2006 (figure 3). La longueur (museau-cloaque ou totale) des salamandres a été mesurée, sur le terrain, au 0,1 mm près avec un pied à coulisse électronique et le poids pesé au 0,1 g près à l'aide d'une balance à ressort de type Pesola® (10 g). Pour mesurer la longueur, les salamandres ont été manipulées à l'aide d'un sac de plastique préalablement humecté avec l'eau du lac. Après la prise de mesures, les salamandres ont immédiatement été relâchées en bordure de la rondelle où elles avaient été capturées. Des échantillons du sol de surface ont été prélevés en dessous des rondelles en 2005. Le pH<sub>eau</sub> du sol a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre Metrohm (modèle 826).



Figure 3. Échantillonnage sous les rondelles d'érable à sucre.

### Résultats et discussion

#### Fréquence d'observation

Au cours des cinq années d'échantillonnage, 565 salamandres cendrées, 53 salamandres à deux lignes (*Eurycea bislineata*) et 3 jeunes tritons verts (*Notophthalmus viridescens*) ont été observés en dessous des rondelles d'érable à sucre (n = 1949), soit un total de 621 salamandres. Deux, trois et même quatre salamandres cendrées ont pu être observées simultanément en dessous de la même rondelle. De plus, la présence occasionnelle de masse d'œufs de salamandre cendrée confirme que les rondelles peuvent être utilisées par cette espèce comme milieu de reproduction (figures 4, 5).



Figure 4. Ci-haut, une masse d'œufs à maturité sous une rondelle d'érable à sucre.



Figure 5. Ci-contre, une salamandre cendrée femelle et ses œufs.

Notre étude était la première à utiliser systématiquement des rondelles d'érable à sucre comme matériau pour capturer des salamandres, en présumant que l'emploi d'une essence abondante sur place serait une technique efficace pour observer la salamandre cendrée. Notre choix s'est avéré judicieux puisque la fréquence d'observation des salamandres en dessous des rondelles atteignait 32 % pour l'ensemble des salamandres et 29 % pour les salamandres cendrées. Ces

fréquences représentent les valeurs les plus élevées mentionnées dans la littérature scientifique (tableau 1; Moore, 2005). Outre l'abondance des salamandres, l'une des explications possibles du taux élevé d'observation des salamandres cendrées à Duchesnay serait les conditions météorologiques qui prévalaient juste avant et pendant la période d'échantillonnage. En effet, les observations ont été effectuées, la plupart du temps, au cours de périodes sans pluie (aucune pluie la journée même et au moins une ou deux journées avant les observations), obligeant probablement les salamandres à se réfugier sous les rondelles d'érable afin d'échapper aux conditions plus sèches. Semblable phénomène a déjà été observé lors d'une étude réalisée par Jaeger (1980) en Virginie, au cours de laquelle il avait remarqué

Tableau 1. Études sur l'utilisation des panneaux de bois pour la surveillance des salamandres de type *Plethodontidae* (sans poumon) en Amérique du Nord.

Auteurs	Aire d'étude et type de peuplement	Type de panneau	Longueur x largeur x hauteur (cm)	Espèce dominante ou étudiée	Fréquence d'observation moyenne de l'espèce la plus abondante sous des panneaux de bois* (%)
Bonin et Bachand, 1997	Québec, Canada Feuillu	Particules	30 x 30 x 1	<i>Plethodon cinereus</i> <i>Eurycea bislineata</i>	11,0
DeGraaf et Yamasaki, 1992	New Hampshire Feuillu	Pin	100 x 20 x 2	<i>Plethodon cinereus</i>	10,0
DeGraaf et Yamasaki, 2002	New Hampshire Feuillu	Pruche	200 x 25 x 2,5	<i>Plethodon cinereus</i>	16,9
Davis, 1997	Vancouver, Canada Coniférien	Cèdre (non traité)	non spécifié	<i>Plethodon vehiculum</i>	n. d.
Grant et collab., 1992	Caroline du Sud Divers	Particules	133 x 66 x 2	<i>Plethodon glutinosus</i> <i>Eurycea quadridigitata</i>	7,0
Harpole et Haas, 1999	Virginie Feuillu	Tulipier (surface non aplanie)	60 x 30 x 5	<i>Plethodon cinereus</i>	16,8
Mathis, 1990	Virginie Mixte	Pin	23 x 24 x 2 11 x 11 x 2	<i>Plethodon cinereus</i>	n. d.
Monti et collab., 2000	Maine Coniférien	Cèdre	25 x 10 x 2	<i>Plethodon cinereus</i>	2,4
Ryan et collab., 2002	Caroline du Sud Divers	Particules	120 x 60 x 1,3	Non spécifié	n. d.
Stewart et Bellis 1970	Pennsylvanie Divers	Pin	23 x 19 x 2	<i>Desmognathus f. fuscus</i>	4,2
Sugar et collab., 2001	Ontario, Canada Divers	Épinette, pin, sapin	non spécifié	<i>Plethodon cinereus</i>	n. d.
Taub, 1961	New Jersey Feuillu	Pin	30 x 25 x 3	<i>Plethodon cinereus</i>	n. d.
Moore, 2005	Québec, Canada Feuillu	Érable à sucre	Variable (rondelle de bois)	<i>Plethodon cinereus</i>	27,0

Note : n. d. = non disponible

\* Estimation faite à partir des données de l'étude. Les données proviennent de peuplements à maturité.

que le nombre de salamandres cendrées augmentait, sous les débris ligneux, lors de périodes sans pluie alors qu'au même moment, ce nombre diminuait dans la litière avoisinante. L'échantillonnage des salamandres cendrées devrait donc avoir lieu au cours d'épisodes sans pluie, si l'on veut maximiser la performance des planches de bois et par conséquent, la fréquence d'observation.

### Fréquence d'observation et pH du sol

Le pH du sol sous les rondelles de bois en 2005 variait de 3,1 à 5,2 (moyenne de 3,7; figure 6). Des salamandres étaient présentes à tous ces pH. Plus précisément, 82 % de celles-ci ont été observées sous des rondelles dont le pH du sol était  $\leq 3,8$ , 75 % à un pH  $\leq 3,7$  et 56 % à un pH  $\leq 3,5$  (figure 6). Aucune relation n'a toutefois été établie entre le taux d'observation et le pH du sol. Ce résultat est surprenant puisque plusieurs études réalisées dans le nord-est de l'Amérique du Nord démontrent l'influence négative de l'acidité du sol sur la présence des salamandres cendrées (Wyman et Hawksley-Lescault, 1987 : pH de 2,7 à 5,8; Wyman, 1988 : pH de 3,8 à 6,5; Wyman et Jancola, 1992 : pH de 2,5 à 7,5). À titre de comparaison, seulement 9 % des salamandres cendrées, dans une forêt de pruches (*Tsuga canadensis*) et d'érables à sucre

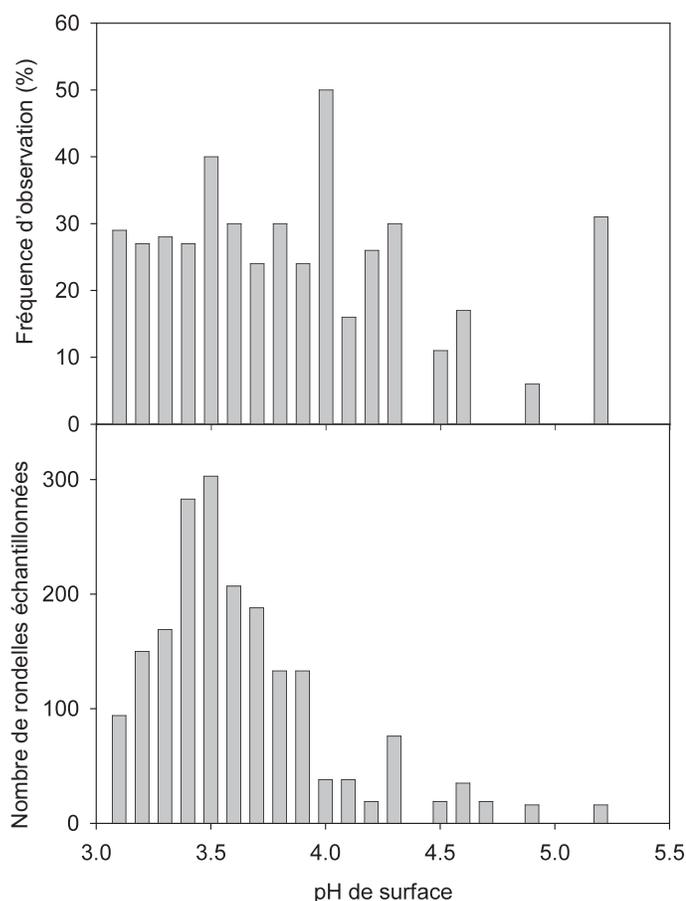


Figure 6. Fréquence d'observation moyenne de la salamandres à dos rouge en dessous des rondelles de bois, du printemps 2002 à l'automne 2006, et nombre de rondelles selon le pH de surface mesuré en dessous des rondelles.

de la région de New York, ont été observées en présence de sol dont le pH était  $\leq 3,7$  (Wyman et Hawksley-Lescault, 1987). De plus, contrairement à notre étude (figure 7), aucune jeune salamandre n'a été observée en dessous de ce pH.

La présence d'œufs et de jeunes salamandres cendrées sous les rondelles de bois à Duchesnay confirme la reproduction locale de l'espèce, ce qui renforce la notion de tolérance de cette salamandre aux conditions acides du substrat.



Figure 7. Des salamandres cendrées de l'année (~40) et juvéniles (~70) ont été aperçues sous les rondelles d'érable au cours de notre étude.

### La longueur et le poids des salamandres

La longueur et le poids moyens des salamandres cendrées de cet écosystème étaient comparables aux plus fortes valeurs consignées ailleurs dans le nord-est de l'Amérique du Nord (tableau 2). Aussi, les valeurs maximales de longueur (53,3 mm) et de poids (1,9 g) observées à Duchesnay sont plus élevées que la plupart de celles rapportées par d'autres études sur la salamandre cendrée (Moore et Wyman, 2010). À notre connaissance, seuls Leclair et collab. (2006) ont observé une longueur plus élevée (55 mm). Comme le pH du sol à Duchesnay est beaucoup plus acide que ce que la littérature rapporte comme souhaitable pour cette espèce, les fortes valeurs de longueur et de poids observées pour la salamandre cendrée de Duchesnay sont inattendues. Ces résultats montrent que les salamandres de cette région sont vigoureuses. Aucune relation n'a toutefois été établie entre la longueur ou le poids des salamandres et le pH du sol (figure 8;  $r^2 \leq 0,0005$ ,  $p \geq 0,592$ ).

### Comment expliquer la présence de cette salamandre dans cet habitat ?

L'une des hypothèses avancées pour expliquer la présence de la salamandre cendrée dans cet écosystème est que d'autres caractéristiques du sol viennent contrebalancer l'effet négatif d'une forte acidité sur cette espèce. Cette hypothèse provient de la divergence des résultats sur la teneur en

**Tableau 2. Longueur (museau-cloaque) et poids moyens des salamandres cendrées dans certaines forêts du nord-est de l'Amérique du Nord.**

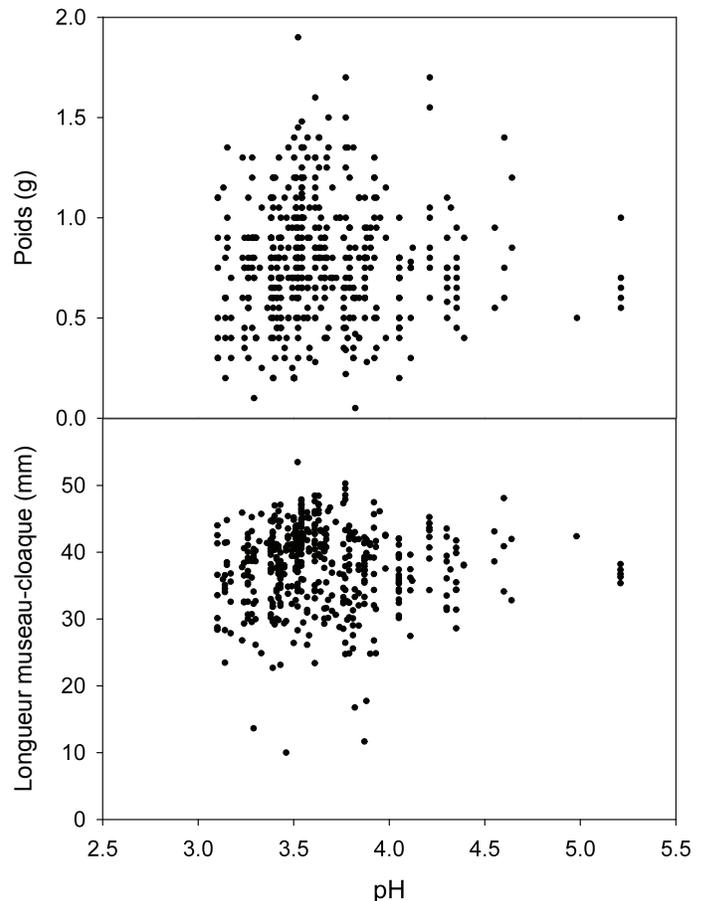
Référence	Région (végétation dominante)	Nombre de salamandres	Longueur (mm)	Poids (g)
Blanchard, 1928	Michigan (non précisée)	225	~ 42,5 <sup>3</sup>	n.d. <sup>1</sup>
Burger, 1935	Pennsylvanie–New Jersey (non précisée)	~ 1000	40,0 <sup>3</sup>	n.d.
Burton, 1976	New Hampshire (hêtre, érable à sucre)	200	n.d.	0,63
Frisbie and Wyman, 1995	New York (mixte, non précisée)	n.d.	n.d.	1,1 <sup>2</sup>
Hood, 1934	New York (non précisée)	311	~ 42,0 <sup>2</sup>	n.d.
Jaeger, 1972	Virginie (non précisée)	672	35,3 <sup>5</sup>	n.d.
Leclair et collab., 2006	Québec (sapin baumier, bouleau jaune)	775	35,6 <sup>5</sup>	n.d.
Maglia, 1996	Tennessee (mixte, non précisée)	348	42,0 – 51,4 <sup>3</sup> 33,1 – 35,2 <sup>5</sup>	n.d.
Mitchell and Woolcott, 1985	Virginie (mixte, feuillu-pin)	31	~ 40,0	n.d.
Monti et collab., 2000	Maine (chêne rouge, pin blanc)	75	~ 33,0 <sup>5</sup>	n.d.
Moore et collab., 2000	Pennsylvanie (pruche, bouleau jaune)	n.d.	~ 26,0 <sup>5</sup>	~ 0,5
Nagel, 1977	Tennessee (mixte, non précisée)	271	43,5 <sup>3</sup>	n.d.
Sayler, 1966	Maryland (non précisée)	347	40,0 <sup>4</sup>	n.d.
Moore et Wyman, 2010	Québec (érable à sucre, bouleau jaune)	457 <sup>3</sup> 555 <sup>5</sup>	40,0 <sup>3</sup> 37,3 <sup>5</sup>	0,9 0,8 <sup>5</sup>

1. n.d. = non disponible.
2. Spécimens adultes (selon l'auteur).
3. Spécimens adultes (longueur museau-cloaque > 32 mm).
4. Spécimens à maturité de 31 à 49 mm de longueur.
5. Tous les spécimens.

sodium de la salamandre cendrée obtenus en laboratoire et en milieu forestier (Frisbie et Wyman, 1991). En effet, les salamandres exposées à des substrats acides en laboratoire perdaient plus rapidement du sodium, contenaient moins d'eau dans leur corps et perdaient plus rapidement du poids que celles exposées à des substrats moins acides. En milieu forestier cependant, là où le contrôle de toutes les variables est plus difficile, ces chercheurs n'ont pu établir de corrélation entre la teneur en sodium de la salamandre et le pH du sol. À Duchesnay, il est envisageable que la matière organique<sup>1</sup> à la surface du sol ait servi à « tamponner » l'effet de certains éléments possiblement toxiques pour les salamandres (p. ex. : aluminium; Freda, 1986) en présence d'un sol très acide (Bohn et collab., 2001).

Une autre hypothèse est la possibilité d'une variation géographique de la tolérance à l'acidité ou une adaptation locale à l'acidité de la salamandre cendrée. Des études ont en effet montré que de tels phénomènes peuvent se produire pour certaines espèces de salamandres, dont la salamandre maculée (*Ambystoma maculatum*) (Cook, 1983; Clark et LaZerte, 1987), une espèce que l'on observe en milieu forestier au Québec.

L'utilisation des caractéristiques morphologiques comme indicateur de la vitalité des salamandres cendrées dans cette étude pourrait être remise en question, si la « règle de Bergmann » était appliquée. Selon celle-ci (Mayr, 1956),



**Figure 8. Relations entre les caractéristiques morphologiques des salamandres cendrées de Duchesnay et le pH du sol.**

les individus d'une espèce à sang chaud (endotherme) sont plus gros dans les habitats plus froids. Bien qu'elles ne fassent pas partie de ce groupe, des travaux ont rapporté que certaines espèces de salamandres, y compris celle cendrée, pouvaient être assujetties à cette règle (Ashton, 2002 : 7 sites, ~ 2500 spécimens), ce qui aurait alors été susceptible de biaiser l'interprétation des résultats concernant les caractéristiques morphologiques utilisées dans notre étude. Toutefois, une étude récente et beaucoup plus complète (1618 sites, 50 126 spécimens) montre que la salamandre cendrée ne suit pas cette règle (Adams et Church, 2008).

## Conclusion

Cette étude a mis en évidence une abondance relative et des caractéristiques morphologiques (poids, longueur) élevées des salamandres cendrées vivant dans une érablière de la région de Québec au sol très acide, alors que ces conditions de sol acide ne devraient pas convenir à cette espèce. Comme la salamandre cendrée est commune dans les écosystèmes forestiers qu'elle habite et que son utilisation comme indicateur lors du « monitoring » des forêts est répandue, ces nouveaux renseignements sur sa tolérance à l'acidité devraient être pris en compte si l'on veut poursuivre l'évaluation adéquate de l'intégrité des écosystèmes forestiers au moyen de cette espèce. ◀

1. En l'absence d'espèce ayant une forte capacité de décomposition des feuilles tombées au sol (p. ex. : ver de terre anécique; Moore et collab., 2009), on trouve dans cet écosystème au sol très acide une couche de matière organique relativement épaisse à la surface du sol minéral.

## Références

- ADAMS, D.C. et J.O. CHURCH, 2008. Amphibians do not follow Bergmann's rule. *Evolution*, 62 : 413-420.
- ASHTON, K.G., 2002. Do amphibians follow Bergmann's rule? *Canadian Journal of Zoology*, 80 : 708-716.
- BIDER, J.R. et S. MATTE, 1994. Atlas des amphibiens et des reptiles du Québec. Société d'histoire naturelle de la vallée du Saint-Laurent et ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Direction de la faune et des habitats, Québec, 106 p.
- BLANCHARD, F.N., 1928. Topics from the life history and habits of the red-backed salamander in southern Michigan. *American Naturalist*, 62 : 156-164.
- BLAUSTEIN, A.R. et B.A. BANCROFT, 2007. Amphibian population declines: evolutionary considerations. *BioScience*, 57 : 437-444.
- BOHN, H.L., B.L. MCNEAL et G.A. O'CONNOR, 2001. Soil chemistry, 3<sup>e</sup> édition. John Wiley & Sons, New York, 320 p.
- BONIN, J., J.-F. DESROCHES, M. OUELLET et A. LEDUC, 1999. Les forêts anciennes : refuges pour les salamandres. *Le Naturaliste canadien*, 123 (1) : 13-18.
- BURGER, J.W., 1935. *Plethodon cinereus* (Green) in eastern Pennsylvania and New Jersey. *American Naturalist*, 69 : 578-586.
- BURTON, T.M., 1976. An analysis of the feeding ecology of the salamanders (Amphibia, Urodela) of the Hubbard Brook Experimental Forest, New Hampshire. *Journal of Herpetology*, 10 : 187-204.
- BURTON, T.M. et L.E. LIKENS, 1975. Salamander populations and biomass in the Hubbard Brooks Experimental Forest, New Hampshire. *Copeia*, 1975 : 541-546.
- CLARK, K.L. et B.D. LAZERTE, 1987. Intraspecific variation in hydrogen ion and aluminium toxicity in *Bufo americanus* and *Ambystoma maculatum*. *Canadian Journal of Fish and Aquatic Science*, 44 : 1622-1628.
- CONANT, R. et J.T. COLLINS, 1998. A field guide to reptiles and amphibians: Eastern and Central North America, 3<sup>e</sup> édition. Houghton Mifflin, Boston, 640 p.
- COOK, R.P., 1983. Effects of acid precipitation on embryonic mortality of *Ambystoma maculatum*. *Biological Conservation*, 27 : 77-88.
- DAVIS, T.M., 1997. Non-disruptive monitoring of terrestrial salamanders with artificial cover objects on Southern Vancouver Island, British Columbia. *Herpetological Conservation*, 1 : 161-174.
- DEGRAAF, R. et M. YAMASAKI, 1992. A nondestructive technique to monitor the relative abundance of terrestrial salamanders. *Wildlife Society Bulletin*, 20 : 260-264.
- DEGRAAF, R. et M. YAMASAKI, 2002. Effects of edge contrast on redback salamander distribution in even-aged northern hardwoods. *Forest Science*, 48 : 351-363.
- DEMAYNADIER, M.L. et P.G. HUNTER, 1995. The relationship between forest management and amphibian ecology: a review of the North American literature. *Environmental Review*, 3 : 230-261.
- DESROCHES, J.-F., et D. RODRIGUE, 2004. Amphibiens et reptiles du Québec et des Maritimes. Éditions Michel Quintin, Waterloo, 288 p.
- DRISCOLL, C.T., G.B. LAWRENCE, A.J. BULGER, T. BUTLER, C.S. CRONAN, C. EAGAR, K.F. LAMBERT, G.E. LIKENS, J.L. STODDARD et K.C. WEATHERS, 2001. Acidic deposition in the northeastern United States: sources and inputs, ecosystem effects, and management strategies. *BioScience*, 51 : 180-198.
- ENVIRONNEMENT CANADA, 2005. Protocole conjoint du RESE et de Parcs Canada pour la surveillance des salamandres pléthodontides. Disponible en ligne à : [eman-rese.ca/rese/ecotools/protocols/terrestrial/salamanders/part1.html](http://eman-rese.ca/rese/ecotools/protocols/terrestrial/salamanders/part1.html). [Visité le 10-03-01].
- FREDA, J., 1986. The influence of acidic pond water on amphibian: a review. *Water, Air, Soil and Pollution*, 30 : 439-450.
- FRISBIE, M.P. et R.L. WYMAN, 1991. The effects of soil pH on sodium balance in the red-backed salamander, *Plethodon cinereus*, and three other terrestrial salamanders. *Physiological Zoology*, 64 : 1050-1068.
- GRANT, B.W., A.D. TUCKER, J.E. LOVICH, A.M. MILLS, P.M. DIXON et J.W. GIBBONS, 1992. The use of coverboards in estimating patterns of reptile and amphibian biodiversity. Dans : D. R. McCullough et R. H. Barrett (édit.). *Wildlife 2001 : Populations*. Elsevier Science Publication Inc., London, p. 379-403.
- HARPOLE, D.N. et C.A. HAAS, 1999. Effects of seven silvicultural treatments on terrestrial salamanders. *Forest Ecology and Management*, 114 : 349-356.
- HOOD, H.H., 1934. A note on the red-backed salamander at Rochester, New York. *Copeia*, 3 : 141-142.
- JAEGER, R.G., 1972. Food as a limited resource in competition between two species of terrestrial salamanders. *Ecology*, 53 : 535-546.
- JAEGER, R.G., 1980. Microhabitats of a terrestrial forest salamander. *Copeia*, 2 : 265-268.
- JOHNSON, A.H., S.B. ANDERSEN et T.G. SICCAMMA, 1994. Acid rain and soils of the Adirondacks. 1. Changes in pH and available calcium, 1930-1984. *Canadian Journal of Forest Research*, 24 : 39-45.
- LECLAIR, M.H., M. LEVASSEUR et R. LECLAIR, 2006. Life-history traits of *Plethodon cinereus* in the northern parts of its range: variations in population structure, age and growth. *Herpetologica*, 62 : 265-282.
- MAGLIA, A.M., 1996. Ontogeny and feeding ecology of the red-backed salamander, *Plethodon cinereus*. *Copeia*, 1996 : 576-586.
- MATHIS, A., 1990. Territoriality in a terrestrial salamander: The influence of resource quality and body size. *Behavior*, 112 : 162-174.
- MAYR, E., 1956. Geographical character gradients and climatic adaptation. *Evolution*, 10 : 105-108.

- MITCHELL, J.C. et W.S. WOOLCOTT, 1985. Observations of the microdistribution, diet and predator-prey size relationships in the salamander *Plethodon cinereus* from the Virginia Piedmont (USA). *Virginia Journal of Science*, 36: 281–288.
- MONTI, L., M. HUNTER et J. WITHAM, 2000. An evaluation of the artificial cover object (ACO) method for monitoring populations of the redback salamander *Plethodon cinereus*. *Journal of Herpetology*, 34: 624–629.
- MOORE, J.-D., 2005. Use of native dominant wood as a new coverboard type for monitoring eastern red-backed salamanders. *Herpetological Review*, 36: 268–271.
- MOORE, J.-D., R. OUIMET et J.W. REYNOLDS, 2009. Premières mentions de vers de terre dans trois écosystèmes forestiers du Bouclier canadien, Québec, Canada. *Le Naturaliste canadien*, 133 (1): 31–37.
- MOORE, J.-D. et R.L. WYMAN, 2010. Eastern red-backed salamanders (*Plethodon cinereus*) in a highly acid forest soil. *American Midland Naturalist*, 163: 95–105.
- MOORE, A.L., C.E. WILLIAMS, T.H. MARTIN et W.J. MORIARITY, 2000. Influence of season, geomorphic surface and cover item on capture, size and weight of *Desmognathus ochrophaeus* and *Plethodon cinereus* in Allegheny plateau riparian forests. *American Midland Naturalist*, 145: 39–45.
- MOORE, J.-D., R. OUIMET, C. CAMIRÉ et D. HOULE, 2002. Effects of two silvicultural practices on soil fauna abundance in a northern hardwood forest, Québec, Canada. *Canadian Journal of Soil Science*, 82: 105–113.
- MORNEAULT, A.E., B.J. NAYLOR, L.S. SCHAEFFER et D.C. OTHMER, 2004. The effect of shelterwood harvesting and site preparation on eastern red-backed salamanders in white pine stands. *Forest Ecology and Management*, 199: 1–10.
- NAGEL, J.W., 1977. Life history of the red-backed salamander, *Plethodon cinereus*, in northeastern Tennessee. *Herpetologica*, 33: 13–18.
- PETRANKA, J.W., 1998. *Salamanders of the United States and Canada*. Smithsonian Institution Press, Washington, 587 p.
- POUGH, F.H., 1976. Acid precipitation and embryonic mortality of spotted salamanders, *Ambystoma maculatum*. *Science*, 192: 68–70.
- POUGH, F.H. et R.E. WILSON, 1977. Acid deposition and reproductive success of ambystoma salamanders. *Water, Air, Soil and Pollution*, 7: 307–316.
- RYAN, T.J., T. PHILIPPI, Y.A. LEIDEN, M.E. DORCAS, T.B. WIGLEY et J.W. GIBBONS, 2002. Monitoring herpetofauna in a managed forest landscape: Effects of habitat types and census techniques. *Forest Ecology and Management*, 167: 83–90.
- SAYLER, A., 1966. The reproductive ecology of the red-backed salamander, *Plethodon cinereus*, in Maryland. *Copeia*, 1966: 183–193.
- STEWART, G.D. et E.D. BELLIS, 1970. Dispersion patterns of salamanders along a Brook. *Copeia* 1: 86–89.
- STUART, S., J.S. CHANSON, N.A. COX, B.E. YOUNG, A.S.L. RODRIGUES, D.L. FISHMAN et R. W. WALLER, 2004. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science*, 306: 1783–1786.
- SUGALSKI, M.T. et D.L. CLAUSSEN, 1997. Preference for soil moisture, soil pH, and light intensity by the salamander *Plethodon cinereus*. *Journal of Herpetology*, 31: 245–250.
- SUGAR, A., T. BELLHOUSE, D. PHOENIX, N. DAWSON et G. HOLBORN, 2001. A sampling protocol for red-backed salamander (*Plethodon cinereus*) populations in Ontario: the 2<sup>nd</sup> pilot study. Wildlife Assessment Program, Ontario Ministry of Natural Resources WAP-2001-01, Toronto, 23 p.
- TAUB, F.B., 1961. The distribution of the red-backed salamander, *Plethodon c. cinereus*, within the soil. *Ecology*, 42: 681–698.
- WELSH Jr., H.H. et S. DROEGE, 2001. A case for using Plethodontid salamanders for monitoring biodiversity and ecosystem integrity of North American forests. *Conservation Biology*, 15: 558–569.
- WYMAN, R.L., 1988. Soil acidity and moisture in the distribution of amphibians in five forests of southcentral New York. *Copeia*, 1988: 394–399.
- WYMAN, R.L., 1998. Experimental assessment of salamanders as predators of detrital food webs: effects on invertebrates, decomposition and the carbon cycle. *Biodiversity Conservation*, 7: 641–650.
- WYMAN, R.L. et D.S. HAWKSLEY-LESCAULT, 1987. Soil acidity affects distribution, behavior and physiology of the salamander *Plethodon cinereus*. *Ecology*, 68: 1819–1827.
- WYMAN, R.L. et J. JANCOLA, 1992. Degree and scale of terrestrial acidification and amphibian community structure. *Journal of Herpetology*, 26: 392–401.



Soucy • Roy • Gauvreau

NOTAIRES SENCRL

**J. DENIS ROY**

NOTAIRE ET CONSEILLER JURIDIQUE

5600, boul. des Galeries  
bureau 240  
Québec (Québec) G2K 2H6

Téléphone : 418.626.4449  
Télécopieur : 418.623.1040  
jdroy@notarius.net

www.soucyroygauvreau.com



420, rue Jean-Rioux  
Trois-Pistoles QC  
GOL 4K0

Téléphone : 418.851.1265  
Télécopie : 418.851.1277