

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À CHICOUTIMI

**MÉMOIRE PRÉSENTÉ À
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À CHICOUTIMI
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN RESSOURCES RENOUVELABLES**

**PAR
DOMINIQUE CRÉPIN**

B.Sc. Biologie

**DYNAMIQUE MIGRATOIRE DE LA SALAMANDRE À DEUX LIGNES
(*Eurycea bislineata*) ET INVENTAIRE DE LA FAUNE AMPHIBIENNE
DE LA VALLÉE DE LA RIVIÈRE ÉTERNITÉ**

MARS 2001



Mise en garde/Advice

Afin de rendre accessible au plus grand nombre le résultat des travaux de recherche menés par ses étudiants gradués et dans l'esprit des règles qui régissent le dépôt et la diffusion des mémoires et thèses produits dans cette Institution, **l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)** est fière de rendre accessible une version complète et gratuite de cette œuvre.

Motivated by a desire to make the results of its graduate students' research accessible to all, and in accordance with the rules governing the acceptance and diffusion of dissertations and theses in this Institution, the **Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)** is proud to make a complete version of this work available at no cost to the reader.

L'auteur conserve néanmoins la propriété du droit d'auteur qui protège ce mémoire ou cette thèse. Ni le mémoire ou la thèse ni des extraits substantiels de ceux-ci ne peuvent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

The author retains ownership of the copyright of this dissertation or thesis. Neither the dissertation or thesis, nor substantial extracts from it, may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

RÉSUMÉ

L'écologie de la Salamandre à deux lignes, *Eurycea bislineata*, est peu connue. Cette étude avait pour but de vérifier la présence d'un comportement migrateur chez une population de Salamandre à deux lignes associée à la vallée de la rivière Éternité, au Saguenay.

Des barrières situées en forêt et munies de pièges au sol ont été utilisées. Le système s'est avéré efficace pour l'étude des migrations de la Salamandre à deux lignes et pour la capture d'amphibiens.

Trois mouvements migratoires ont été observés annuellement : une migration post-reproductrice orientée vers la forêt en juin, une migration post-métamorphose orientée vers la forêt au mois d'août et une migration en direction de la rivière, au cours des mois de septembre et d'octobre. Les migrations ont été accomplies par des groupes distincts de salamandres. Des individus adultes accompagnés de juvéniles ont effectué le mouvement d'éloignement printanier après l'accomplissement des activités de reproduction dans la rivière. Au mois d'août, l'atteinte de la métamorphose par un grand nombre de larves en développement dans la rivière a été suivie d'une émergence et d'un déplacement migratoire en direction de la forêt. Le mouvement migratoire automnal orienté vers la rivière a été effectué par des salamandres matures et des juvéniles. La saison d'activité en milieu terrestre a été de plus de 125 jours dans l'aire d'étude. Dès les derniers jours du mois de mai, des salamandres ont été aperçues en forêt, près des berges de la rivière.

L'étude a permis d'observer des éléments du cycle vital de la Salamandre à deux lignes de la vallée de la rivière Éternité. Selon les observations, les femelles reproductrices accolent leurs oeufs sur la face inférieure de pierres qui baignent dans l'eau de la rivière au mois de juin et peut-être même plus tôt. L'éclosion survient environ un mois plus tard, au mois de juillet. Les larves ont une longueur MC (longueur mesurée du museau à l'extrémité postérieure du cloaque) de 10 mm peu après leur éclosion. La croissance est très rapide au cours de la première saison. Les larves résorbent graduellement leur appareil branchial au cours de la troisième saison en rivière et se métamorphosent en masse au coeur de l'été. Elles quittent alors la rivière pour s'éloigner en forêt au cours du mois d'août. Les salamandres à deux lignes d'une longueur MC de 40 mm ou plus présentent des caractères sexuels à partir du mois de septembre. Un dimorphisme sexuel s'observe, les femelles matures ayant une taille supérieure (longueur MC) à celle des mâles. Le rapport des sexes se maintient autour de un chez le groupe étudié. Les conditions climatiques influencent les migrations de la Salamandre à deux lignes. La pluie et une température moyenne nocturne tempérée stimule l'activité migratoire.

En plus de la Salamandre à deux lignes, neuf autres espèces d'Amphibiens ont été répertoriées dans la vallée de la rivière Éternité.

REMERCIEMENTS

Plusieurs personnes ont apporté une contribution précieuse aux diverses étapes de ce travail d'étude. J'aimerais tout d'abord présenter mes remerciements à mon directeur de maîtrise, M. André Francoeur, qui a accepté de diriger ces travaux et qui m'a prodigué ses conseils au cours des étapes de planification et de réalisation. J'adresse également mes remerciements à M. Roger Bider, qui m'a suggéré le sujet de cette recherche et qui m'a apporté ses conseils lors de l'élaboration de la méthodologie et de l'interprétation des résultats. Aussi, M. Claude Boucher m'a offert l'aide et le support indispensable à la réalisation du traitement statistique des données.

J'aimerais aussi adresser mes plus vifs remerciements à l'ensemble des personnes qui ont contribué, physiquement et intellectuellement, à la réalisation des travaux. Plusieurs d'entre elles ont réussi, par l'intérêt manifesté, à alimenter ma réflexion sur mon sujet d'étude et à ouvrir mon esprit vers de nouvelles interprétations. Que ces personnes, ainsi que toutes celles que j'aurais malencontreusement oubliées de mentionner ici, soient remerciées pour leur participation à cette étude :

France Beaudry, Bertrand Bouchard, Rémi Bouchard, Winnie Cheung, Gilles Cloutier, Deborah Jacobs, Éric Lavoie, Joseph-Adolphe Lavoie, Robert Loiselle, Gilles Lupien, Marie Métivier, Denise Mondou, Dominic Simard, Gilbert Simard, Réjean Tremblay, Pierre G. Vaillancourt, Marc Valentine, ...

Je voudrais également souligner la contribution du ministère de l'Environnement et de la Faune (Parc du Saguenay et SAEF-02) pour l'important apport humain et matériel alloué à l'étude. Aussi, le Centre de foresterie des Laurentides et l'UQAM ont fourni les pièges-fosse Multipher® et la Maison du pain de Chicoutimi a offert les seaux.

Ce travail a bénéficié du soutien financier du FCAR (Fonds pour la Formation de Chercheurs et l'Aide à la Recherche) et de l'Université du Québec à Chicoutimi.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	II
REMERCIEMENTS.....	III
TABLE DES MATIÈRES.....	IV
LISTE DES TABLEAUX.....	VII
LISTE DES FIGURES.....	VIII
CHAPITRE 1. INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 2. REVUE DE LA LITTÉRATURE.....	4
2.1 Mouvements d’Urodèles et déplacements migratoires	5
2.1.1 Saison d’activité terrestre et hibernation	6
2.1.2 Rythme circadien.....	7
2.1.3 Patron migratoire.....	7
2.1.3.1 Migration post-reproductrice.....	8
2.1.3.2 Mouvement de dispersion.....	8
2.1.3.3 Migration de retour	9
2.1.3.4 Périodes de mouvements non dirigés	9
2.2 Influence des conditions météorologiques sur les migrations d’Urodèles	9
2.2.1 Les précipitations	11
2.2.2 La température	13
2.3 Éléments du cycle vital et caractéristiques biologiques	15
2.3.1 Ponte.....	15
2.3.2 Stade larvaire et métamorphose	16
2.3.3 Taille et rythme de croissance.....	17
2.3.4 Caractères sexuels, dimorphisme et reproduction.....	18

CHAPITRE 3. MATÉRIEL ET MÉTHODE.....	21
3.1 Aire d'étude	22
3.1.1 Transect 1	24
3.1.2 Transect 2	24
3.2 Dispositif de capture.....	26
3.2.1 Barrières.....	27
3.2.2 Pièges.....	30
3.3 Récolte des données	30
3.3.1 Suivi des mouvements migratoires et inventaire d'Amphibiens	31
3.3.2 Détermination des groupes larvaires	31
3.4 Modifications apportées à la méthode en 1996.....	32
CHAPITRE 4. RÉSULTATS.....	33
4.1 Patron migratoire.....	34
4.1.1 Développement temporel et spatial	34
4.1.2 Caractérisation des migrateurs	40
4.2 Caractéristiques biologiques.....	45
4.2.1 Dépôt et suivi de pontes	45
4.2.2 Classes de longueur	48
4.2.3 Rythme de croissance	53
4.2.4 Caractères sexuels, dimorphisme et rapport des sexes	54
4.3 Conditions météorologiques et succès de captures de salamandres	56
4.3.1 Les précipitations	56
4.3.2 La température	61
4.4 Inventaire d'Amphibiens	63
4.4.1 Espèces capturées.....	63
4.4.2 Efficacité relative des pièges et prédation.....	64

CHAPITRE 5. DISCUSSION	69
5.1 Dynamique migratoire et saison d'activité	70
5.1.1 Migration post-reproductrice dirigée vers la forêt	70
5.1.2 Migration post-métamorphose dirigée vers la forêt	73
5.1.3 Migration de retour dirigée vers la rivière	75
5.2 Éloignement moyen en forêt	77
5.3 Patron de déplacement individuel	77
5.4 Éléments du cycle vital	78
5.4.1 Reproduction	79
5.4.2 Dimorphisme sexuel et rapport des sexes	80
5.4.3 Phases de développement	80
5.4.4 Cycle vital proposé	82
5.5 Influence des précipitations et de la température sur les déplacements migratoires	82
5.5.1 Les précipitations	84
5.5.2 La température	86
5.6 Diversité amphibiennne	88
5.7 Évaluation du dispositif de captures	88
5.7.1 Barrières	88
5.7.2 Pièges	89
5.7.3 Mortalité	91
5.8 Effets observés des inondations survenues en juillet 1996	92
CHAPITRE 6. CONCLUSION	93
RÉFÉRENCES	96
ANNEXE 1	102

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	
Nombre de pièges par barrière et effort de piégeage.....	30
Tableau 2.	
Nombre de captures et proportions relatives (orientation des déplacements, captures par barrière) par période, en 1997.....	37
Tableau 3.	
Développement macroscopique observé chez des embryons de Salamandre à deux lignes au cours de la saison d'observation 1996.....	46
Tableau 4.	
Résultats des tests de chi-carré d'égalité de proportions.....	58
Tableau 5.	
Résultats des régressions multiples (seuil de signification de 5 %).	63
Tableau 6.	
Espèces d'Amphibiens capturés.	64
Tableau 7.	
Cycle vital proposé pour la Salamandre à deux lignes de la vallée de la rivière Éternité.....	83

LISTE DES FIGURES

Figure 1.	
Localisation de la région étudiée.....	22
Figure 2.	
Aire d'étude.....	23
Figure 3.	
Schéma de l'aire d'étude et de l'emplacement des transects 1 et 2.....	25
Figure 4.	
Schéma d'un dispositif de capture.....	28
Figure 5.	
Barrière de capture.....	29
Figure 6.	
Extrémité d'une barrière de capture.....	29
Figure 7.	
Courbe cumulative des mouvements moyens de salamandres à deux lignes en fonction de la direction (a=forêt, h=au hasard, b=rivière), au cours des saisons d'activité 1996 et 1997.....	35

Figure 8.	
Captures périodiques de salamandres à deux lignes à chacune des barrières des transects 1 et 2, en 1997	38
Figure 9.	
Distribution périodique des longueurs de salamandres à deux lignes capturées en milieu terrestre, en 1996 et 1997	41
Figure 10.	
Captures quotidiennes de salamandres à deux lignes en fonction de la direction des déplacements et de la taille (< 40 mm, > ou = 40 mm), en 1996 et 1997	43
Figure 11.	
Ponte de Salamandre à deux lignes	47
Figure 12.	
Embryons de Salamandre à deux lignes	47
Figure 13.	
Distribution des longueurs de larves de Salamandre à deux lignes capturées dans la rivière Éternité, en 1996 et 1997	49
Figure 14.	
Distribution des longueurs (MC) de salamandre à deux lignes capturées en forêt dans la vallée de la rivière Éternité, au cours des mois de septembre 1996 et 1997	52
Figure 15.	
Estimation des classes de longueurs et des groupes d'âges (au cours d'une saison)	53

Figure 16.

Variation de la longueur (MC) des salamandres à deux lignes (longueur MC \geq 40 mm) en fonction du sexe, au cours des mois de septembre et d'octobre 1996 et 1997 55

Figure 17.

Captures quotidiennes de salamandres à deux lignes en fonction des précipitations survenues au cours des 24 heures précédentes, en 1996 et 1997..... 57

Figure 18.

Indice de capture de salamandres à deux lignes en fonction des précipitations survenues au cours des 24 heures précédentes..... 60

Figure 19.

Indice de capture de salamandres à deux lignes en fonction des températures moyennes nocturnes de 18h00 à 6h00 62

Figure 20.

Captures annuelles d'amphibiens dans l'aire d'étude, en 1996 et 1997..... 65

Figure 21.

Succès de capture d'amphibiens en fonction du type de piège et représentation relative des pièges dans l'aire d'étude, en 1997 66

Figure 22.

Taux de mortalité d'amphibiens capturés en fonction de la prédation et de causes inconnues, et représentation des causes de mortalité par rapport au nombre total d'amphibiens trouvés morts, en 1997 68

CHAPITRE 1
INTRODUCTION

1. Introduction

L'herpétofaune québécoise fait l'objet d'une attention grandissante depuis une dizaine d'années, ce qui alimente graduellement nos connaissances sur ce groupe fort méconnu de notre patrimoine naturel. Toutefois, en raison de moeurs secrètes, les Urodèles sont particulièrement difficiles à observer et nous dérobent toujours de larges pans de leur histoire naturelle. Pendant ce temps, les multiples pressions exercées sur les habitats favorables aux salamandres menacent parfois leur survie. L'acquisition de connaissances en ce domaine devient primordiale et s'inscrit pleinement dans la stratégie québécoise de mise en œuvre de la convention sur la diversité biologique.

La Salamandre à deux lignes, *Eurycea bislineata*, figure parmi les Urodèles * les plus souvent observés au Québec, ces dernières années (Bider et Matte 1994). Cette espèce présente une aire de distribution étendue dans l'est de l'Amérique du Nord. Malgré plusieurs études de grand intérêt effectuées aux États-Unis (Wilder 1924 ; Duellman et Wood 1954 ; Hudson 1955 ; Bruce 1982a, 1982b, 1985), la variation spatiale des conditions écologiques sur un très vaste territoire ne permettent pas d'associer étroitement les éléments de connaissance qui en découlent à une meilleure compréhension de l'histoire naturelle de la Salamandre à deux lignes au Québec. Ces études constituent toutefois de précieuses bases pour des études en territoire québécois.

Thibault (1968), puis MacCulloch et Bider (1975) ont fourni les premiers éléments de connaissance en étudiant une population de salamandres à deux lignes dans le sud-ouest du Québec. Ces travaux ont révélé, notamment, l'existence de mouvements migratoires en milieu terrestre chez cette espèce. Ce fait surprenant n'avait jamais été rapporté dans la littérature scientifique.

* Dix espèces d'Urodèles ont été observées au Québec à ce jour.

La présente étude a pour principal objectif d'observer la présence d'un tel comportement chez une population de Salamandre à deux lignes vivant dans la région du Saguenay–Lac-Saint-Jean. Elle consiste également à déterminer la durée de la saison d'activité en milieu terrestre de cette espèce, à établir le patron migratoire saisonnier et le moment de son déroulement et à vérifier l'influence de la température et des précipitations sur l'activité en forêt.

Aussi, des observations de terrain ont été planifiées afin de préciser le cycle vital et des caractéristiques biologiques de la population étudiée. À cela s'ajoute un inventaire des autres espèces d'Amphibiens présents dans l'aire d'étude et l'expérimentation d'un dispositif de capture d'amphibiens en forêt, constitué de barrières munies de pièges au sol.

CHAPITRE 2
REVUE DE LA LITTÉRATURE

2. Revue de la littérature

La Salamandre à deux lignes appartient à l'ordre des Urodèles, et plus particulièrement à la famille des **Plethodontidae** *. Le développement larvaire et le cycle vital de cette espèce, comprenant trois sous-espèces (Behler 1994), ont fait l'objet de diverses recherches aux États-Unis (Wilder 1924 ; Duellman et Wood 1954 ; Hudson 1955 ; Bruce 1982a, 1982b, 1985).

Toutefois, l'activité en milieu terrestre d'*Eurycea bislineata* constitue un domaine peu exploré jusqu'à maintenant. Deux études réalisées dans le sud-ouest du Québec ont permis de mettre en lumière un comportement migrateur chez une population de cette espèce (Thibault 1968 ; MacCulloch et Bider 1975). Par ailleurs, peu de recherches ont porté sur l'influence potentielle de facteurs environnementaux, tels les précipitations et la température de l'air, sur le comportement de cette salamandre.

2.1 Mouvements d'Urodèles et déplacements migratoires

Plusieurs espèces de salamandres effectuent des mouvements saisonniers en milieu terrestre (Packer 1960 ; Hurlbert 1969 ; Semlitsch 1985 ; Semlitsch et Pechmann 1985 ; Sexton *et al.* 1990). En plus des migrations liées à la reproduction (migrations pré-nuptiale et post-nuptiale), des déplacements peuvent être associés à la métamorphose (migration post-larvaire), à des mouvements restreints à un territoire et à des mouvements vers les sites d'hivernage (Hurlbert 1969 ; Percsy et Percsy 1994). De telles activités sont intégrées pleinement à l'histoire naturelle des animaux et des facteurs physiologiques et environnementaux modèlent leur réalisation (Packer 1960 ; Hurlbert 1969 ; Sexton *et al.* 1990).

* Amphibiens dépourvus de poumons. La peau humide et le palais très vascularisés assurent les échanges gazeux avec l'atmosphère (Cook 1984).

Des chercheurs ont étudié les mouvements de larves de Salamandre à deux lignes dans leur habitat aquatique (Hudson 1955 ; Johnson et Goldberg 1975 ; Bruce 1986 ; Petranka 1984). Cependant, très peu de travaux se sont attardés aux mouvements saisonniers en milieu terrestre. Vernberg (1953), Hudson (1955), Taub (1959), Stewart et Bellis (1970), ainsi qu'Ashton et Ashton (1978), ont observé la Salamandre à deux lignes en milieu terrestre, en bordure immédiate ou à une faible distance des cours d'eau. Ces auteurs ne mentionnent pas la présence de mouvements saisonniers. Weichert (1945), signale que les individus adultes s'observent en milieu aquatique seulement au cours de la période de reproduction, dans la région de Cincinnati. Selon cet auteur, les animaux sont ensuite trouvés dans divers sites terrestres humides, parfois à une distance considérable du cours d'eau. Des mouvements saisonniers d'éloignement et de rapprochement, par rapport à un ruisseau, ont été observés chez une population du sud-ouest du Québec par Thibault (1968). À cette même station d'étude, MacCulloch et Bider (1975) ont ensuite réalisé une étude plus approfondie des mouvements saisonniers de l'espèce sur une période de neuf ans. Ils ont ainsi pu établir la durée de la saison d'activité terrestre et le patron migratoire annuel de la population étudiée.

2.1.1 Saison d'activité terrestre et hibernation

La saison d'activité terrestre observée de la Salamandre à deux lignes débute aux environs du 1^{er} juin et prend fin vers le 3 octobre dans l'aire d'étude située à Terrebonne, Québec (durée de 125 jours) (MacCulloch et Bider 1975).

Selon Roger Bider (comm. pers.), il est probable que les salamandres hibernent ensuite dans un cours d'eau. Dans l'état de l'Ohio (E.U.), Ashton et Ashton (1978) rapportent que les individus s'enfouissent en bordure immédiate des rivières au cours de l'automne. À partir du moment où la température du cours d'eau s'abaisse en deçà de 7 °C,

les salamandres s'enfoncent dans des cavités situées entre 3,5 et 43 cm de la rivière. Elles y demeurent actives et s'alimentent de petits invertébrés tant que les conditions thermiques demeurent modérées. Pour sa part, Vernberg (1953) indique que les salamandres à deux lignes d'une aire d'étude située en Indiana (E.U.) recherchent un environnement stable pour passer l'hiver en s'enfouissant verticalement dans le sol, lorsque les températures automnales s'abaissent.

2.1.2 Rythme circadien

MacCulloch et Bider (1975) ont observé que l'activité des salamandres est restreinte presque totalement aux heures d'obscurité (98 %). Ces animaux sont très actifs pendant les premières heures de la nuit (20h00 à 22h00), puis les activités diminuent graduellement au cours des heures qui suivent. Un taux de 1,54 % des activités a été observé au cours des heures d'éclaircissement.

2.1.3 Patron migratoire

Le patron migratoire de la Salamandre à deux lignes comprend trois mouvements annuels selon MacCulloch et Bider (1975). Ces mouvements correspondent à :

- ◆ une migration post-reproductrice dirigée vers la forêt (1^{er} juin au 4 juillet) ;
- ◆ un mouvement de dispersion dirigée vers la forêt (1^{er} août au 25 août) ;
- ◆ une migration de retour dirigée vers la rivière (21 septembre au 3 octobre).

Entre ces périodes de migration, le taux d'activité des salamandres accuse une baisse marquée selon Thibault (1968) et MacCulloch et Bider (1975).

2.1.3.1 Migration post-reproductrice

MacCulloch et Bider (1975) indiquent que les salamandres qui effectuent un mouvement migratoire en juin sont d'une taille supérieure aux individus qui se déplacent au mois d'août. Ces mêmes auteurs estiment que le mouvement enregistré en juin correspondrait à une migration post-reproductrice effectuée par des salamandres matures qui quittent la rivière après la période de reproduction. Ce mouvement annuel est celui qui est perçu le plus intensément et de façon particulièrement soutenue à une distance de 100 m d'éloignement des berges du cours d'eau.

2.1.3.2 Mouvement de dispersion

Le mouvement perçu au mois d'août semble être le fait d'une forte proportion de juvéniles qui se dispersent en forêt après la métamorphose (MacCulloch et Bider (1975)). Ce mouvement est moins prononcé que la migration post-reproductrice et sa durée est plus courte de 10 jours selon MacCulloch et Bider (1975). Au cours de ce mouvement annuel, un taux d'activité plus élevé en bordure de la rivière a aussi été noté. Ces auteurs proposent que l'éloignement en forêt est moins important chez les migrants du mois d'août par rapport aux migrants printaniers. Notons que Semlitsch (1981) a fait une observation similaire en étudiant les mouvements d'une population d'*A. talpoideum* en milieu terrestre.

2.1.3.3 Migration de retour

Selon McCulloch et Bider (1975), le déplacement migratoire automnal de retour vers la rivière s'est manifesté de façon sporadique chez la population de salamandres à deux lignes étudiée. Ce mouvement s'avère parfois très intense. La migration est survenue pendant la dernière moitié du mois de septembre et au cours des premiers jours d'octobre. La durée de ce déplacement dirigé fut beaucoup plus courte que celle des mouvements migratoires post-reproducteur et de dispersion.

2.1.3.4 Périodes de mouvements non dirigés

Thibault (1968) mentionne qu'au mois de mai, les salamandres étaient très actives près du cours d'eau, quittant momentanément les berges pour y revenir ensuite au cours de la même nuit (mouvements prospectifs). Cependant, en dehors des périodes de mouvements dirigés, les individus ont généralement démontré un faible taux d'activité au cours de la saison passée en milieu terrestre (McCulloch et Bider 1975). La majeure partie du mois de juillet n'a comporté aucun mouvement migratoire et les salamandres ont été peu actives sur le parterre forestier (5 au 31 juillet). Au cours de la période du 26 août au 20 septembre, les mouvements ont été effectués au hasard. L'activité post-saisonnière observée a débuté le 4 octobre. Très peu de déplacements au hasard ou orientés ont été perçus en forêt à partir de ce moment.

2.2 Influence des conditions météorologiques sur les migrations d'Urodèles

De nombreux travaux ont porté sur les effets qu'exercent la température et les précipitations sur les mouvements terrestres d'Urodèles (Baldauf 1952 ; Packer 1960 ;

Hurlbert 1969 ; Thibault 1968 ; Kleeberger et Werner 1982 ; Semlitsch 1981, 1983, 1985 ; Semlitsch et Pechmann 1985 ; Beneski *et al.* 1986 ; Sexton *et al.* 1990 ; Percsy et Percsy 1994). Selon Hurlbert (1969), les précipitations et la température sont des variables qui démontrent une interrelation complexe. La détermination de leurs influences respectives sur les mouvements saisonniers des salamandres est difficile à mesurer.

Sexton *et al.* (1990) ont étudié l'influence de facteurs climatiques (pluie, température) sur les migrations de reproduction d'*A. maculatum*. Ils notent la présence d'un cycle circannuel qui peut être responsable de périodes réfractaires au cours desquelles les conditions de migrations sont réunies, mais où les individus ne sont pas prêts, physiologiquement, à répondre aux conditions favorables. Aussi, les facteurs environnementaux peuvent occasionner des réponses diverses dépendamment de l'état physiologique des animaux. À ce propos, Semlitsch (1985) affirme que les agents environnementaux influençant le début des migrations de reproduction des salamandres diffèrent de ceux qui agissent sur la magnitude de ces mêmes mouvements. Il note également qu'au cours du déroulement de la saison de reproduction chez une population de *A. talpoideum*, un nombre croissant d'individus deviennent graduellement réceptifs aux stimuli environnementaux.

En fait, le stimulus principal des migrations, dont celles qui sont commandées par la nécessité de se reproduire, est d'origine endocrinienne (sécrétion de prolactine) (Chadwick 1940 ; Grant & Grant 1958 *in* Hurlbert 1969). Des conditions météorologiques favorables agissent en permettant aux migrants dont l'état hormonal est adéquat, d'accomplir la migration. Au contraire, des conditions climatiques défavorables inhibent la réponse comportementale normale des salamandres prêtes physiologiquement à migrer (Hurlbert 1969).

Enfin, des études démontrent que la sécrétion de prolactine peut être sous l'influence de variables environnementales, telle la photopériode (Hurlbert 1969) et la température (Grant et Grant 1958 *in* Semlitsch 1985).

2.2.1 Les précipitations

Les salamandres contrôlent principalement leur balance hydrique par leur comportement lorsqu'elles évoluent en milieu terrestre. Elles sélectionnent des microhabitats humides et elles réduisent au minimum leur perte d'eau en évitant les conditions de sécheresse (Dakin 1978). Plusieurs études démontrent l'effet stimulant des précipitations sur l'activité des Amphibiens. Notamment, Packer (1960) identifie ce facteur en tant qu'élément de premier plan dans la modulation de l'intensité migratoire de reproduction d'une population de *Taricha rivularis*, en Californie.

Baldauf (1952) et Sexton *et al.* (1990) ont observé que les précipitations stimulaient l'activité d'*A. maculatum*. Packer (1960), Hurlbert (1969) et Semlitsch (1983) ont effectué des observations similaires chez *T. rivularis*, *Notophthalmus viridescens* et *A. tigrinum*. Dans ses études portant sur *A. talpoideum*, Semlitsch (1981, 1985) spécifie que les mouvements de salamandres sont habituellement initiés par la pluie et qu'ils ont lieu au cours de celle-ci. Des déplacements sont aussi enregistrés après que la pluie a cessé alors que le sol est encore humide.

Thibault (1968) identifie la pluie comme étant le principal stimulus affectant l'activité terrestre printanière de la Salamandre à deux lignes. Aussi, MacCulloch et Bider (1975) constatent une forte corrélation entre l'activité terrestre de cette espèce et les précipitations, la pluie intensifiant le taux d'activité des salamandres.

Hurlbert (1969) a observé une relation positive entre la présence ou non de précipitations et l'intensité des migrations de *N. viridescens* plutôt qu'avec la quantité de pluie. Aussi, Sexton *et al.* (1990) ont observé que les variations liées à la quantité de pluie tombée au cours de 24 heures n'exercent pas d'influence sur l'intensité des mouvements migratoires de reproduction de *A. maculatum*. Toutefois, ils notent que les précipitations semblent agir à la manière d'un seuil, la grande majorité des migrations survenant lors de précipitations égales ou supérieures à 0,4 cm. Semlitsch (1983) a observé une corrélation positive entre l'intensité de la migration de reproduction de *A. tigrinum* et la quantité de pluie. Pour sa part, Packer (1960) apporte un nouvel élément en mentionnant que l'augmentation de la quantité de pluie se traduit généralement par une diminution de l'intensité des migrations vers le site de reproduction chez *T. rivularis*. Toutefois, il mentionne aussi que l'effet d'une quantité donnée de pluie dépend, dans une large mesure, de la répartition des précipitations dans le temps et des températures enregistrées au cours des journées précédentes.

Aux précipitations (présence, absence, quantité), s'ajoutent donc d'autres considérations telles que la durée des précipitations, le moment de la journée où les précipitations surviennent, le laps de temps qui sépare deux précipitations, ainsi que le moment de l'année où elle survient (Packer 1960 ; Semlitsch 1985). À ce propos, Semlitsch (1985) précise qu'une pluie persistante qui débute au crépuscule et qui se poursuit au cours de la nuit stimule plus intensément les salamandres en migration qu'une même quantité de pluie qui tombe en une heure au milieu de la nuit. Aussi, une forte pluie qui survient après deux jours marqués de précipitations aura moins d'effet sur la migration qu'une pluie légère qui succède à une période sans précipitations. Les travaux de Packer (1960) appuient ces observations. Ce chercheur ajoute que l'inhibition du comportement migrateur suite à des conditions défavorables, telle une période sans pluie, se traduit ultérieurement par une augmentation du nombre d'animaux physiologiquement prêts à migrer. Le retour de

conditions permettant la migration, même médiocres, provoque une élévation substantielle du taux d'activité de *T. rivularis*.

Mentionnons également que Dakin (1978) souligne la relation inversement proportionnelle qui existe entre le nombre de proies trouvées dans l'estomac de *Plethodon cinereus* et le nombre de jours qui se sont écoulés depuis la dernière pluie. Keen (1975 in Holomuzki 1980) a observé la même corrélation chez la Salamandre à deux lignes. Il semble donc qu'une limitation périodique survienne, quant à la disponibilité des proies, au cours des jours sans précipitations. À ce moment, l'assèchement du parterre forestier confine probablement les salamandres à un refuge. Ajoutons à cela que les salamandres à deux lignes étant dépourvues de poumons, la présence d'humidité propre à permettre les échanges gazeux entre l'épiderme et l'atmosphère constitue une nécessité.

2.2.2 - La température

L'effet de la température de l'air sur l'activité de diverses espèces d'Amphibiens a été observé par plusieurs chercheurs (Baldauf 1952 ; Taub 1961 ; Packer 1960 ; Thibault 1968 ; Hurlbert 1969 ; Semlitsch 1985 ; Sexton *et al.* 1990 ; Percy et Percy 1994). Hurlbert (1969) note à ce propos que la température affecte la migration des Urodèles en influençant le taux métabolique des animaux et ainsi la vitesse de leurs mouvements. Il mentionne également que la température interagit avec les précipitations et avec d'autres variables qui déterminent la disponibilité de l'humidité et le pouvoir de dessiccation de l'environnement. Chez les populations nordiques de salamandres, l'élévation de la température au début du printemps semble être le principal facteur initiant les migrations de reproduction. La température exerce également une influence au cours du déroulement même des déplacements migratoires (Baldauf 1952 ; Hurlbert 1969 ; Williams 1973 in Semlitsch 1985 ; Douglas 1979 in Semlitsch 1985).

Thibault (1968) a constaté une élévation du taux d'activité estivale de la Salamandre à deux lignes lors de nuits fraîches (4,4 °C à 10 °C) et pluvieuses. Il ajoute qu'une température nocturne inférieure à 4 °C limite l'activité de l'espèce lors des mouvements printaniers et au cours des déplacements migratoires dirigés vers la forêt. De plus, MacCulloch et Bider (1975) font remarquer que le stimulus migratoire printanier de la Salamandre à deux lignes coïncide avec le moment où les nuits sont encore fraîches. Sexton *et al.* (1990) affirment que la température représente le meilleur pronostic de l'intensité de la migration de reproduction d'*A. maculatum*. La température moyenne au cours des trois jours précédant les observations constitue un modèle de prédiction particulièrement significatif selon ces auteurs. Cependant, la température moyenne au cours d'une période de un, deux, quatre et cinq jours précédant la prise de données exerce aussi une influence sur le taux d'activité. Semlitsch (1985), pour sa part, considère la température nocturne comme un facteur secondaire, par rapport à la pluie, lors des migrations printanière et automnale de *A. talpoideum*. Packer (1960) appuie cette affirmation en mentionnant que, pour un patron identique de précipitations, une augmentation de la température a pour effet d'intensifier le taux d'activité de *T. rivularis*. Cet auteur rapporte également l'existence d'une corrélation positive entre l'activité des salamandres et la température moyenne nocturne prise entre 18h00 et 01h00.

L'initiation des migrations de reproduction d'*A. talpoideum* n'est pas reliée à l'atteinte d'un seuil thermique d'après Semlitsch (1985), mais un nombre plus important de migrants s'observent lorsque la moyenne des températures minimales journalières s'élève au-dessus de 9 à 10 °C. Sexton *et al.* (1990) ont trouvé que la migration de *A. maculatum* est plus soutenue lorsque la température moyenne quotidienne est égale ou supérieure à 6,76°C. Aussi, au cours des mouvements migratoires d'une population de *N. viridescens*, un seuil thermique se situant aux environs de 4 °C (température moyenne quotidienne) a été observé (Hurlbert 1969). D'autres études font état de l'existence d'un seuil thermique

correspondant à 4 °C (température moyenne minimale quotidienne) pour l'initiation des migrations de reproduction de *A. jeffersonianum*, *A. opacum* et *A. maculatum* (Douglas 1979 in Beneski *et al.* 1986 ; Douglas et Monroe 1981 in Beneski *et al.* 1986). Pour ces mêmes espèces, Baldauf (1952) et Wright et Allen (1909 in Beneski *et al.* 1986) rapportent un seuil thermique se situant entre 10 et 12 °C (température minimale).

Packer (1960) souligne que la température moyenne nocturne où survient le mode migratoire de reproduction varie de façon annuelle pour *T. rivularis*. Il ajoute que l'effet de la température sur le taux d'activité des salamandres n'est pas en relation avec une valeur absolue et que l'influence de ce facteur provient plutôt de la variation quotidienne des températures.

2.3 Éléments du cycle vital et caractéristiques biologiques

Divers éléments concernant le cycle vital et les caractéristiques biologiques de la Salamandre à deux lignes sont connus. Toutefois, ce savoir est fragmentaire et se rapporte à des populations appartenant à diverses sous-espèces occupant un très vaste territoire.

2.3.1 Ponte

La Salamandre à deux lignes dépose ses oeufs en milieu aquatique, habituellement en eau courante rapide (Wilder 1924 ; Sever 1988). Selon Wilder (1924), les oeufs sont fixés individuellement, à l'aide d'une tige gélatineuse, sur la surface de pierres qui reposent dans l'eau. Plus rarement, il est possible d'observer des pontes fixées à un fond vaseux ou graveleux (Wilder 1924).

Sever (1988) mentionne que l'activité reproductrice se fait au printemps en Indiana. Près de Cincinnati (Ohio), la période de la reproduction débute à la fin mars et s'échelonne tout au long des deux premières semaines d'avril (Weichert 1945).

Au Massachusetts, les pontes s'effectuent généralement en mai (Wilder 1924). Une ponte comprend de 12 à 36 oeufs, 18 étant le nombre moyen d'après Wilder (1924). Behler (1994) estime plutôt de 12 à 100 le nombre d'oeufs par ponte. L'éclosion survient après un mois d'incubation. Les nouvelles larves d'une longueur de 14 mm* s'observent dans la rivière à compter de juin et au début de juillet au Massachusetts (Wilder 1924). Duellman et Wood (1954) ont constaté que l'éclosion des larves s'effectuait à la fin du mois de juin en Ohio. Ces auteurs rapportent une longueur MC** moyenne de 9,18 mm chez les larves nouvellement écloses.

Des femelles semblant monter la garde près d'une ponte ont été observées ou sont mentionnées par Sever (1988) et Behler (1994).

2.3.2 Stade larvaire et métamorphose

Les jeunes larves ont tendance à se disperser dans la rivière dès le début du mois d'août (Wilder 1924). Ces individus s'accompagnent de larves âgées de 1 an dont la longueur moyenne est de 33 mm * et de larves en métamorphose âgées de 2 et 3 ans dont la taille varie de 43 à 76 mm. Duellman et Wood (1954) notent, pour leur part, que la longueur MC des larves âgées de 2 ans excède 25 mm en Ohio.

* L'auteure ne précise pas s'il s'agit de la longueur totale ou de la longueur MC

** Longueur mesurée du museau à l'extrémité postérieure du cloaque.

Dans leur aire d'étude située dans le sud-ouest du Québec, McCulloch et Bider (1975) présumant que la métamorphose s'effectue au cours de la deuxième ou de la troisième année d'existence. Selon Wilder (1924), la majorité des larves atteignent le stade de la métamorphose à l'âge de 2 ans au Massachusetts, mais quelques individus y parviennent à l'âge de 1 an ou de 3 ans.

Duellman et Wood (1954) identifient aussi l'âge de 2 ans comme étant la période où s'effectuent habituellement la métamorphose des larves, en Ohio. Ces auteurs affirment également que certains individus se métamorphosent relativement tard, au cours de la saison d'activité, et que d'autres n'y parviennent qu'à l'âge de 3 ans.

Bruce (1985), dans son étude réalisée en Caroline du Nord, estime que la métamorphose survient à l'âge de 1 an ou de 2 ans, l'incidence de la métamorphose n'étant que de 15 % chez le groupe âgé de 1 an. Cet auteur précise qu'au cours d'une année donnée, les salamandres de 2 ans se métamorphosent en premier, suivie ensuite par les plus gros individus de 1 an.

Selon Wilder (1924), c'est au début de mai qu'il est possible d'observer les premières salamandres nouvellement métamorphosées. Cependant, c'est au cours du mois de juillet que le plus grand nombre de salamandres atteint le stade de la métamorphose. Par la suite, le nombre d'individus qui se métamorphosent demeure faible jusqu'à la fin de la saison.

2.3.3 Taille et rythme de croissance

Les larves de Salamandre à deux lignes démontrent une grande variation quant à la taille selon Wilder (1924), ainsi qu'un fort chevauchement des longueurs entre les groupes. Bruce (1985) appuie cette affirmation. Il précise que la croissance rapide des larves au cours

de la première saison est suivie d'un ralentissement ultérieur du taux de croissance, ce qui provoque un chevauchement des longueurs entre les groupes de larves plus âgées. Cependant, d'après Duellman et Wood (1954), ce ralentissement du taux de croissance des larves ne peut être qu'apparent. En effet, la technique de mesure MC ne tient pas compte de l'appendice caudal des larves. À la naissance, la queue des salamandres ne représente que 40% environ de la longueur totale. Ces auteurs précisent que le corps et la queue croissent à peu près au même rythme à ce moment jusqu'à l'atteinte d'une longueur MC de 15 à 20 mm. Ensuite, la queue s'allonge plus rapidement que le corps. Chez les individus de 25 mm (longueur MC), la queue représente 50 % de la longueur totale.

Quoiqu'il en soit, selon Duellman et Wood (1954), il semble que les jeunes larves connaissent un taux de croissance élevé au cours de la première saison d'activité (selon la longueur MC). En effet, ces auteurs précisent que la longueur moyenne MC des larves nouvellement écloses est d'un peu moins de 9 mm en juillet et de 15 mm ou plus en septembre et octobre, en Ohio. Au cours de l'hiver, la croissance est lente et les larves atteignent une longueur moyenne MC de 20 mm, au mois de juin de la seconde année.

2.3.4 Caractères sexuels, dimorphisme et reproduction

Le développement de glandes servant à la cour aux femelles caractérisent les individus mâles de nombreux groupes de la famille des *Plethodontidae* (Weichert 1945 ; Duellman et Trueb 1994). Ces structures glandulaires se situent, notamment, sur le menton (glande mentonnaire) (Weichert 1945 ; Trufelli 1954 *in* Duellman et Trueb 1994) et à la base de la queue (Baird 1951 *in* Duellman et Trueb 1994). D'après Noble (1929 *in* Weichert 1945), la glande mentonnaire constitue un caractère sexuel secondaire permettant la distinction des mâles et des femelles, dans le genre *Eurycea*. Cette glande est particulièrement visible d'octobre à mai chez les mâles. Weichert (1945) précise que la

glande mentonnière commence à s'hypertrophier au mois d'août chez les salamandres à deux lignes de sexe mâle, en Ohio. Ensuite, le bombement de la structure s'accroît et les cellules sécrétrices deviennent fonctionnelles au début du mois de novembre. La glande demeure active jusqu'à la fin de la période de reproduction (fin mars et début avril en Ohio) et parfois même davantage (Weichert 1945).

Les individus de sexe femelle peuvent être identifiés à la vue d'oeufs au travers de la paroi abdominale (Bruce 1986). Kleeberger et Werner (1982) rapportent ce même élément distinctif chez les femelles de l'espèce *Plethodon cinereus*.

Un dimorphisme sexuel quant à la taille s'observe chez bon nombre d'espèces d'Amphibiens. En présence d'un tel caractère, il est commun de constater une taille légèrement plus importante chez les femelles relativement aux mâles (Duellman et Trueb 1994). À ce propos, Duellman et Wood (1954) rapportent une longueur MC moyenne légèrement supérieure chez les femelles faisant partie d'un groupe mixte de salamandres adultes.

La fertilisation est interne chez la Salamandre à deux lignes. Les femelles sont munies d'une spermathèque pour la conservation des spermatozoïdes (Wilder 1924). Selon Weichert (1945), le système reproducteur des mâles et des femelles du genre *Eurycea* est pleinement développé plusieurs mois avant le temps de la reproduction au sein de la population de salamandres qu'il a étudiée en Ohio. Il rapporte également la présence de spermatozoïdes entreposés dans la spermathèque de plusieurs femelles dès la fin du mois d'octobre, ainsi qu'au cours de l'hiver. Cet auteur propose l'existence d'une fausse période de reproduction à l'automne (« autumnal mating » ou « false breeding season »). À ce moment, une activité reproductrice peut avoir lieu sans qu'il y ait fertilisation des oeufs, l'ovulation ne survenant qu'au cours du printemps suivant chez les femelles. Pour sa part, Sever (1988) soutient aussi que l'activité reproductrice s'effectue au cours du printemps, en

Indiana. Toutefois, l'ensemble des femelles capturées en juin, août et octobre possédait une spermathèque exempte de spermatozoïdes.

CHAPITRE 3
MATÉRIEL ET MÉTHODES

3. Matériel et méthodes

3.1 Aire d'étude

Cette étude a été réalisée dans la vallée de la rivière Éternité, au Saguenay, sise dans le canton Hébert ($70^{\circ} 20'$ de longitude ouest, $48^{\circ} 17'$ de latitude nord) (figure 1) où la présence d'une population de Salamandre à deux lignes était connue. Cette vallée, orientée nord-est-sud-ouest, est parsemée de dépôts glaciaires et comporte des dépôts marins postglaciaires dans sa partie en aval (sur une distance d'environ 4 km à partir de l'embouchure de la rivière qui l'occupe). La rivière Éternité sillonne la vallée. Les deux sites échantillonnés, les transects 1 et 2, se situent dans la partie en aval de la vallée (figure 2) et à l'intérieur des limites du parc du Saguenay.

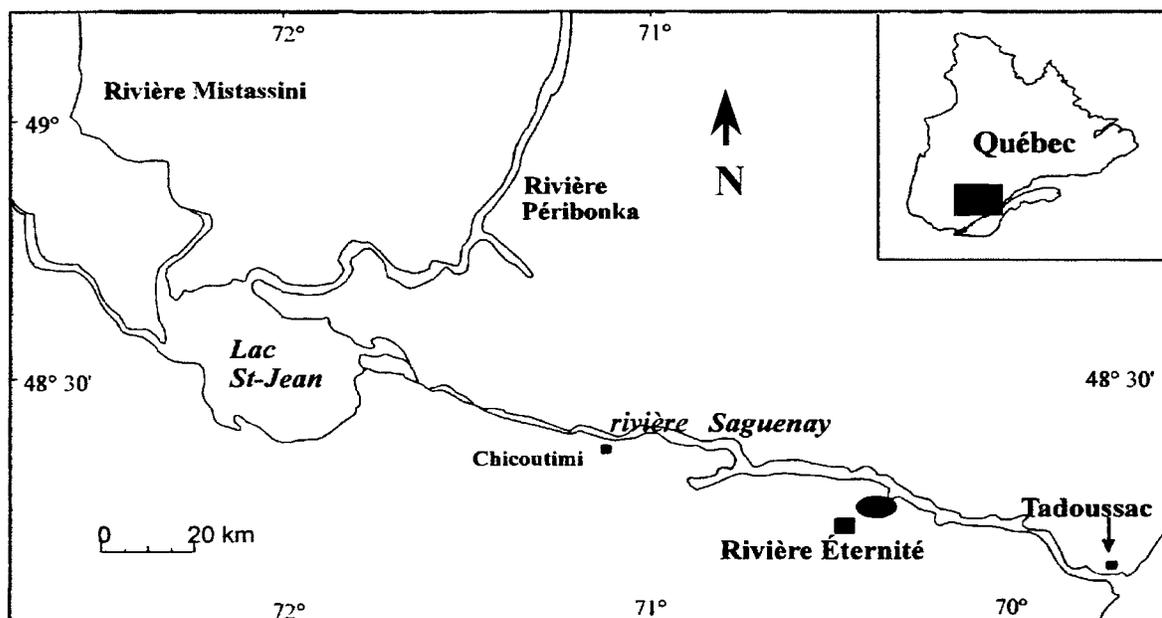
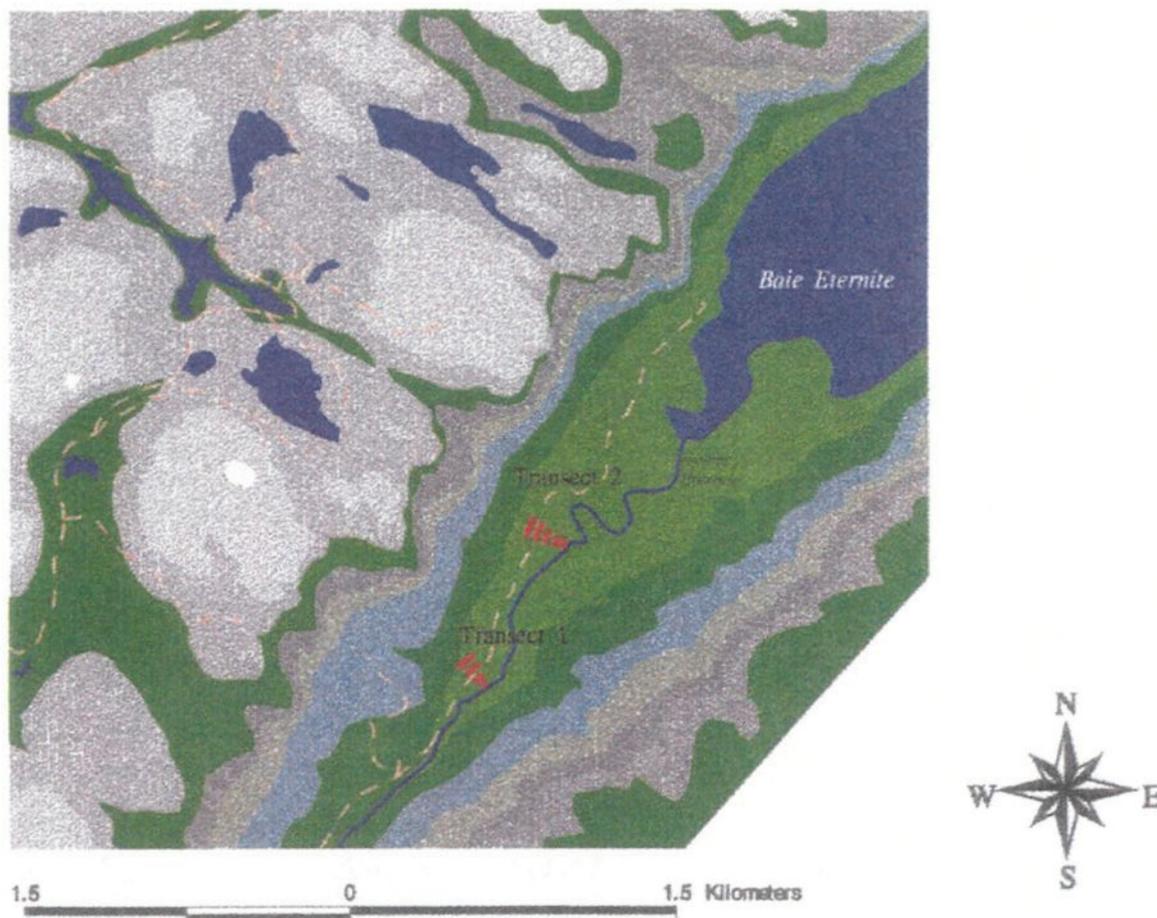


Figure 1 – Localisation de la région étudiée.



Conception Éric Lavoie

Figure 2 – Aire d'étude.

La rivière Éternité s'écoule essentiellement sur du till glaciaire. Sa déclivité est assez faible, sauf sur un tronçon d'environ 6 km où des chutes de faible hauteur et des rapides s'observent en amont de l'aire d'étude. L'altitude des sites d'échantillonnage (transects 1 et 2) oscille entre 10 et 40 m. Les espaces forestiers qui encadrent la rivière appartiennent au domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune (Bérard et Côté 1996). Des stations de sapinières à bouleau jaune, d'érablières à bouleau jaune et d'aulnaies composent la mosaïque forestière locale.

3.1.1 Transect 1

Le transect 1, tout comme le transect 2, se composait de barrières successives disposées en forêt (pour plus de précisions voir 3.2- Dispositif de captures). La longueur du transect 1 était de 150 m par rapport à son point d'origine situé sur la berge de la rivière Éternité. Les 20 premiers mètres du transect s'élevaient rapidement de 7 m par rapport à la rivière (figure 3). Ensuite, l'élévation progressait régulièrement tout au long du transect pour atteindre une altitude d'environ 37 m à son extrémité (distance d'éloignement de 150 m de la rivière).

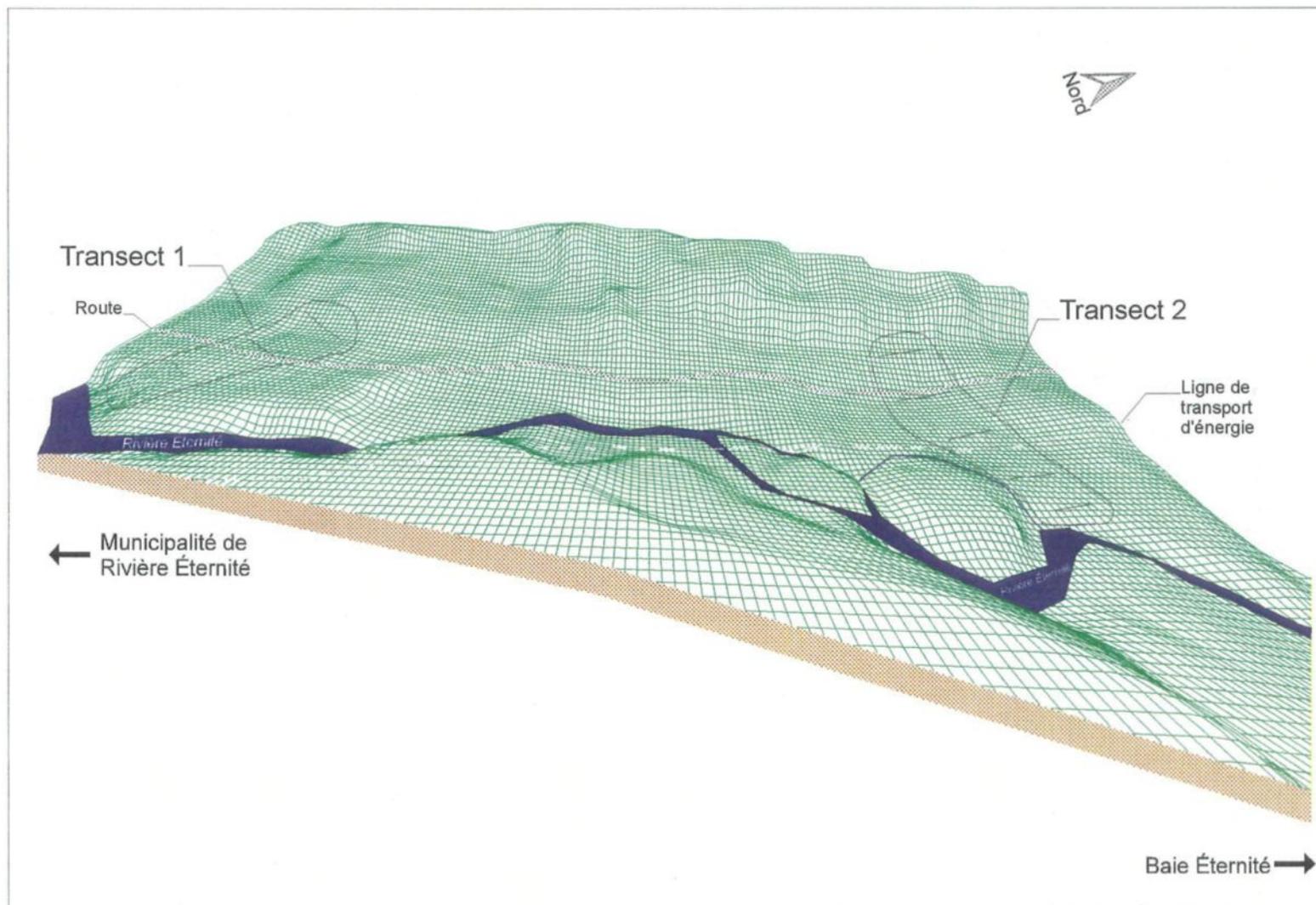
La sapinière à bouleau jaune dominait sur le site du transect 1. Cependant, à une distance de 100 m de la rivière, un îlot dense de sapins s'observait. Ce peuplement de très petite superficie bordait simplement l'espace occupé par la route d'accès menant à la baie Éternité, située plus en aval. Un fossé drainait les eaux d'un petit ruisseau tout au long de la route à cet endroit. Quelques érables à sucre (*Acer saccharum*) et des thuyas (*Thuja occidentalis*) étaient présents de façon ponctuelle à l'extrémité du site d'échantillonnage du transect 1 (distance d'éloignement de 150 m de la rivière).

3.1.2 Transect 2

Une topographie douce caractérisait la majeure partie du transect 2, lequel atteignait une longueur totale de 200 m *. Sur une distance de 150 m d'éloignement, par rapport à la rivière, l'altitude variait de 4 à 17 m seulement. Cependant, une élévation subite de 10 m apparaissait au cours des 50 derniers mètres du site d'échantillonnage (figure 3).

Une aulnaie humide occupait le site du transect 2 sur une distance de 150 m d'éloignement par rapport à la rivière. Un taux d'humidité élevé s'y est maintenu au cours des travaux réalisés en 1996 et en 1997. Une sapinière à bouleau jaune, où se dressaient

* Le transect 2 avait une longueur de 200 m plutôt que de 150 m comme le transect 1. Cela avait pour but d'observer, le cas échéant, la présence de salamandres à une distance de 200 m de la rivière.



Conception: Éric Lavoie

Figure 3 - Schéma de l'aire d'étude et de l'emplacement des transects 1 et 2.

localement quelques érables à sucre, colonisait les 50 derniers mètres du site d'échantillonnage du transect 2.

La route d'accès à la baie Éternité traversait le transect 2 à une distance d'environ 160 m par rapport à la rivière. Tout comme au transect 1, un fossé canalise un ruisseau tout au long de cette portion de la route. Ce ruisseau oblique ensuite vers la rivière Éternité et circulait, de façon diffuse, à l'intérieur du site d'échantillonnage du transect 2. Aussi, une bande ouverte aménagée pour le transport d'électricité (largeur d'environ six mètres) traversait le transect 2 à une distance d'éloignement d'environ 95 m de la rivière par rapport au point d'origine qui se situait sur la berge (figure 3).

Notons que ce site d'étude était longé par un bras actif de la rivière sur une grande partie de son parcours ce qui avait pour effet de faire varier la distance d'éloignement des barrières par rapport à la rive (figure 3).

3.2 Dispositif de capture

Des barrières complétées par des pièges au sol ont constitué le dispositif de capture. Cette méthode a été utilisée avec succès par plusieurs chercheurs pour la capture d'amphibiens dont Hurlbert 1960 ; Shoop 1965 ; Gibbons et Bennett 1974 ; Gibbons et Semlitsch 1981 ; Semlitsch 1981, 1985 ; Phillips et Sexton 1989 ; Sexton *et al.* 1990.

La prise des données s'est accompagnée d'un relevé quotidien de paramètres météorologiques tels que la quantité de pluie tombée en 24 heures et la température de l'air. Ils furent enregistrés à l'aide d'un hygrothermographe de marque Bendyx, placé dans un abri météorologique déposé au sol.

3.2.1 Barrières

Les transects 1 et 2 ont été mis en place par la construction de barrières successives, alignées parallèlement à la rivière (figure 4). Ce mode de disposition avait pour but de déceler des mouvements linéaires de salamandres et de favoriser les recaptures.

Une moustiquaire métallique à mailles fines et des piquets ont composé la structure de ces barrières (figure 5). La portion inférieure de la moustiquaire a été enfouie dans le sol à une profondeur moyenne de 10 centimètres. Des tronçons jumeaux *, disposés à angle, fermaient les extrémités des barrières afin de limiter le contournement du dispositif par les amphibiens (figure 6). En outre, des bandes de moustiquaire coiffaient la portion supérieure des barrières dans le but de prévenir le franchissement du dispositif par les animaux (figure 5). En effet, les salamandres à deux lignes grimpent aisément à des surfaces verticales. Thibault (1968) a effectué le même type d'observation au cours de la migration post-nuptiale de salamandres appartenant à cette espèce et note que les individus démontrent un géotaxisme négatif à ce moment.

Le transect 1 comprenait quatre barrières de 30, 40, 50 et 60 m de longueur. Ces barrières se situaient à une distance respective de 20, 50, 100 et 150 m de la rivière Éternité (figure 3). Le transect 2 comportait une barrière supplémentaire (60 m de longueur), située à 200 m du point d'origine du transect sur la berge de la rivière.

Les barrières comprenaient deux côtés fonctionnels (côté faisant face à la rivière « a » ; côté faisant face à la forêt « b »).

* Ces sections de barrière avaient majoritairement une longueur de 5 m. Toutefois, certaines d'entre elles étaient plus courtes à cause d'irrégularités rencontrées sur le terrain.

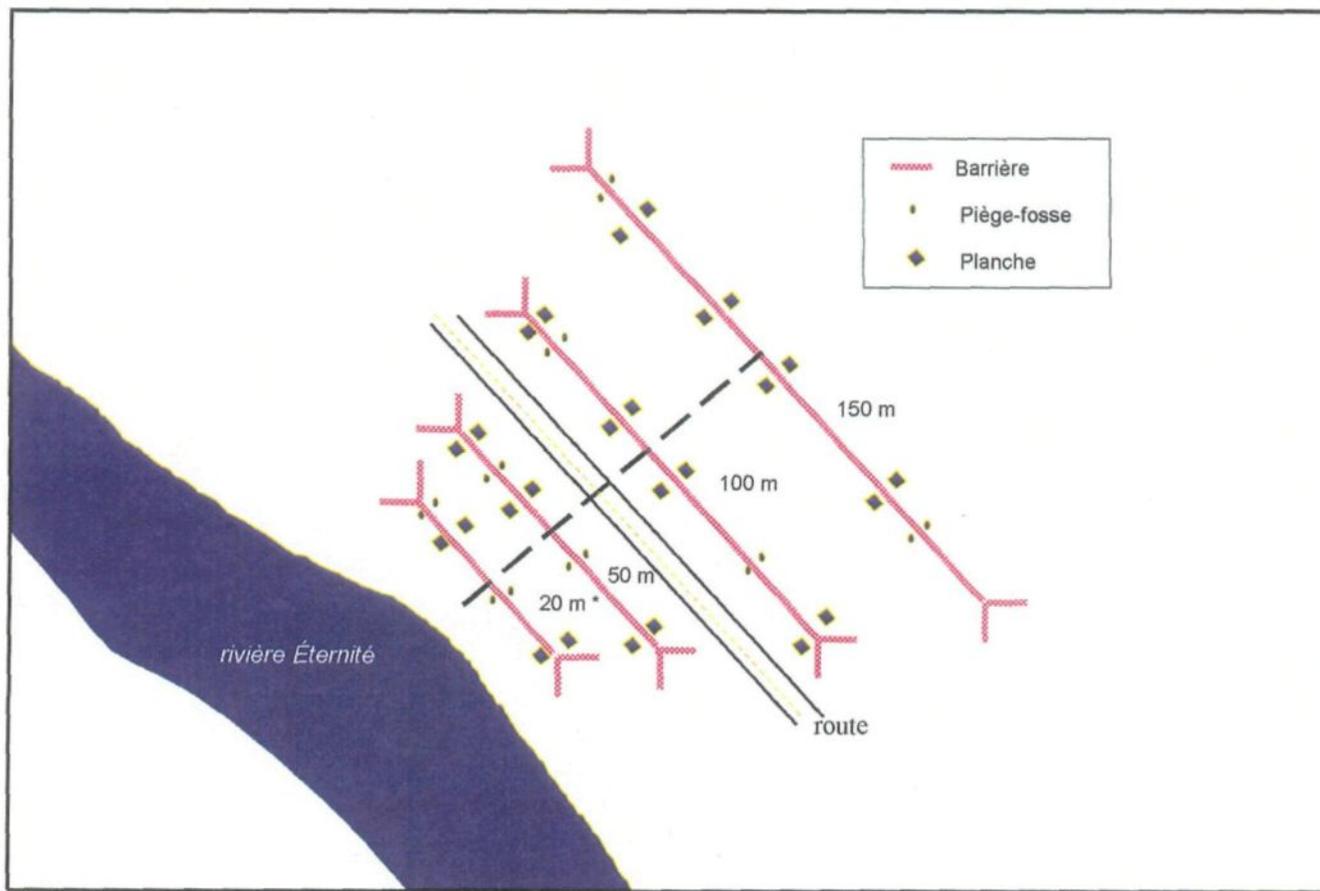


Figure 4 – Schéma d'un dispositif de capture.

* À noter que les barrières sont situées respectivement à 20, 50, 100 et 150 mètres de la rive nord de la rivière

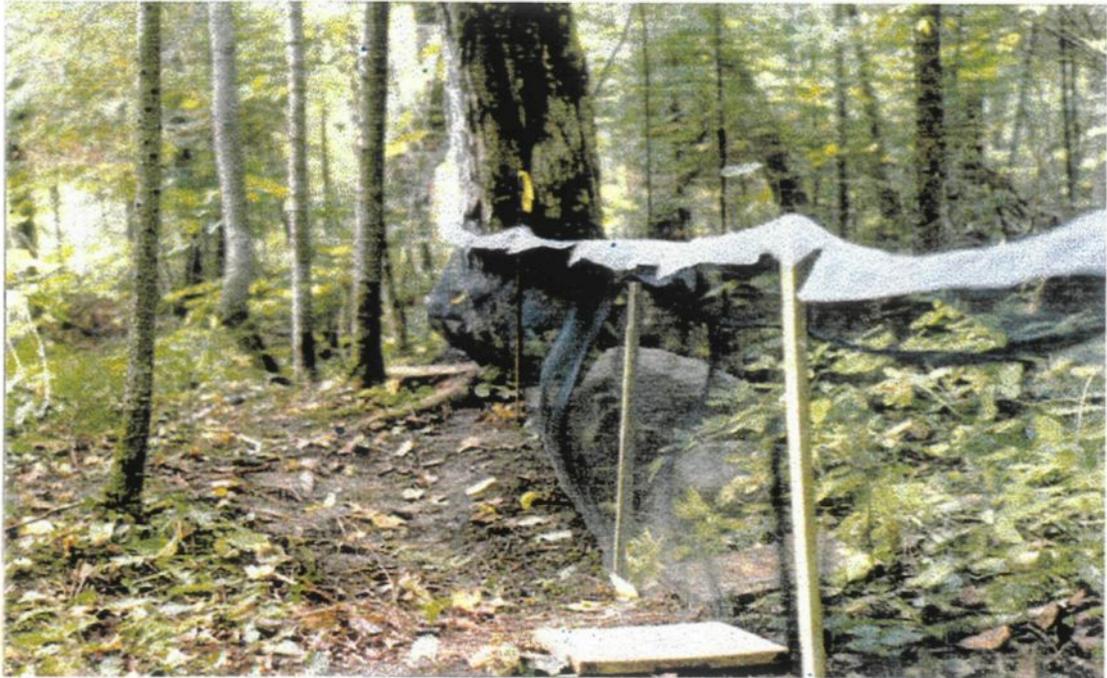


Figure 5 – Barrière de capture



Figure 6 – Extrémité d'une barrière de capture

3.2.2 Pièges

Deux types de pièges-fosse (seaux de plastique (15 et 20 l), pièges de type Multipher®) et des planches de bois * (900 cm²), tout au long et de part et d'autre des barrières, ont servi à la capture des amphibiens. Le tableau 1 résume l'effort de piégeage qui a été déployé dans l'aire d'étude en 1997 **.

Tableau 1 - Nombre de pièges par barrière et effort de piégeage ***

Type de piège	Barrière 1**** (84,66 m)	Barrière 2 (104,66 m)	Barrière 3 (124,66 m)	Barrière 4 (144,66 m)	Barrière 5 (144,66 m)
Planches	22	28	34	40	40
Seaux	4	4	4	4	4
Multipher®	4	6	8	8	8
Distance moyenne théorique d'éloignement des pièges	2,82	2,75	2,71	2,78	2,78

3.3 Récolte des données

Le relevé des pièges a été effectué quotidiennement (du 1^{er} juin au 14 octobre de 1996 et de 1997. Les travaux débutaient ordinairement au cours de la matinée (vers 9h00). La durée du relevé était variable puisqu'il dépendait du nombre de captures effectuées (durée variable de 1h30 à 3h00). La récolte des données a été complétée mensuellement par la capture et l'examen de larves dans la rivière (à raison de 6 heures par mois sur une section de la rivière d'une longueur de 200 m.

* Sur le sol inégal de la forêt, ces planches servaient de refuge aux salamandres qui y trouvaient obscurité et humidité.

** L'effort de piégeage a varié en 1996 (voir 3.4).

*** Seul le transect 2 comporte une barrière 5.

**** Longueur totale (deux barrières de 20 m à double côté et portant des extrémités disposées de façon angulaire).

3.3.1 Suivi des mouvements migratoires et inventaire d'Amphibiens

Chaque amphibien capturé dans le cadre de l'étude a été identifié, puis relâché du côté opposé de la barrière, dans le sens présumé du déplacement. Tout signe distinctif (cicatrice, amputation, traits du patron de coloration, etc.) a été noté dans l'éventualité d'une recapture. La longueur MC des salamandres a été mesurée. Aussi, chacune d'entre elles a été marquée au cours des travaux effectués en 1997. La technique de marquage utilisée comprenait la coupe de doigts (jamais plus de 2) en fonction d'un code journalier. Chaque amputation s'accompagnait d'une désinfection des plaies à l'aide de Bactine, un antiseptique topique reconnu pour le traitement de plaies chez les Amphibiens (Martin et Hong 1991).

Mentionnons que la technique de marquage par la coupe de doigts était un élément non essentiel à l'atteinte des principaux objectifs de cette étude. C'est pourquoi, malgré le fait qu'elle n'ait pas donné de résultats satisfaisants, il n'a pas été nécessaire de réajuster le protocole de travail. L'insatisfaction face à cette technique tient au fait que les doigts amputés semblent avoir été rapidement régénérés par les salamandres, rendant incertaine ou impossible l'identification subséquente des individus capturés à nouveau. Toutefois, 42 individus ont été recapturés de façon certaine à une ou à plusieurs reprises * au cours des travaux réalisés en 1997.

3.3.2 Détermination des groupes larvaires

Des larves de salamandres ont été capturées dans la rivière lors de recherches en eau peu profonde où l'écoulement lent de l'eau facilitait les observations. Les galets étaient soulevés délicatement, un à un, afin de découvrir les larves. Les pierres étaient ensuite replacées dans le lit de la rivière, habituellement à leur emplacement initial.

* Des individus ont été capturés à quatre et jusqu'à cinq reprises.

Les individus ont été capturés à la main ou à l'aide d'une petite épuisette puis déposés brièvement dans un récipient de plastique transparent contenant un peu d'eau de la rivière. La longueur MC des larves a été déterminée à l'aide d'une règle à mesurer apposée sous le fond du récipient. Des observations portant sur le stade de développement des larves ont complété l'examen (état de développement des branchies et des yeux, patron de coloration). Chaque salamandre a ensuite été relâchée à l'endroit initial de la capture.

3.4 Modifications apportées à la méthode en 1996

Le nombre et l'efficacité des barrières de captures ont varié au cours de la saison d'activité de 1996. La construction des barrières les plus éloignées de la rivière (barrière à 150 m (transect 1) et à 200 m (transect 2)) n'a pu être complétée qu'à compter du 28 juin. Le 19 et le 20 juillet, trois barrières du transect 2 (barrières à 20, 50 et 100 m) ont été détruites par de fortes inondations (voir 5.8). À partir de ce moment, la récolte des données a dû s'effectuer à l'aide de six barrières plutôt que neuf. Ces barrières ont été reconstruites au mois de mai 1997.

Aussi, des bandes de moustiquaire surplombant le dessus des barrières ont dû être installées au cours de la saison d'échantillonnage 1996 afin de prévenir le franchissement des barrières par les salamandres à deux lignes. L'ajout d'un tel dispositif a eu pour effet d'augmenter l'étanchéité du système de capture, provoquant ainsi une variation du succès de piégeage. Mentionnons que les bandes de moustiquaire étaient en place dès le début des travaux d'échantillonnage réalisés en 1997.

CHAPITRE 4
RÉSULTATS

4. Résultats

Le traitement des données s'est effectué en tenant compte de problèmes survenus au cours des travaux sur le terrain. Notamment, des inondations sévères ont affecté le dispositif de capture au mois de juillet 1996 (voir 3.4 et 5.8). Cet événement explique l'interruption de la prise des données du 20 au 24 juillet de cette même année. C'est pourquoi, des données obtenues en 1996 ont parfois été exclues des analyses.

4.1 Patron migratoire

La population étudiée a démontré un comportement migrateur au cours des saisons d'activité 1996 et 1997. Trois mouvements migratoires ont été observés.

4.1.1 Développement temporel et spatial

La saison d'activité terrestre des salamandres a débuté au cours des derniers jours du mois de mai pour prendre fin pendant la deuxième semaine du mois d'octobre selon les observations effectuées. La sommation du nombre de mouvements dirigés vers la rivière (b), au cours des deux années de prise de données, a été soustraite de la sommation du nombre de mouvements dirigés vers la forêt (a), pour chaque jour d'enregistrement des données. Les différences moyennes obtenues pour chaque jour ont servi à la construction d'une courbe cumulative (figure 7). L'application de tests de chi-carré (égalité de proportions $P \leq 0,05$) a permis de déterminer si les mouvements étaient faits au hasard ou significativement orientés. Le résultat de ces tests statistiques est illustré dans la portion supérieure de la figure 7.

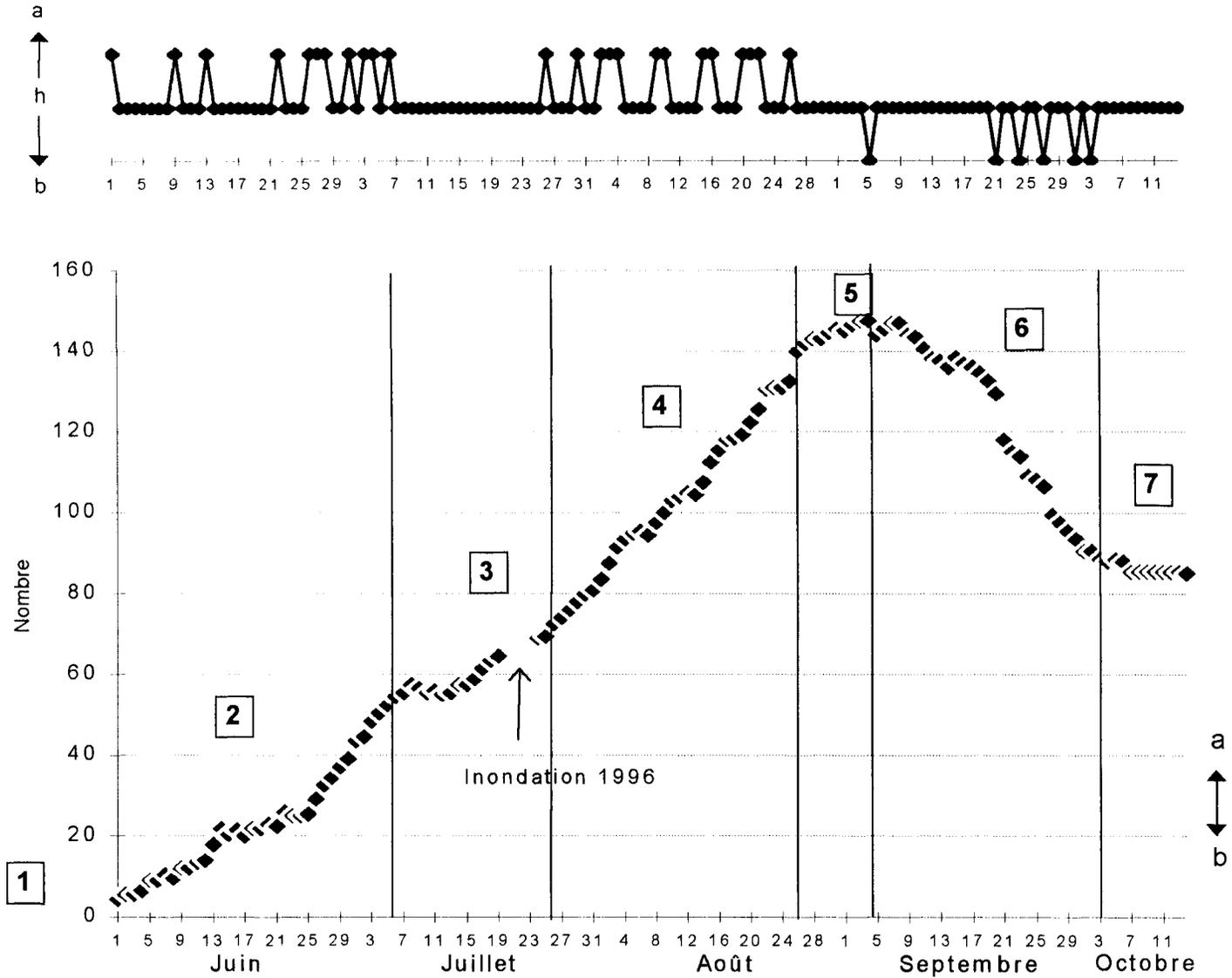


Figure 7 – Courbe cumulative des mouvements moyens de salamandres à deux lignes en fonction de la direction (a=forêt, h=au hasard, b=rivière), au cours des saisons d’activité 1996 et 1997.

Les résultats indiquent que la période d'activité annuelle des salamandres peut être divisée en 7 périodes (figure 7). En effet, les tests statistiques concluant à une orientation significative des déplacements se regroupent en trois périodes distinctes au cours de la saison terrestre d'activité des salamandres (périodes 2, 4 et 6). L'augmentation des mouvements dirigés pendant ces périodes est significativement différente des périodes adjacentes (tests de chi-carré d'égalité de proportions $P \leq 0,05$).

Au cours de la période 1, le dispositif de capture n'était pas en fonction. Cependant, des salamandres ont été aperçues à quelques reprises à proximité de la rivière. Notamment, des individus ont été observés en bordure de la rivière à partir du 24 mai 1996.

La période 2 (1^{er} juin au 6 juillet) comprend plusieurs mouvements dirigés significativement vers la forêt. Du 7 au 25 juillet (période 3), seuls des mouvements au hasard ont pu être notés dans l'aire d'étude. Des mouvements significativement dirigés vers la forêt ont été enregistrés à nouveau du 26 juillet au 26 août (période 4), tandis que la période suivante (période 5 ; 27 août au 4 septembre) fut caractérisée par des mouvements au hasard selon les résultats des analyses statistiques. Du 5 septembre au 3 octobre (période 6), des mouvements significativement dirigés vers la rivière ont été notés. À partir du 4 octobre, un nombre très faible de salamandres a été capturé dans l'aire d'étude (période 7). En milieu terrestre, la capture la plus tardive a été effectuée le 14 octobre 1997.

La figure 7 indique également que le nombre de captures effectuées au cours de la période 6 (mouvements significativement dirigés vers la rivière) ne représente qu'une part seulement (43 % *) de la moyenne des captures indiquant un mouvement orienté vers la forêt (périodes 2 et 4). Il y a donc eu 57 % moins de passages de salamandres qui ont été

* Valeur moyenne pour 1996 et 1997

enregistrées au cours des mouvements automnaux de retour à la rivière en 1996 et 1997, en comparaison du nombre de passages effectués en direction de la forêt.

La figure 8 illustre la distribution spatiale, par période, des salamandres capturées dans l'aire d'étude au cours des travaux effectués en 1997 *.

Au cours de la période 2 (1^{er} juin au 6 juillet), 123 salamandres ont été capturées (tableau 2). C'est à une distance de 20 m de la rivière que les salamandres ont été capturées en plus grand nombre (N = 58, 49 % des captures) (figure 8 et tableau 2). On remarque une diminution du nombre de captures en fonction de la distance d'éloignement par rapport au cours d'eau (figure 8). La majorité des déplacements ont alors été effectués en direction de la forêt (82 %).

Tableau 2 Nombre de captures et proportions relatives (orientation des déplacements, captures par barrière) par période, en 1997.

Période	Nombre de captures **	Déplacements vers la forêt (%)	Déplacements vers la rivière (%)	Barrière 20 m (%)	Barrière 50 m (%)	Barrière 100 m (%)	Barrière 150 m (%)
2	123	82	18	49	26	12	13
3	51	76	24	40	22	24	14
4	189	76	24	25	37	23	15
5	37	70	30	37	31	20	12
6	124	47	53	32	44	12	12
7	10	20	80	50	30	10	10

* Des contraintes survenues lors de la prise de données commandent l'exclusion ici des informations ayant trait à la saison 1996 (voir 5.8).

** Seulement 13 salamandres ont été capturées à la barrière située à 200 m au transect 2. Ces données ont été exclues ici sauf pour ce qui est du nombre total des captures par période.

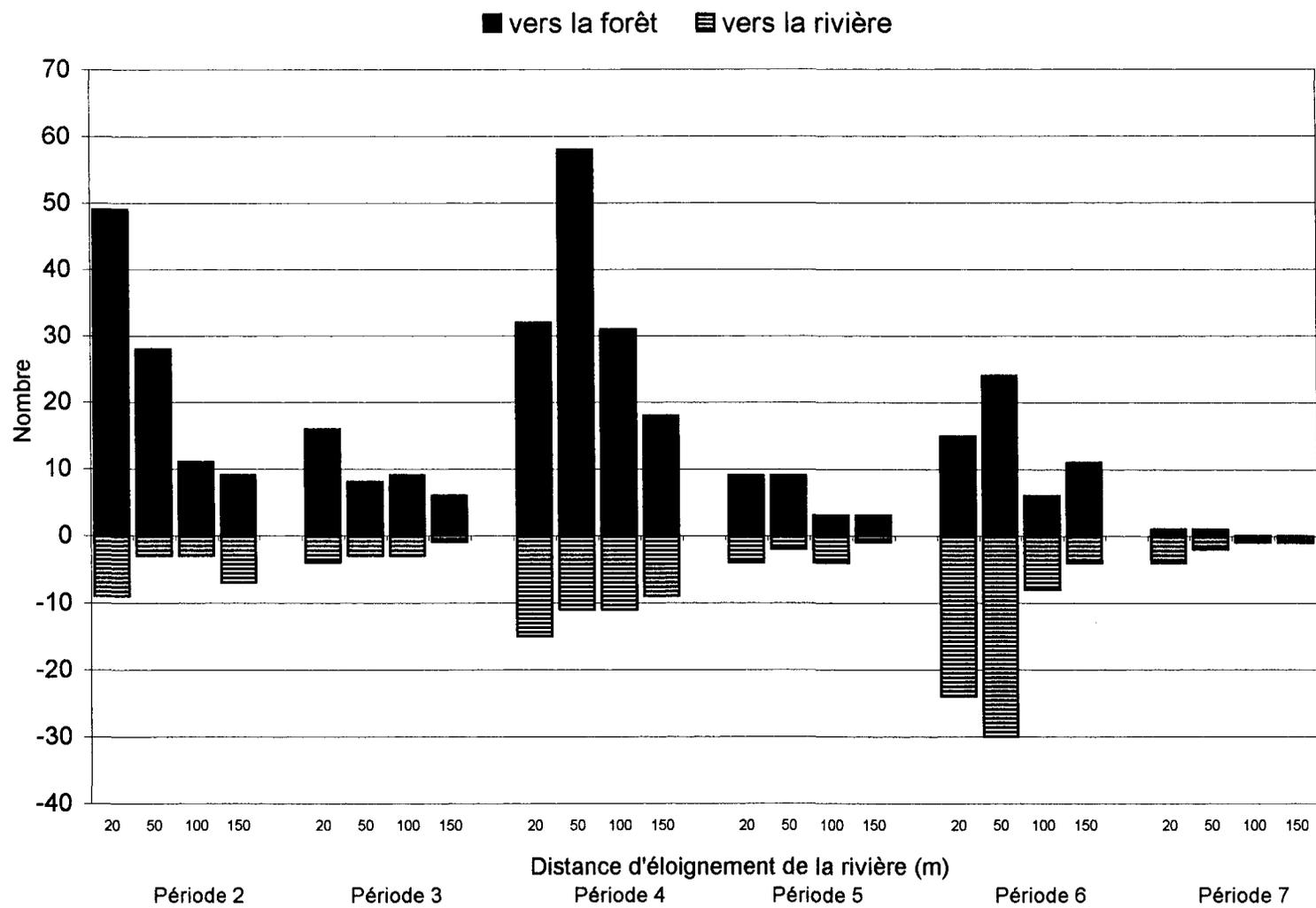


Figure 8 - Captures périodiques de salamandres à deux lignes à chacune des barrières (transects 1 et 2), en 1997.
 (À noter que les données de la barrière située à 200 m (transect 2) ont été exclues ici).

La période 3 (7 au 25 juillet) se caractérise par une diminution des captures dans l'aire d'étude (N = 51). Comme pour la période 2, un nombre de captures plus important a été enregistré aux barrières situées à 20 m comparativement aux barrières plus éloignées (N = 20, 40 % des captures) (figure 8 et tableau 2). La majorité des mouvements ont été effectués en direction de la forêt (76 %). Rappelons que les mouvements n'étaient pas significativement orientés, d'après les résultats des analyses statistiques effectuées pour cette période (tests de chi-carré d'égalité de proportions $P \leq 0,05$, figure 7).

Pas moins de 189 individus ont été capturés pendant la période 4 (26 juillet au 26 août) (tableau 2). On peut y noter, comme pour les périodes 2 et 3, une décroissance du nombre de captures en fonction de la distance d'éloignement par rapport à la rivière. Cependant, ce sont les barrières situées à une distance de 50 m qui ont livré le plus grand nombre de captures (N = 69, 37 % des captures) (figure 8 et tableau 2). En outre, les barrières de captures situées à une distance de 100 m et de 150 m ont livré un nombre de captures relativement élevé par rapport aux périodes précédentes (figure 8). Selon les données, 76 % des salamandres se déplaçaient en direction de la forêt au cours de cette période.

Tout comme pour la période 3, la période 5 (27 août au 4 septembre) se caractérise par un nombre peu important de captures (N = 37). La majorité des salamandres ont été capturées aux barrières situées à 20 m (N = 13, 37 % des captures) et à 50 m (N = 11, 31 % des captures). Les données indiquent que 70 % des individus capturés à ce moment se dirigeaient vers la forêt. Notons que les tests statistiques concluent à l'absence de mouvements significativement dirigés pour la période 5 (tests de chi-carré d'égalité de proportions $P \leq 0,05$, figure 7).

La période 6 (5 septembre au 3 octobre) se caractérise par un nombre élevé de captures (N = 124) en particulier aux barrières situées à 20 m (N = 39, 32 % des captures) et à 50 m (N = 54, 44 % des captures). Tout comme à la période 4, c'est à la barrière située

à 50 m que le plus grand nombre de captures a été enregistré. Au contraire des périodes précédentes, la majorité des déplacements (53 %) se sont effectués en direction de la rivière. Les analyses statistiques identifient plusieurs mouvements journaliers significativement dirigés vers la rivière au cours de cette période (tests de chi-carré d'égalité de proportions $P \leq 0,05$, figure 7).

Un faible nombre de salamandres a été capturé au cours de la période 7 (4 au 14 octobre) ($N = 10$). Seules 2 salamandres ont été capturées à une distance de 100 m et de 150 m de la rivière. C'est à la barrière située à 20 m qu'a été effectué le plus grand nombre de captures ($N = 5$, 50 % des captures). Au cours de cette période, 80 % des déplacements se sont effectués en direction de la rivière.

4.1.2 Caractérisation des migrants

Les salamandres capturées en milieu terrestre avaient une longueur MC variant de 24 à 53 mm. La figure 9 illustre les classes de longueur des individus et les regroupe en fonction des périodes déjà identifiées.

Des salamandres de taille variée (26 à 52 mm) ont été nombreuses ($N = 167$) à s'éloigner des abords de la rivière, au cours de la période 2 (1^{er} juin au 6 juillet), en 1996 et 1997. Un examen attentif de l'histogramme semble révéler l'existence de trois groupes parmi ce contingent. Cette figure (figure 9, période 2) montre également une diminution progressive du nombre d'individus en fonction de l'accroissement de la longueur MC. Un nombre relativement faible ($N = 46$) de salamandres de diverses tailles se sont rapprochées du cours d'eau, au cours de cette période.

Tout comme la période 2, la période 3 (7 au 25 juillet) présente un contingent de salamandres de longueur variée (25 à 50 mm) quoique moins nombreuses (figure 9). La

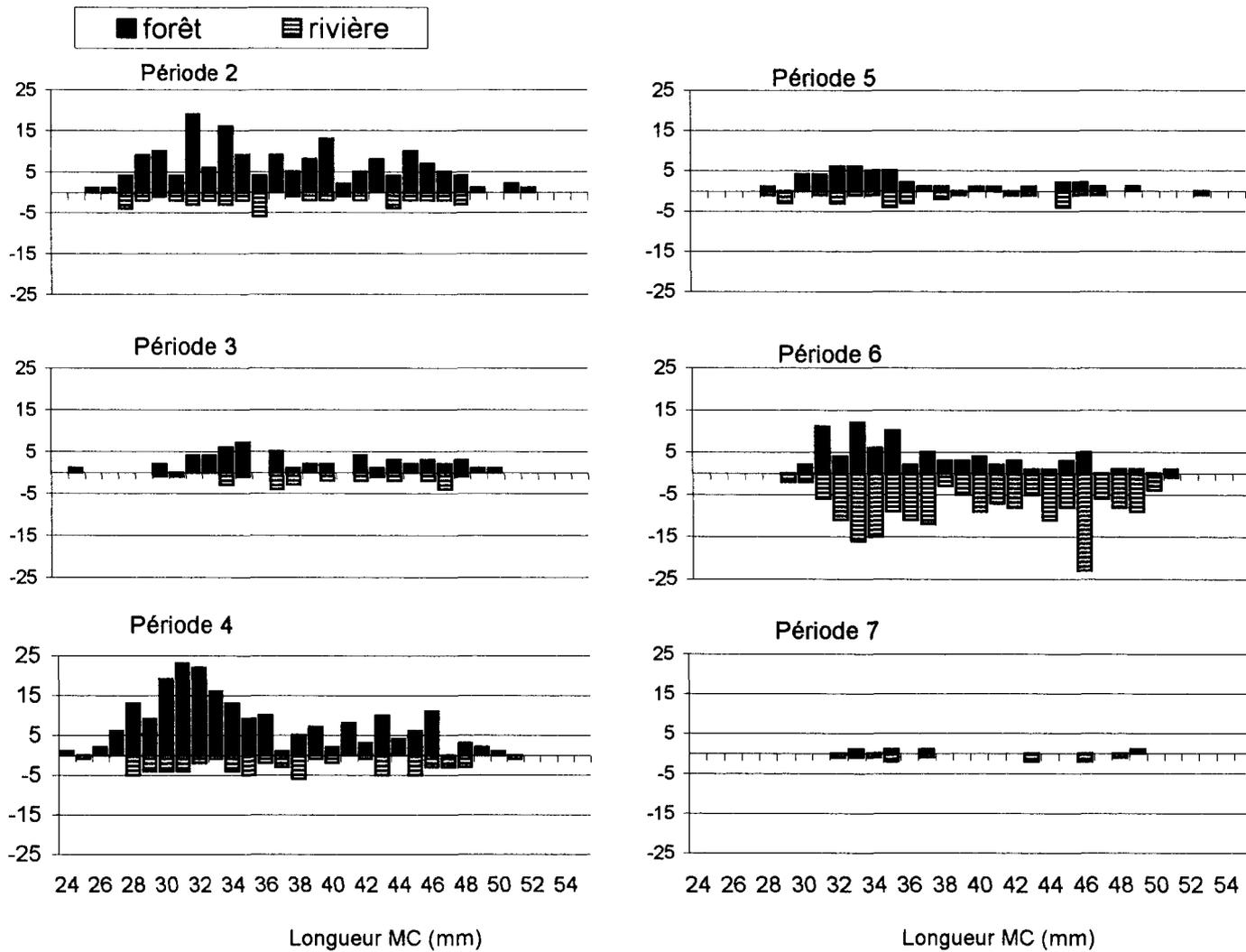


Figure 9 - Distribution périodique des longueurs de Salamandres à deux lignes, capturées en milieu terrestre, en 1996 et 1997.

période 4 (26 juillet au 26 août) se démarque par la forte proportion de salamandres de petite taille* qui ont effectué un déplacement en direction de la forêt (N = 156). Ce groupe s'est accompagné d'un nombre plus faible d'individus de grande taille (N = 50). Des déplacements en direction de la rivière ont été légèrement plus nombreux pendant la période 4 par rapport aux périodes précédentes (N = 65).

Au cours de la période 5 (27 août au 4 septembre), très peu de salamandres de grande taille ont été capturées (N = 18). Un nombre plus élevé de captures a été enregistré pour les salamandres de moins de 40 mm (N = 55). quelques individus de petite taille (N = 35) se sont éloignés de la rivière (figure 9). Seules 9 salamandres de plus grande taille ont adopté un tel comportement à ce moment, selon les données.

La période 6 (5 septembre au 3 octobre) se distingue par un grand nombre de déplacements de salamandres de diverses tailles en direction de la rivière (N = 191) comparativement au nombre de mouvements enregistrés en direction de la forêt (N = 80). Les salamandres qui s'éloignaient en forêt à ce moment étaient majoritairement des individus de taille réduite (31 à 37 mm). Notons que l'histogramme semble encore illustrer la présence de trois groupes parmi le contingent de salamandres capturées au cours de cette période.

Très peu de salamandres (N = 15) ont été capturées au cours de la période 7 (4 au 14 octobre). Ces individus, de taille variée, se sont majoritairement déplacés en direction de la rivière (N = 11).

La figure 10 illustre, de façon globale, le patron quotidien des déplacements dans l'aire d'étude en fonction de la taille des salamandres. Les captures ont été partagées en fonction de deux classes de longueur MC (< 40 mm, ≥ 40 mm).

* Par « petite taille », on entend ici des salamandres de moins de 40 mm (voir 4.2.4).

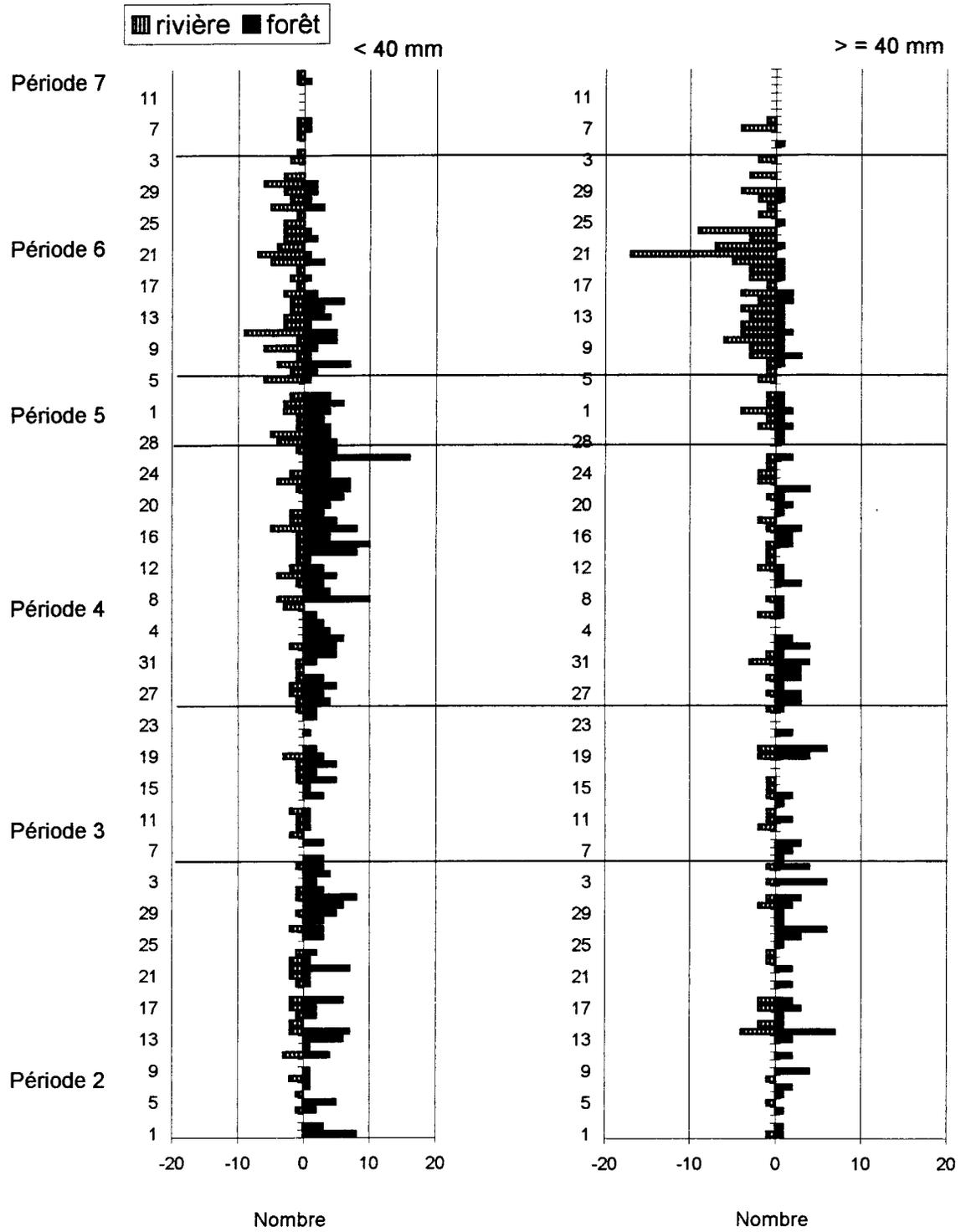


Figure 10 - Captures quotidiennes de salamandres à deux lignes en fonction de la direction des déplacements et de la taille (< 40 mm, > ou = 40 mm), en 1996 et 1997.

Les histogrammes révèlent la prédominance d'individus de moins de 40 mm* de longueur MC au sein des captures, en particulier au cours de la période 4 (26 juillet au 26 août). Parmi les salamandres dont la longueur MC a pu être mesurée au cours des saisons 1996 et 1997, 589 individus avaient moins de 40 mm comparativement à 333 qui avaient 40 mm ou plus.

Des salamandres appartenant aux deux classes de longueur se sont déplacées vers la rivière au cours de la période 5 (27 août au 4 septembre). Cependant, pour ce qui est des salamandres de 40 mm ou plus, un nombre égal (N = 9 ; 9) de déplacements se sont effectués vers la rivière et vers la forêt. Au contraire, 64 % des individus de moins de 40 mm se sont éloignés en forêt à ce moment.

Au cours de la période 6 (5 septembre au 3 octobre), les mouvements en direction de la rivière ont été plus nombreux autant chez les salamandres de petite taille que chez celles de taille supérieure. Toutefois, pendant la première moitié de cette période (5 au 16 sept.), un nombre proportionnellement important de salamandres d'une longueur de moins de 40 mm se sont dirigées vers la forêt (48 %). Pendant ce temps, seul 29 % des salamandres de grande taille ont adopté un comportement similaire, la majorité se dirigeant vers la rivière. Ajoutons que le 26 septembre 1997, des recherches effectuées en bordure immédiate du cours d'eau ont permis de découvrir pas moins de 21 salamandres de grande taille qui s'abritaient sous des pierres.

* Le choix ici de départager en fonction de deux groupes (< 40 mm, ≥ 40 mm) provient de la difficulté qu'amène le chevauchement observé entre les classes de longueur (difficulté rapportée aussi par Bruce (1985)). Toutefois, il a été noté dans cette étude que les salamandres de 40 mm et plus, observées à l'automne, présentaient des caractères sexuels (voir 4.2.4). En s'appuyant sur cette observation, il semble donc plus intéressant de former arbitrairement deux groupes : les salamandres de petite taille (< 40 mm) ne démontrant pas de caractères sexuels à l'automne et les individus de grande taille (≥ 40 mm) démontrant l'atteinte d'une maturité sexuelle à cette même période. Toutefois, il est probable que ces deux groupes englobent, en réalité, plusieurs classes d'âge.

4.2 Caractéristiques biologiques

Des éléments ayant trait au profil biologique de la Salamandre à deux lignes ont été notés tout au long des travaux effectués sur le terrain.

4.2.1 Dépôt et suivi de pontes

Trois pontes de salamandre à deux lignes semblant fraîchement déposées ont été observées dans la rivière Éternité au cours des saisons 1996 et 1997. Des phases de développement macroscopiques ont pu être notées au cours du suivi de l'une d'entre elles en 1996. Le tableau 3 présente ces observations.

En 1997, des investigations dans un petit ruisseau tributaire de la rivière Éternité et qui se situe légèrement en aval de l'aire d'étude, ont révélé la présence de larves de Salamandre à deux lignes. De plus, une ponte se composant d'une centaine d'embryons en développement a été observée sous l'une des pierres du cours d'eau.

Tableau 3 - Développement macroscopique observé chez des embryons de Salamandre à deux lignes au cours de la saison d'observation 1996

DATE	OBSERVATION
8 juin	Découverte de deux pontes fraîches. L'une d'elle se compose de 39 oeufs (figure 11). Une salamandre adulte et une larve s'abritent sous la même pierre. La seconde ponte comprend un nombre d'oeufs moins important.
15 juin	Les embryons sont blancs et en forme de virgule (figure 12). La ponte ne comprend plus que 35 oeufs dont 6 ne présentent aucun signe de développement. Une larve de salamandre s'abrite sous la pierre.
19 juin	Les embryons bougent dans leur coque gélatineuse. La larve qui s'abritait sous la pierre n'est plus là.
22 juin	Les embryons sont légèrement plus allongés et sont maintenant en forme de feuille. Une partie de la ponte semble morte. Il ne reste que très peu d'eau sous la pierre (baisse du niveau de la rivière). La pierre est déplacée de quelques centimètres pour que les oeufs continuent de baigner dans l'eau.
24 juin	Pas de changement notable.
29 juin	Les embryons sont très allongés. On peut voir les bourgeons des branchies et des pattes antérieures. Les embryons sont toujours de teinte blanchâtre. Une larve s'abrite sous la roche.
1 juillet	Pas de changement notable.
3 juillet	Les yeux des embryons sont maintenant apparents. La portion supérieure de la frange natatoire dorsale a pris une teinte grise.
10 juillet	Des pluies très abondantes ont gonflé la rivière Éternité. La ponte est disparue. La surface de la roche a été complètement nettoyée.

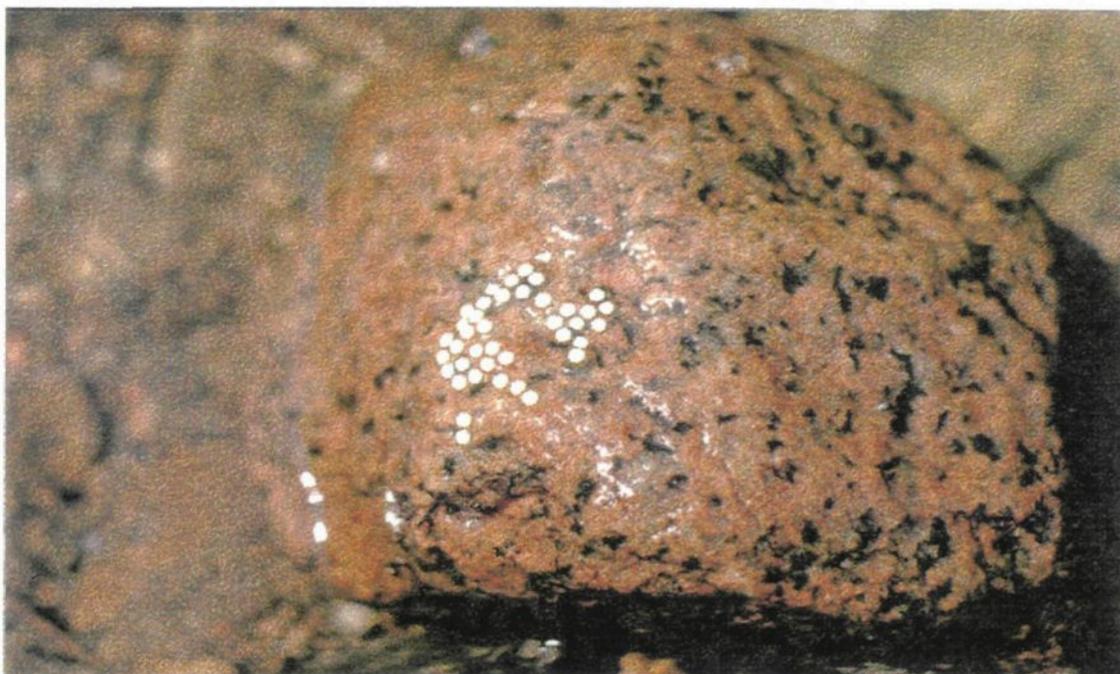


Figure 11 – Ponte de Salamandre à deux lignes.

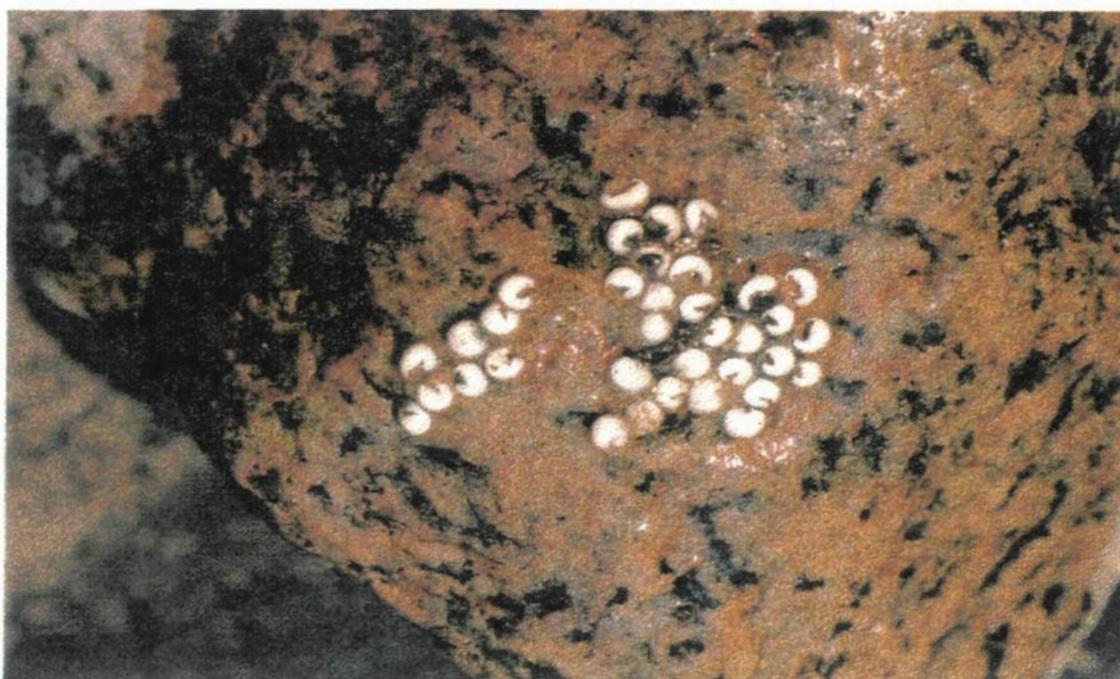


Figure 12 – Embryons de Salamandre à deux lignes.

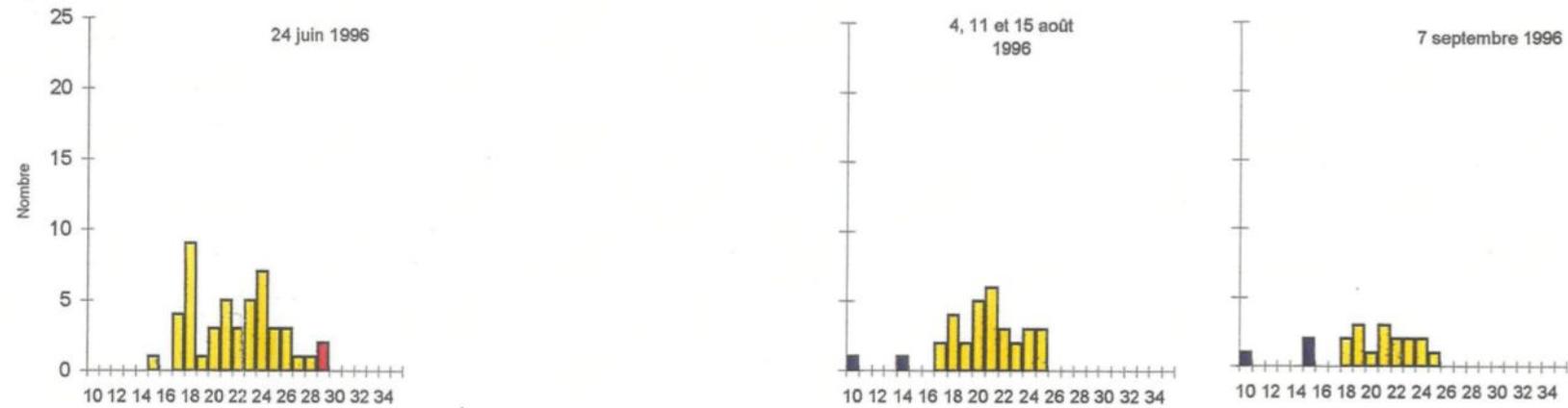
4.2.2 Classes de longueur

La mesure de la longueur MC de larves capturées dans la rivière indique un patron de développement similaire chez ce groupe au cours des saisons 1996 et 1997.

La figure 13 illustre la distribution des longueurs MC des larves capturées dans la rivière au cours des saisons 1996 et 1997. Malgré un certain chevauchement des longueurs MC mesurées chez les différents contingents de larves, les observations de terrain et les données permettent d'y déceler clairement trois groupes d'âges. Mentionnons que le succès de captures mensuel n'est pas en relation avec le nombre de larves présentes dans le secteur d'inventaire, mais est plutôt fonction des contraintes rencontrées lors des prises de données (niveau de la rivière, température de l'eau, degré de dispersion des larves, conditions nuageuses offrant une mauvaise visibilité dans l'eau, etc.).

Aux mois de juin 1996 et 1997, des larves appartenant à deux groupes ont été observées dans la rivière (âges estimés 1+, \geq 2+). Un premier groupe de larves possédait une longueur variant de 15 à 28 mm (figure 13, en jaune dans la légende). Le second groupe, d'une longueur de 29 et de 30 mm, présentait des caractères annonciateurs d'une métamorphose imminente (figure 13, en rouge dans la légende)..

1996



1997

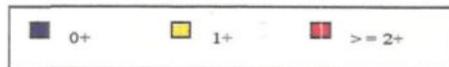
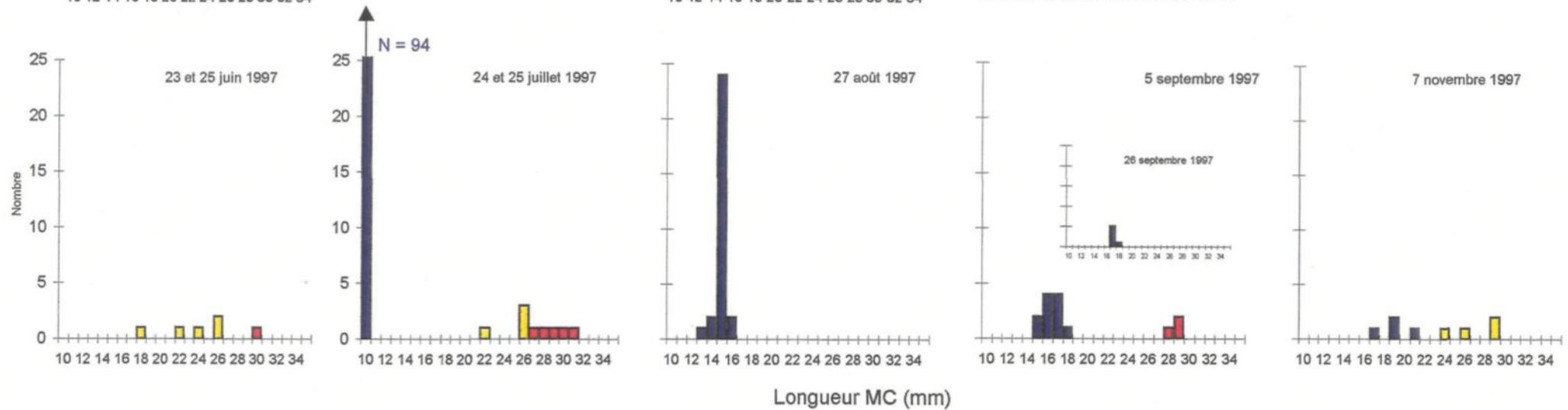


Figure 13 - Distribution des longueurs de larves de Salamandre à deux lignes capturées dans la rivière Éternité, en 1996 et 1997.

Ces caractères sont :

- ◆ une réduction importante de la surface branchiale ;
- ◆ le stade de développement des yeux (plus ou moins saillants) ;
- ◆ une coloration se rapprochant de celle des individus métamorphosés ;
- ◆ une longueur MC relativement importante par rapport aux autres larves.

Il n'a pas été possible de rechercher des larves de salamandre dans la rivière, au mois de juillet 1996, en raison du niveau très élevé du cours d'eau. En effet, des pluies très importantes ont eu lieu pendant les premiers jours de juillet et de fortes inondations sont survenues à compter de la nuit du 19 au 20 août. Cependant, des larves de salamandres nouvellement écloses (longueur MC 10 mm, âge 0+) ont été observées dans la rivière à compter du mois de juillet 1997 (figure 13, en bleu dans la légende). Ces individus étaient alors très nombreux et avaient tendance à se regrouper sous les pierres du cours d'eau. Seulement 9 larves appartenant aux deux groupes d'âges précédemment décrits ont pu être capturées à ce moment. Parmi elles, soulignons la présence de larves présentant des caractères annonçant la métamorphose (longueur MC de 27 à 31 mm, âge estimé $\geq 2+$).

Seules, 2 larves âgées de 0+ ont été capturées au mois d'août 1996. Il semble que les inondations survenues en juillet 1996 aient fortement affectées les larves de ce groupe dans le tronçon de rivière étudié. À ce moment, ces individus étaient accompagnés d'une seconde cohorte de larves (âge estimé 1+) dont la longueur MC variait de 17 à 25 mm. Au mois d'août 1997, des larves âgées de 0+ étaient nombreuses dans le cours d'eau. La longueur MC des individus capturés variait maintenant de 13 à 16 mm. Il n'a pas été possible de trouver des larves 1+ lors de ces recherches.

À partir du mois de septembre 1997, un nombre peu important (N = 17) de larves 0+ ont pu être localisées dans la rivière. Les individus observés ne démontraient plus alors de tendance au regroupement avec leurs congénères tel qu'observé aux mois de juillet et août.

Il n'a pas été possible de trouver des larves 1+ lors de ces recherches. Des larves d'une longueur MC de 28 mm et de 29 mm (N = 3) présentaient des caractères annonciateurs de la métamorphose (âge estimé $\geq 2+$).

Au mois de novembre 1997, 8 larves d'une longueur MC de 17 à 29 mm (âges 0+, 1+(estimation)) ont pu être capturées dans la rivière.

Tout comme la population de larves, les groupes de salamandres capturées en milieu terrestre présentent un chevauchement des classes de longueur. L'image respective de la structure des cohortes de salamandres (capturées en milieu terrestre), aux mois de septembre 1996 et 1997 (figure 14), semble indiquer la présence de trois groupes d'âges.

Le premier d'entre eux représente les salamandres de plus petite taille dont plusieurs atteignaient une longueur MC de 33, 34 ou 35 mm en septembre. La longueur MC des membres de cette cohorte, dont l'âge est estimé à 2+, atteint 29 mm chez les plus petits sujets. La limite supérieure est difficile à établir à cause du recouvrement avec la classe de longueur adjacente.

Le second groupe de salamandres est hypothétique. Toutefois, un examen attentif des histogrammes de la figure 14 révèle une légère recrudescence du nombre d'individus atteignant une longueur MC de 40 mm (âge estimé de 3+), au mois de septembre. Les limites de longueur de ce contingent possible de salamandres se superposent fortement aux classes voisines, rendant ainsi difficile l'interprétation des données.

Le dernier regroupement de longueurs MC correspond aux salamandres de taille supérieure, dont plusieurs atteignaient 46 mm au mois de septembre. Cet effectif comprend probablement plus d'une classe d'âge (4+, 5+,...). La longueur MC maximale mesurée a été de 51 mm en cette période. Toutefois, deux salamandres atteignant respectivement 52 et 53 mm MC ont aussi été capturées durant l'étude.

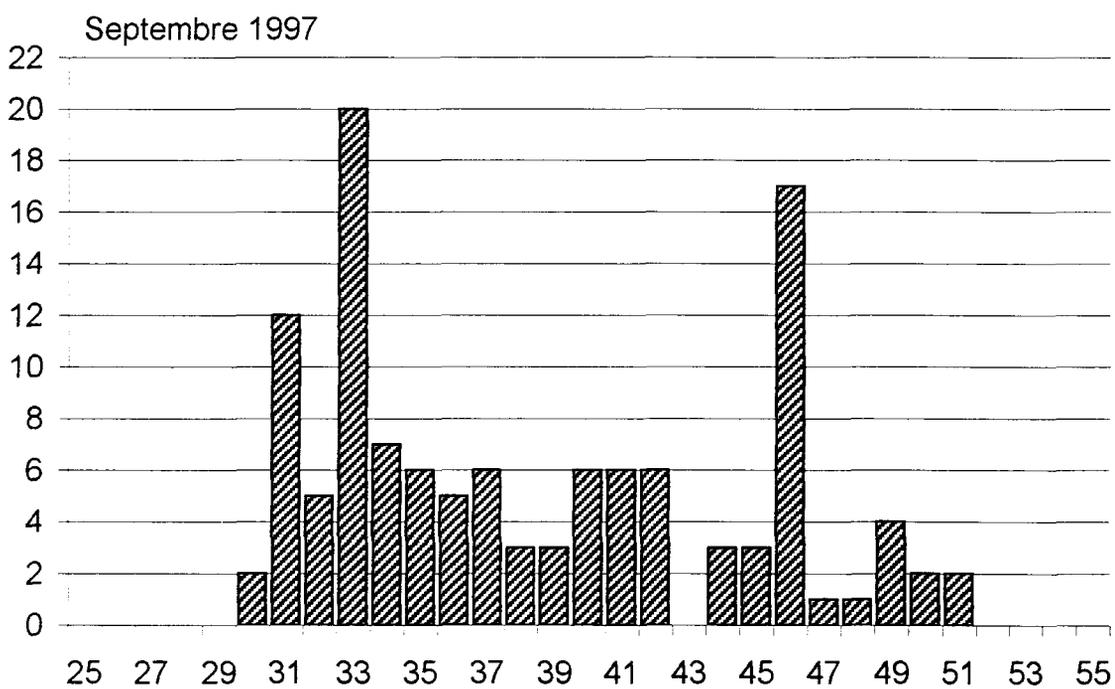
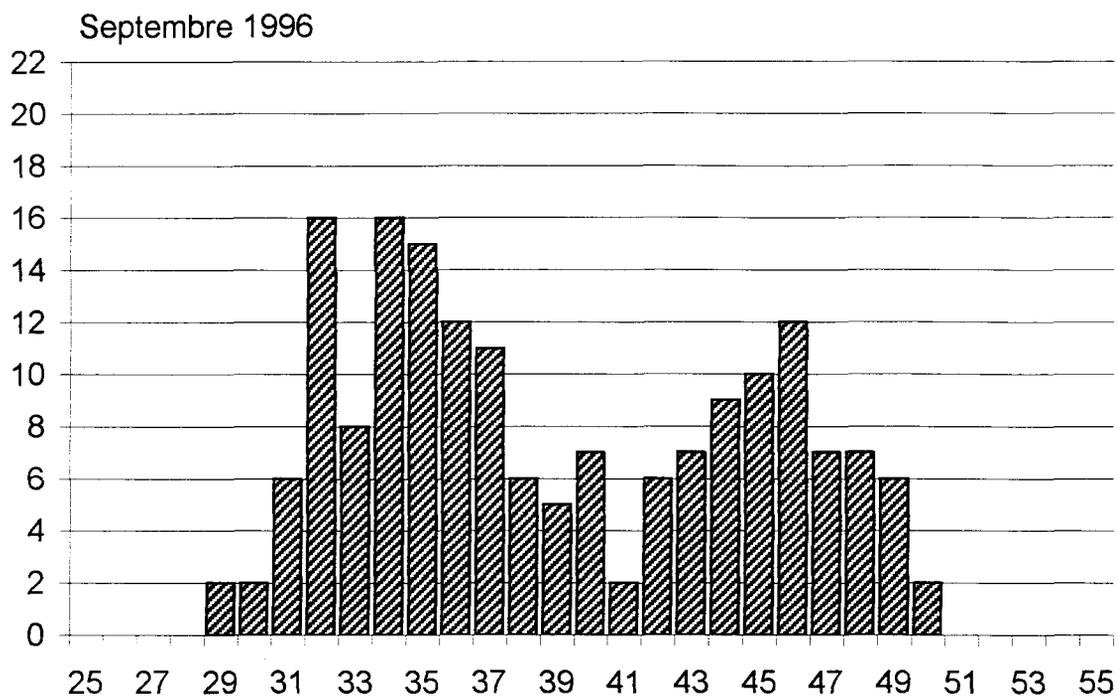


Figure 14 - Distribution des longueurs (MC) de salamandres à deux lignes capturées en forêt, dans la vallée de la rivière Éternité, au cours des mois de septembre 1996 et 1997.

La figure 15 constitue un essai de regroupement en classes de longueur de salamandres capturées en milieu terrestre au cours d'une saison d'activité. Ces classes, essentiellement basées sur des observations de terrain, sont associées à des groupes d'âges pour la population étudiée de salamandres à deux lignes.

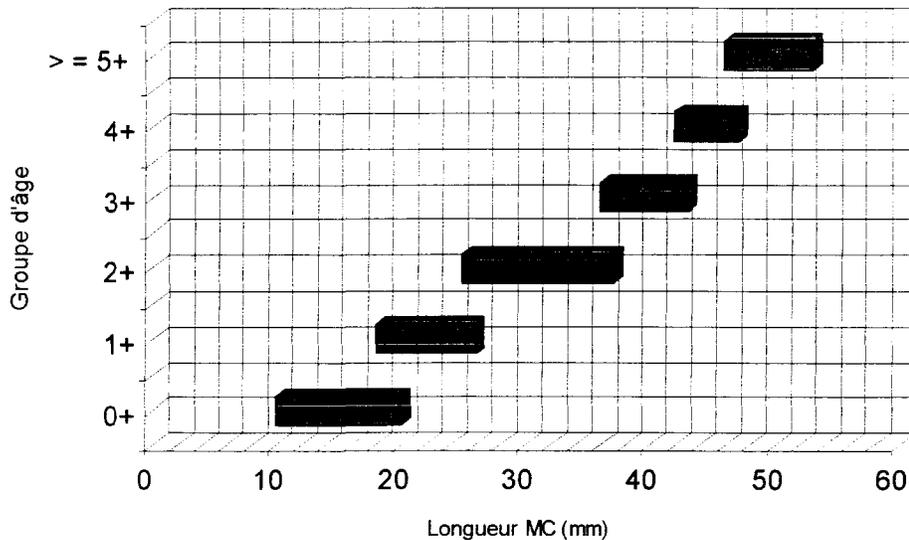


Figure 15 – Estimation des classes de longueur et des groupes d'âges au cours d'une saison.

Une variation importante de la longueur a été observée au sein de chacune des classes proposées, les trois regroupements de classes de longueurs inférieures démontrant la plus grande variabilité. Aussi, on note un chevauchement entre les classes de longueur.

4.2.3 Rythme de croissance

Lors des relevés effectués au mois de juillet 1997, les larves 0+ (N = 94) ont arboré, sans exception, une longueur MC de 10 mm (figure 13). Cependant, à la fin du mois d'août

1997, les larves capturées et appartenant à ce même groupe d'âge (N = 29) affichaient un accroissement de leur longueur MC de l'ordre de 3 à 6 mm et par conséquent une légère variabilité. Au cours des relevés suivants (septembre 1997 (2 relevés) et novembre 1997), un faible nombre de larves 0+ ont pu être capturées et mesurées (N = 17 en septembre, N = 4 en novembre). Les données indiquent que le gain de croissance des larves 0+, à compter de la fin juillet 1997 jusqu'au début du mois de novembre de cette même saison, peut être estimé à 9 mm (figure 13). Un tel accroissement correspond donc à une augmentation de la longueur MC de 90 % par rapport à la taille des larves peu après l'éclosion. Le faible nombre de captures de larves de salamandre appartenant aux autres groupes d'âges ne permet pas d'estimer leur rythme de croissance saisonnier.

Les individus capturés en milieu terrestre, appartenant au groupe de salamandres de taille supérieure, ont semblé démontrer un accroissement saisonnier estimé à 1 mm (figure 9, comparaison des périodes 2 et 6). Les données ne permettent pas d'estimer le gain de croissance saisonnier des salamandres terrestres de tailles inférieures.

4.2.4 Caractères sexuels, dimorphisme et rapport des sexes

Une proportion de 62 % des salamandres d'une longueur MC de 40 mm ou plus présentaient des caractères sexuels à partir du début du mois de septembre. Ces caractères sont :

- ◆ le bombement de glandes chez les mâles, l'une située sous le menton (glande mentonnière) et la seconde située à la base de la queue du côté dorsal ;
- ◆ le gonflement de l'abdomen des femelles et la présence de masses blanches (oeufs en développement) visibles au travers de la peau, du côté ventral.

Une longueur MC moyenne de 46,47 mm a été mesurée pour les femelles et de 43,44 mm chez le groupe des mâles. L'application d'un test d'analyse de variance révèle une différence significative de la longueur MC entre le groupe des femelles et des mâles (probabilité d'erreur inférieure à 0,0001). Les salamandres femelles capturées dans l'aire d'étude sont plus longues (longueur MC) que les mâles. La figure 16 illustre ces résultats et indique aussi, pour le groupe des mâles, une variabilité de la longueur MC légèrement supérieure à celle des femelles.

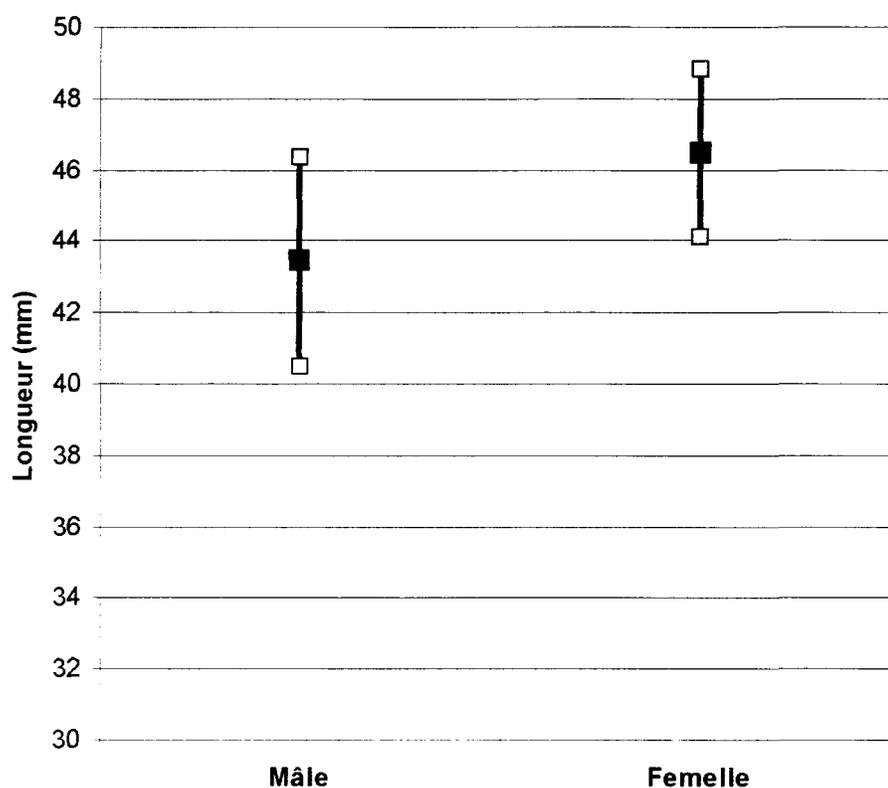


Figure 16 – Variation de la longueur (MC) des Salamandres à deux lignes (longueur MC \geq 40 mm) en fonction du sexe, au cours des mois de septembre et octobre 1996 et 1997.

Un nombre de 34 mâles et de 51 femelles ont pu être déterminés parmi les captures de salamandres effectuées en milieu terrestre au cours des mois de septembre et d'octobre 1996 et 1997. Ces valeurs indiquent un rapport automnal mâle-femelle de 1 : 1,5 au sein de la récolte. L'application d'un test de chi-carré d'égalité de proportions indique une différence non-significative, au seuil de 5 %, quant au nombre d'individus appartenant aux deux groupes considérés ($P > 0,0651$).

4.3 Conditions météorologiques et succès de captures de salamandres

Une attention a été portée à l'influence que peuvent exercer les précipitations et la température de l'air sur les déplacements de la Salamandre à deux lignes dans l'aire d'étude.

4.3.1 Les précipitations

Les précipitations ont été bien distribuées dans le temps tout au long des travaux effectués au cours des saisons 1996 et 1997. La seule période faisant exception correspond à de fortes pluies qui se sont abattues à la mi-juillet 1996. Il s'ensuivit des inondations sévères qui ont affecté une partie du secteur à l'étude.

La figure 17 met en relation, pour les saisons 1996 et 1997 respectivement, l'occurrence et l'intensité des précipitations avec le succès journalier de captures de salamandres à deux lignes. Des captures ont été réalisées fréquemment lors de jours sans précipitations. Toutefois, aux journées où des pluies sont survenues succèdent habituellement des jours marqués par un plus grand nombre de captures de salamandres. La différence quant au nombre journalier de captures, effectuées en présence ou non de pluie, s'est révélée significative statistiquement pour la majorité des périodes considérées au tableau 4. Un plus grand nombre de captures a été réalisé lorsqu'une pluie est survenue au

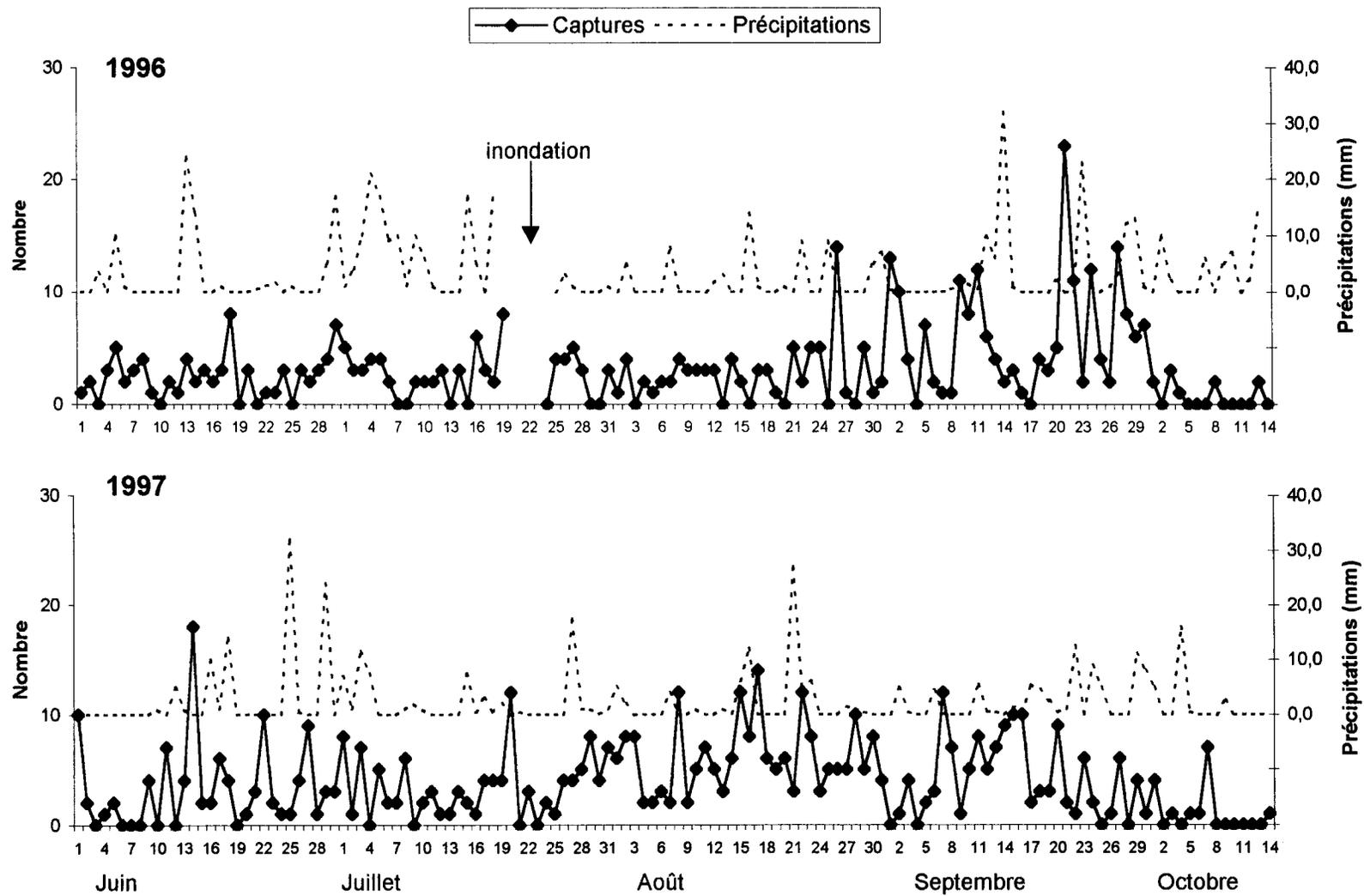


Figure 17 - Captures quotidiennes de salamandres à deux lignes en fonction des précipitations survenues au cours des 24 heures précédentes, en 1996 et 1997.

cours des 24 heures précédentes. Seule la période du 4 au 14 octobre s'est avérée non significative.

Tableau 4 : Résultats des tests de chi-carré d'égalité de proportions

Période	X ₂	P
Saisons 1996 et 1997 (1 ^{er} juin au 15 octobre)	109,6	**
Période 2 (1 ^{er} juin au 6 juillet)	27,6	**
Période 3 (7 au 25 juillet)	4,0	*
Période 4 (26 juillet au 26 août)	35,2	**
Période 5 (27 août au 4 septembre)	13,3	**
Période 6 (5 septembre au 3 octobre)	11,6	**
Période 7 (4 au 14 octobre)	0,04	n.s.

Niveaux de signification : n.s. $P > 0,05$

* $0,05 \geq P > 0,025$

** $P \leq 0,005$

La figure 17 indique également qu'une pluie, même peu importante quantitativement, provoque l'augmentation du nombre de captures de salamandres, lorsqu'elle survient après une période sans précipitations. Les faibles pluies survenues au cours de la deuxième semaine de juin en 1997 en sont un exemple. Aussi, une pluie, même importante quantitativement, qui succède à des journées avec précipitations n'a que peu

d'impact sur le nombre de captures. Mentionnons, comme exemple, les fortes pluies qui sont survenues à la mi-septembre 1996 et qui n'ont pas eu d'effet apparent sur le succès de captures.

Afin de vérifier l'influence possible qu'exerce la quantité de pluie sur le succès de captures de salamandres, des indices de captures par classe de précipitations ont été calculés. L'indice tient compte du nombre d'individus capturés par classe de précipitations (quantité de pluie tombée au cours des 24 heures précédentes), ainsi que du nombre de représentation des diverses classes de précipitations au cours des saisons 1996 et 1997.

L'indice de capture (IC) se calcule selon la formule suivante :

$$\% \text{ captures par classe de précipitations} / \% \text{ représentation des classes de précipitations} = \text{IC}$$

$$((\text{CS} \div \text{CTS}) \times 100) \div ((\text{NJ} \div \text{NJT}) \times 100) = \text{IC}$$

CS = Captures salamandres (associées à 0 mm de précipitations)

CTS = Captures totales de salamandres (1996-1997)

NJ = Nombre de jours sans précipitations (0 mm)

NJT = Nombre total de jours avec ou sans précipitations (1996-1997)

Exemple de calcul pour l'indice à 0 mm de précipitations :

$$((458 \div 940) \times 100) \div ((136 \div 264) \times 100) = 0,9$$

Il n'existe pas de lien apparent entre le succès de capture en 1996 et 1997 et la quantité de pluie qui est tombée au cours des 24 heures précédentes (figure 18). Ces informations sont également appuyées par les résultats non significatifs, au seuil de 5 %, obtenus lors de l'analyse de régressions pour les saisons 1996 et 1997 respectivement.

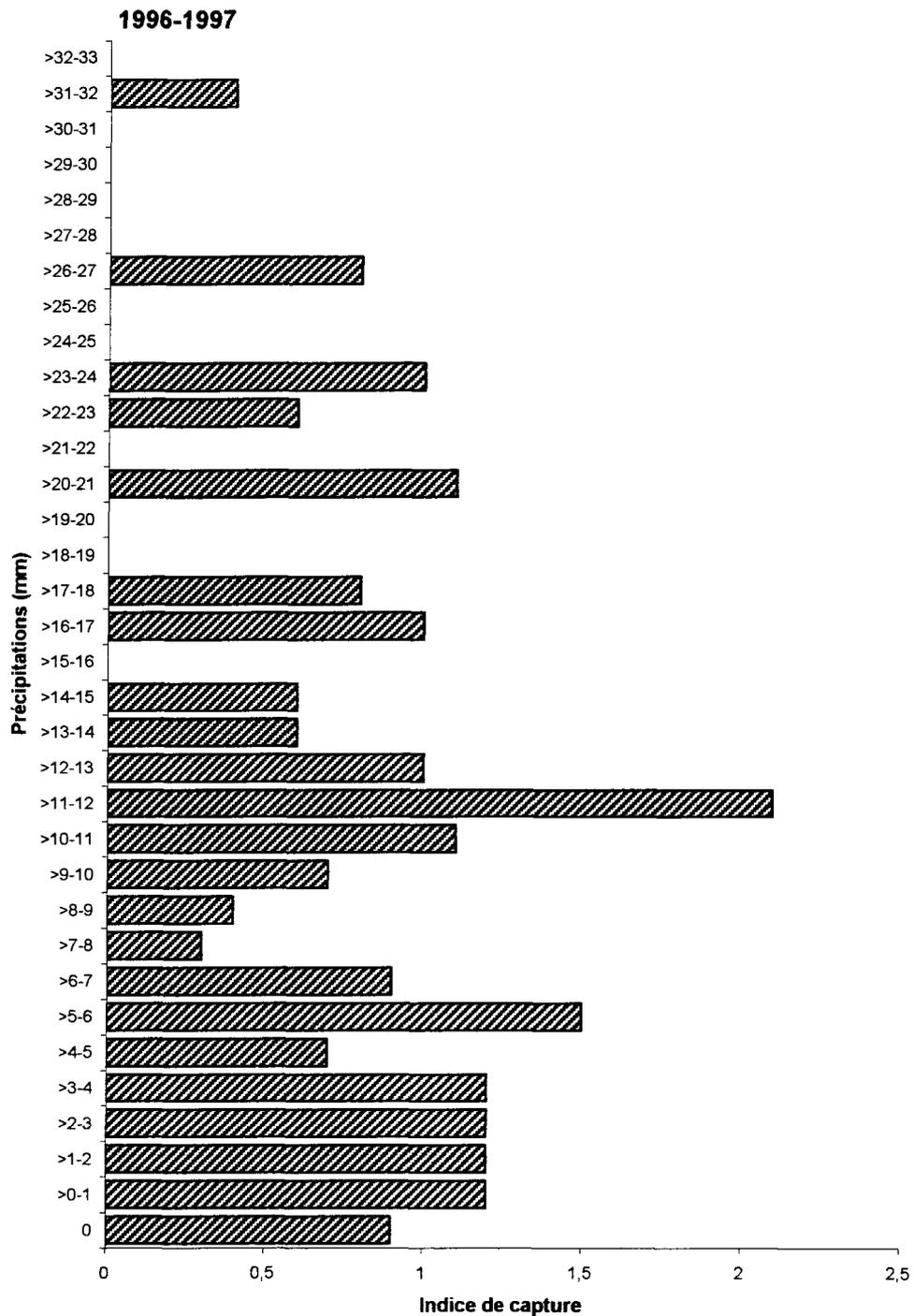


Figure 18 - Indice de capture de salamandres à deux lignes en fonction des précipitations survenues au cours des 24 heures précédentes.

4.3.2 La température

La température moyenne nocturne (moyenne des températures enregistrées à toutes les heures, de 18h00 à 6h00, précédant la prise des données) exerce une influence sur le succès des captures dans l'aire d'étude (figure 19). La température la plus basse qui ait été enregistrée au cours des deux saisons d'opération est de 5 °C (aucune capture). Pour une température moyenne nocturne de 6 °C et de 7 °C, on obtient un indice de capture bas * (figure 19). Cependant, un indice particulièrement élevé est obtenu à des températures moyennes nocturnes de 8 et de 9 °C.

Notons que les données ayant servi à calculer l'indice de capture à 8 et à 9 °C ont été enregistrées au cours du mouvement automnal de retour vers la rivière Éternité (périodes 6 et 7, figure 7). L'indice de capture s'abaisse brusquement à 10 °C. L'indice s'accroît ensuite graduellement en fonction de l'augmentation de la température moyenne nocturne. Une légère diminution de l'indice semble se dessiner ensuite à partir de 22 °C.

L'existence d'un lien entre le succès de captures et la température moyenne nocturne est appuyé par les résultats de tests statistiques (régressions). L'influence possible de la température moyenne nocturne a été évaluée au cours d'une période variant entre 1 à 5 journées précédant la prise des données pour la saison 1997. Le tableau 5 résume les résultats obtenus.

* Pour le calcul utilisé, voir l'exemple donné pour le calcul de l'indice en fonction des précipitations à la page 59.

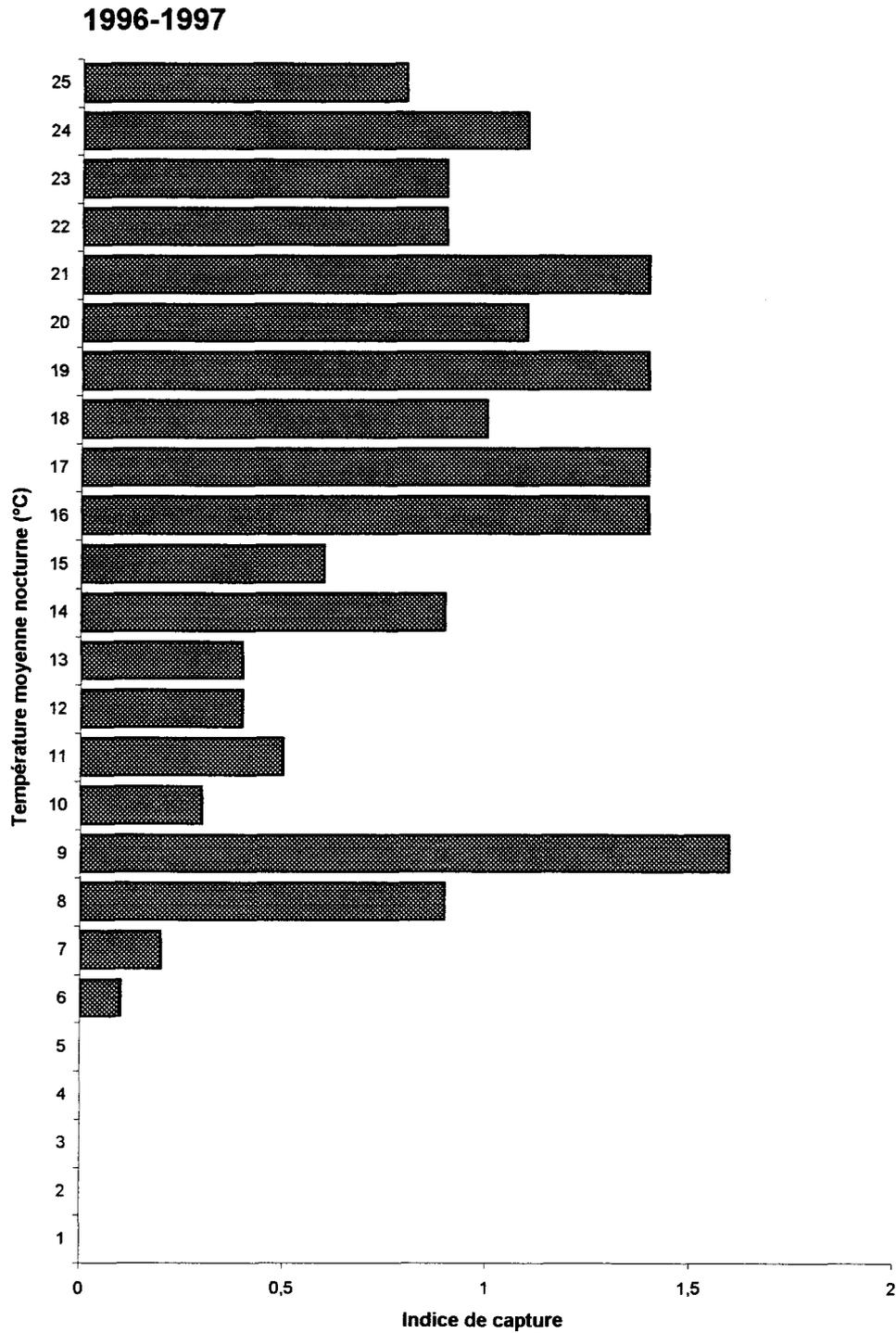


Figure 19 - Indice de capture de salamandres à deux lignes en fonction des températures moyennes nocturnes de 18h00 à 6h00.

Tableau 5 - Résultats des régressions multiples (seuil de signification de 5 %)

Nombre de nuits précédant la prise des données (en 1997)	T (Student)	Signification de T
1 nuit	3,709	0,0003
2 nuits	0,376	0,7074
3 nuits	-0,097	0,9229
4 nuits	-0,087	0,9311
5 nuits	0,341	0,7337

La température moyenne nocturne (18h00 à 6h00) a influencé significativement le succès de captures dans l'aire d'étude en 1997 (1 nuit). Par contre, les températures moyennes pour une période de 2 à 5 nuits n'ont pas exercé une influence significative selon les résultats des analyses statistiques effectuées (tableau 5).

4.4 Inventaire d'Amphibiens

En plus de la Salamandre à deux lignes, neuf autres espèces d'Amphibiens ont figuré parmi les animaux retenus par le dispositif de capture.

4.4.1 Espèces capturées

Au cours des travaux de terrain, 7 768 captures d'Amphibiens ont été effectuées, lors des saisons d'activité de 1996 et de 1997. Ce nombre comprend 956 captures de salamandres à deux lignes. Le tableau 6 identifie les 10 espèces d'Amphibiens capturés dans le cadre de l'étude.

Tableau 6 - Espèces d'Amphibiens capturés

Ordre	Nom français	Nom latin
URODELES	Salamandre à deux lignes	<i>Eurycea bislineata</i>
	Salamandre rayée	<i>Plethodon cinereus</i>
	Salamandre maculée	<i>Ambystoma maculatum</i>
	Salamandre à points bleus	<i>Ambystoma laterale</i>
	Triton vert	<i>Notophthalmus viridescens</i>
ANOURES	Crapaud d'Amérique	<i>Bufo americanus</i>
	Grenouille des bois	<i>Rana sylvatica</i>
	Grenouille du nord	<i>Rana septentrionalis</i>
	Grenouille verte	<i>Rana clamitans</i>
	Rainette crucifère	<i>Pseudacris crucifer</i>

La représentation annuelle des principales espèces au sein de la capture apparaît à la figure 20. Le Crapaud d'Amérique domine largement la récolte d'amphibiens, suivi respectivement par la Grenouille des bois et la Salamandre à deux lignes.

4.4.2 Efficacité relative des pièges et prédation

Le succès de captures d'amphibiens par type de piège a varié en fonction de l'espèce *. Les salamandres ont été capturées en plus grand nombre à l'aide des planches (figure 21). Notons, cependant, que la Salamandre rayée a été retenue assez efficacement par les pièges-fosse Multipher®.

* L'effort de piégeage ayant fortement varié en 1996, ces données ont été exclues ici.

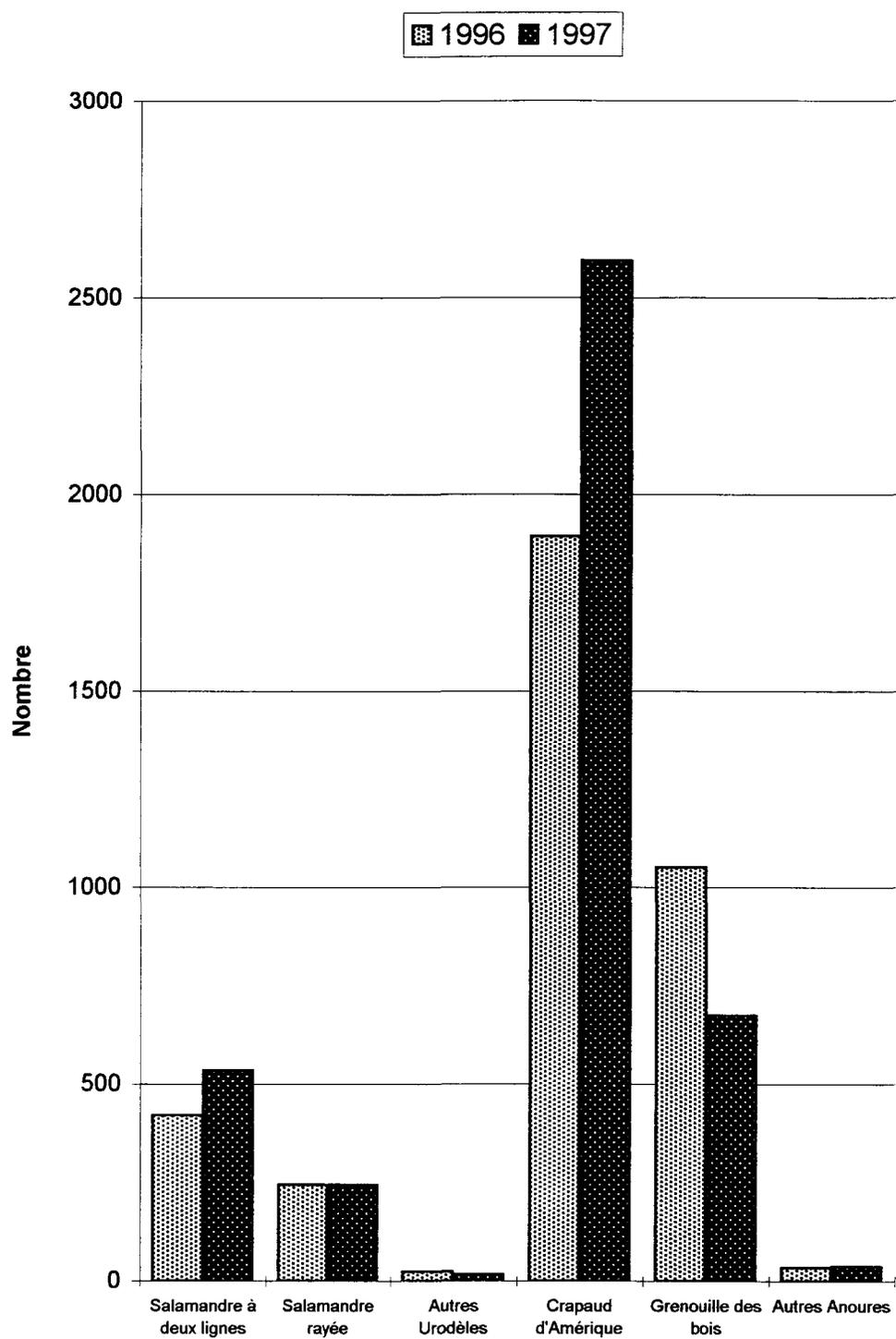


Figure 20 - Captures annuelles d'amphibiens dans l'aire d'étude, en 1996 et 1997.

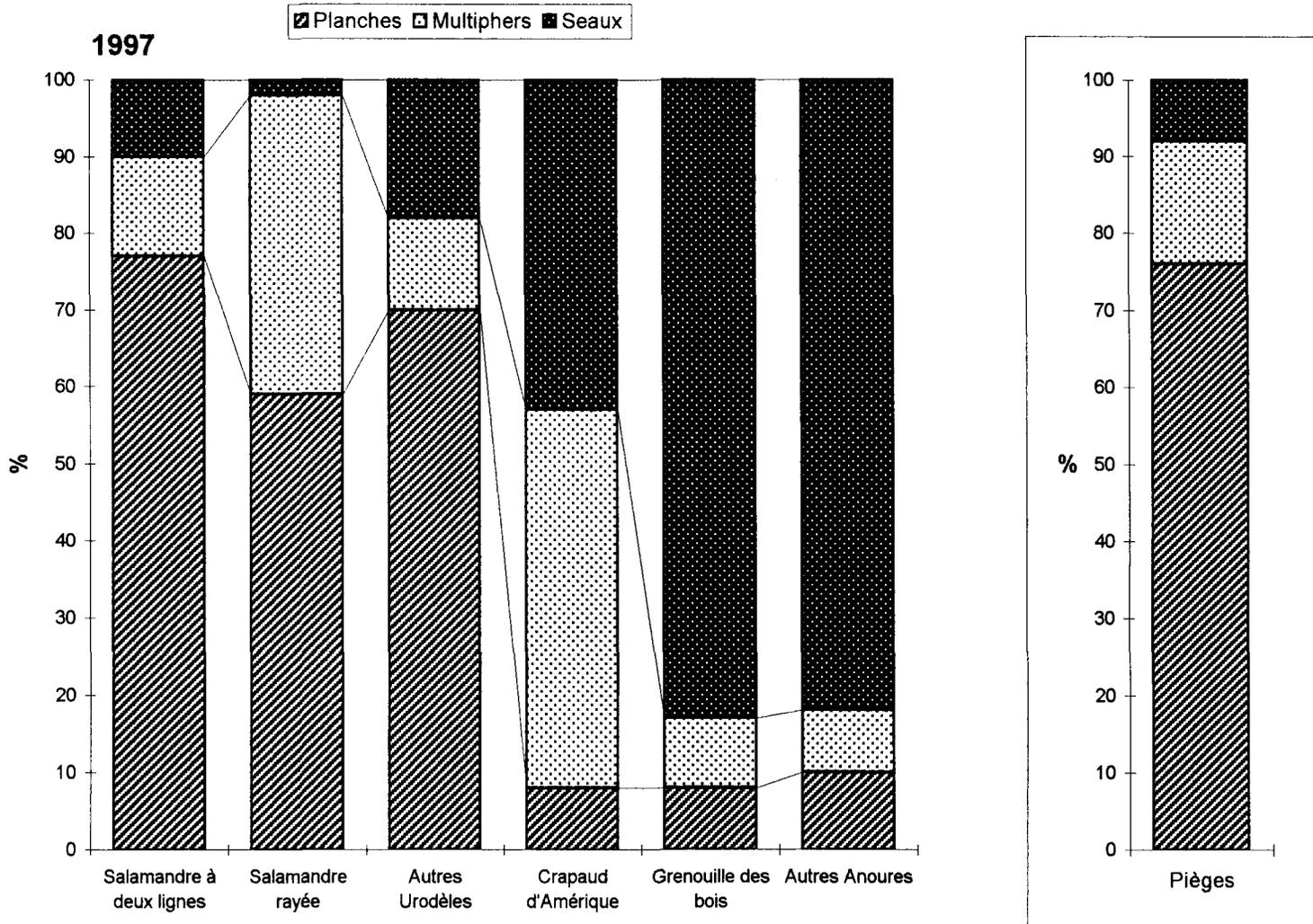


Figure 21 - Succès de capture d'amphibiens en fonction du type de piège et représentation relative des pièges dans l'aire d'étude, en 1997.

Au contraire des Urodèles, les Anoures se sont laissés piéger en plus grand nombre par les pièges-fosse (Multipher®, seaux). Pour le Crapaud d'Amérique, les Multipher® et les seaux ont obtenu un succès de captures presque équivalent. Notons que l'ouverture plutôt réduite des pièges-fosse Multipher® s'est traduit par une sélection quant à la taille des crapauds capturés. Pour ce qui est de la Grenouille des bois et des autres espèces d'Anoures (tableau 6), l'essentiel des captures s'est effectué avec les seaux. L'adhérence des grenouilles et des rainettes à l'entonnoir de plastique qui coiffe les pièges-fosse Multipher® explique le faible taux de réussite de ces pièges pour ces espèces.

Parmi l'ensemble des captures d'amphibiens effectuées en 1997*, 12 % des animaux ont été trouvés morts dans les pièges (1 % Urodèles, 11 % Anoures). Ces pertes sont attribuables aux attaques par des petits mammifères (musaraignes, souris, campagnols, condylures,...) (70 % des cas), à des causes inconnues (25 %) et à l'attaque de coléoptères réputés nécrophages (5 %). La figure 22 illustre, pour les espèces les plus fréquentes, le taux de mortalité des amphibiens capturés dans l'aire d'étude en 1997. Notons que le taux de mortalité en apparence élevé chez le groupe « autres Urodèles », représente en fait la perte de quatre tritons verts.

* L'effort de piégeage ayant fortement varié en 1996, ces données ont été exclues ici.

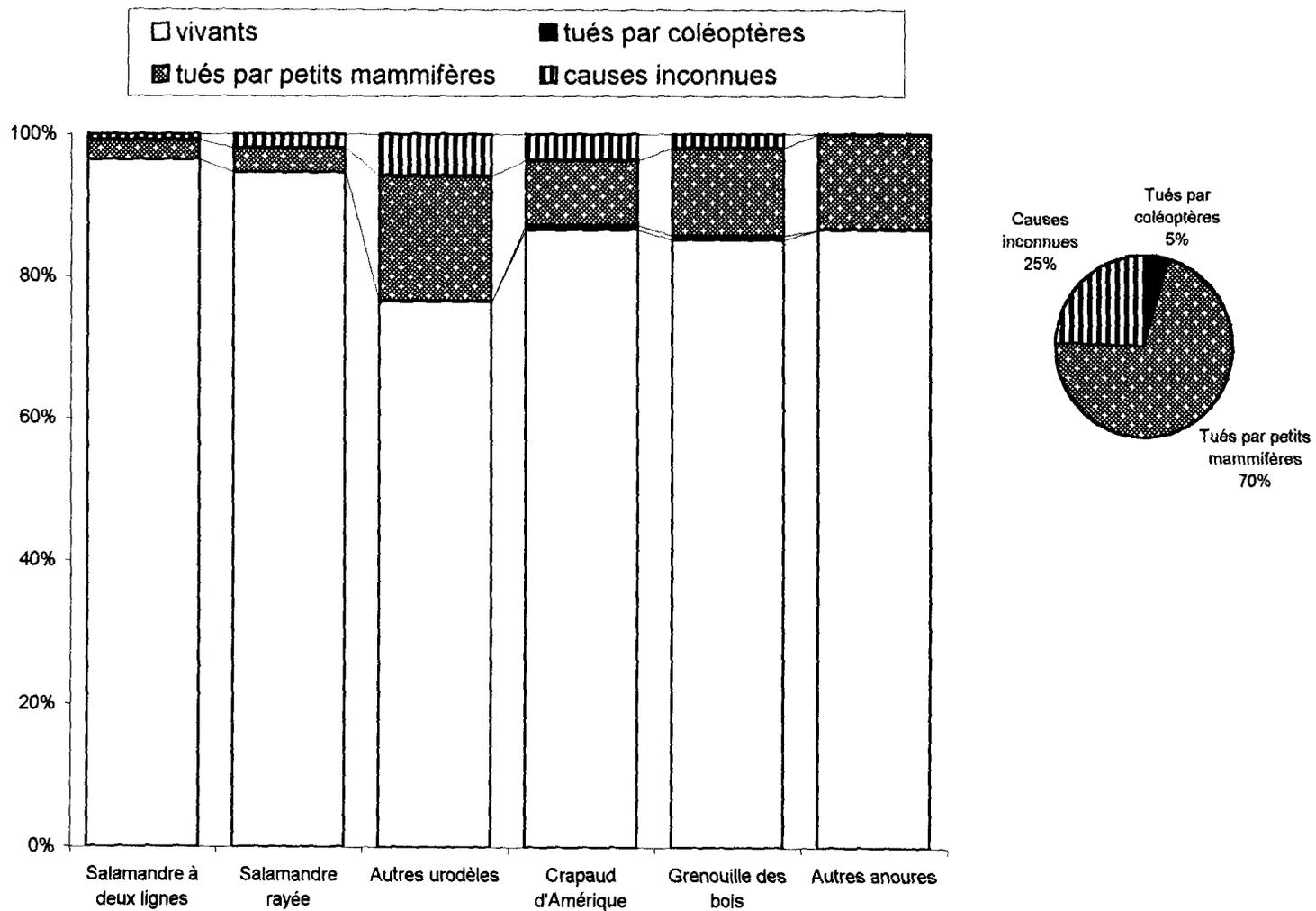


Figure 22 - Taux de mortalité d'amphibiens capturés en fonction de la prédation et de causes inconnues, et représentation des causes de mortalité par rapport au nombre total d'amphibiens trouvés morts, en 1997.

CHAPITRE 5

DISCUSSION

5. Discussion

5.1 Dynamique migratoire et saison d'activité

La population de Salamandre à deux lignes de la vallée de la rivière Éternité a montré un comportement migrateur au cours de l'étude. En effet, trois déplacements migratoires en milieu terrestre ont été observés en 1996 et en 1997 respectivement (figure 7). Ces résultats sont en accord avec les observations effectuées par MacCulloch et Bider (1975) pour une population située dans le sud-ouest du Québec.

La saison d'activité annuelle observée en milieu terrestre a été de plus de 125 jours (figure 7). En effet, des individus ont été aperçus en bordure de la rivière, au cours des derniers jours du mois de mai, alors que le dispositif de capture n'était pas encore en fonction. À partir de la deuxième semaine d'octobre, les observations n'ont révélé que très peu de salamandres en milieu terrestre. Il semble donc que la saison d'activité en milieu terrestre de cette population ait débuté au moins aussi tôt que la dernière semaine de mai pour se terminer le 15 octobre ou plus tard dans l'aire d'étude.

5.1.1 Migration post-reproductrice dirigée vers la forêt

Au cours des derniers jours du mois de mai, et peut-être même plus tôt, des salamandres ont quitté la rivière pour s'éloigner en forêt (figure 7, période 2). En effet, dès le 1^{er} juin, alors que l'ouverture saisonnière du dispositif de captures s'était effectué la veille, des individus ont été capturées en forêt.

Au cours de ce mouvement terrestre printanier orienté vers la forêt, c'est à proximité de la rivière que l'activité des salamandres a été perçue le plus intensément (figure 8).

Cependant, des individus ont aussi été capturés à des distances de 100 m et de 150 m de la rivière. Les hypothèses suivantes sont proposées pour expliquer la présence au printemps de salamandres à deux lignes à une distance aussi considérable de la rivière.

- ◆ Des salamandres ont pu quitter la rivière au cours du mois de mai, bien avant le début des travaux de recherche.
- ◆ Des salamandres ont pu quitter la rivière au cours du mois de mai et migrer rapidement.
- ◆ Des salamandres ont pu hiverner dans le sol forestier au cours des mois précédents. Mentionnons à cet effet que Vernberg (1953) et Ashton et Ashton (1978) ont effectué des travaux sur l'hivernation de salamandres à deux lignes en milieu terrestre dans deux états américains (Indiana, Ohio)(point 2.1.1).
- ◆ Des salamandres ont pu migrer à partir d'habitats aquatiques d'importance secondaire par rapport à la rivière. En effet, deux ruisseaux susceptibles d'abriter des populations de Salamandre à deux lignes traversent les sites utilisés dans le cadre de l'étude (points 3.1.1 et 3.1.2).

Mentionnons également qu'une importante sinuosité de la rivière et la présence d'un bras secondaire au niveau du transect 2 amenaient le cours d'eau à longer de près l'un des côtés du dispositif de captures (figure 3). Un effet de brouillage du patron spatial de déplacement doit donc être envisagé, tout particulièrement pour ce secteur d'étude.

Des salamandres de tailles diverses ont accompli la migration post-reproductrice printanière (figure 9, période 2). Plusieurs d'entre elles présentaient une longueur MC

importante (≥ 40 mm), permettant de les associer au groupe d'individus reproducteurs de la population. Peu de salamandres de taille adulte ont été aperçues dans le cours de la rivière pendant la première semaine de juin. L'un de ces individus (8 juin 1996) s'abritait sous une pierre baignant dans l'eau, et à laquelle était accolée une ponte fraîche de salamandre (tableau 3 et figure 11). Il s'agissait manifestement d'une femelle (abdomen légèrement bombé) qui était en activité de ponte ou qui avait effectué cette action depuis peu. Les observations subséquentes effectuées au cours de la saison n'ont pas permis de capturer d'autres individus de forte taille dans le lit de la rivière. Les données de cette étude suggèrent donc que le mouvement terrestre printanier ait été accompli, notamment, par des individus quittant graduellement la rivière et ses abords après la période de reproduction et le dépôt des oeufs dans l'eau. Une telle hypothèse avait été proposée par MacCulloch et Bider (1975).

Cependant, de nombreuses salamandres de petite taille ont accompagné la migration post-reproductrice des individus matures. La figure 9 suggère la présence de trois contingents de salamandres migratrices au cours de ce mouvement printanier. Chacun de ces individus pourrait appartenir à l'une des catégories suivantes :

- ◆ salamandres matures en migration post-reproductrice (longueur MC ≥ 40 mm) ;
- ◆ salamandres immatures ayant atteint le stade de la métamorphose au cours de la saison d'activité précédente (longueur MC ≈ 34 à 39 mm) ;
- ◆ salamandres immatures n'ayant pu quitter la rivière l'automne précédent à cause de l'atteinte tardive du stade de la métamorphose (retard développemental) ; ou qui n'ont pu se métamorphoser au cours de la saison d'activité précédente et qui l'ont fait au printemps suivant (longueur MC de ≈ 26 à 33 mm) ;

- ◆ salamandres immatures âgées de 2 ans et atteignant hâtivement le stade de la métamorphose (longueur MC de \approx 26 à 28 mm).

Notons que la migration post-reproductrice fut suivie d'une période marquée par un ralentissement important des déplacements au début de la deuxième semaine de juillet (figure 7, période 3). Ce résultat concorde parfaitement avec les observations effectuées par MacCulloch et Bider (1975) chez une population du sud-ouest du Québec.

5.1.2 Migration post-métamorphose dirigée vers la forêt

Un deuxième mouvement migratoire dirigé vers la forêt est survenu à compter de la dernière semaine de juillet (figure 7, période 4). Une grande régularité caractérise le déroulement de cette migration, laquelle a pris fin, en apparence, à la fin du mois d'août.

Des salamandres de faible taille ont dominé largement l'effectif en migration (longueur MC de \approx 28 à 36 mm) (figure 9, période 4). Il semble que ce mouvement d'éloignement en forêt soit le fait d'individus qui quittent la rivière et ses abords après l'atteinte de la métamorphose. Les observations effectuées sur les groupes de larves fréquentant la rivière tendent à confirmer cette hypothèse. En effet, des larves présentant des caractères annonciateurs d'une métamorphose imminente ont été observées dans la rivière aux mois de juin et juillet (figure 13). Cependant, peu d'entre elles ont été trouvées dans le cours d'eau à partir du mois d'août. Ces larves nouvellement métamorphosées semblent constituer une forte proportion du groupe effectuant un déplacement dirigé vers la forêt dès la fin du mois de juillet et tout au long du mois d'août.

Des salamandres de taille supérieure (longueur MC de 37 mm et plus) sont également présentes lors de ce mouvement de migration (figure 9). Toutefois, elles sont

moins nombreuses que les salamandres de faible taille (longueur MC de moins de 37 mm). MacCulloch et Bider (1975) ont observé le même phénomène au cours de leur étude. Ils suggèrent que le dérangement occasionné par l'arrivée massive de jeunes individus en forêt, à cette période, occasionne le déplacement de salamandres peu compétitives déjà présentes dans le milieu.

Ce deuxième déplacement migratoire d'éloignement de la rivière prend fin, en apparence, au cours de la dernière semaine du mois d'août. Toutefois, des salamandres poursuivent toujours leur déplacement vers la forêt à la fin août et au début de septembre (figure 10, périodes 4 et 5). En fait, des salamandres de taille inférieure à 40 mm MC s'éloignent toujours en forêt à ce moment tandis que des individus d'une longueur supérieure à 40 mm amorcent faiblement un mouvement de retour vers la rivière. Il se peut qu'un mouvement à contresens existe à cette période entre des individus immatures ayant atteint depuis peu la métamorphose et les individus matures qui arborent maintenant des caractères sexuels. Cette période marquée par des mouvements non significativement orientés, selon le résultat des tests statistiques, a été d'une durée moyenne de seulement 8 jours au cours de l'étude.

MacCulloch et Bider (1975) estiment plutôt, dans leur cas, qu'une période de mouvements au hasard a eu cours entre la migration estivale vers la forêt et la migration automnale en direction de la rivière. De plus, cette période de mouvements non orientés a été plus longue d'au moins 3 semaines par rapport à celle mesurée au Saguenay dans le cadre de la présente étude.

5.1.3 Migration de retour dirigée vers la rivière

À partir des premiers jours de septembre, un mouvement dirigé vers la rivière a été observé au cours de l'étude (figure 7, période 6). Des salamandres de tailles diverses ont accompli ce déplacement (figure 9). En comparaison avec les mouvements migratoires d'éloignement par rapport à la rivière, le mouvement vers le cours d'eau fut plus irrégulier avec une variation plus forte du nombre quotidien de migrants actifs. Notons que seule la journée du 5 septembre a fourni des données permettant de conclure à un mouvement orienté significativement vers la rivière, au début de cette période. C'est entre le 21 septembre et le 3 octobre que le mouvement de migration vers la rivière a été le plus intense. C'est à cette même période que la population étudiée dans le sud-ouest du Québec par MacCulloch et Bider (1975) a effectué une migration en direction de la rivière.

La migration automnale a reconduit les salamandres aux abords de la rivière Éternité. En 1997, le 26 septembre, des recherches effectuées sur la berge de la rivière ont permis de découvrir 21 salamandres de grande taille qui s'abritaient sous les pierres. Aucun individu adulte n'a pu être observé dans le cours de la rivière au même moment. En novembre, le secteur en question avait été recouvert par la rivière suite à la hausse normale du niveau du cours d'eau, à ce temps de l'année.

En septembre, quelques individus, essentiellement de faible taille, ont continué à s'éloigner en forêt. Il est fort probable que ces salamandres se seraient jointes ensuite au contingent de migrants voyageant en direction de la rivière.

Le mouvement de retour vers la rivière a pris fin rapidement dès la première semaine du mois d'octobre (figure 7). La saison d'activité terrestre observée de la population de salamandres à deux lignes de l'aire d'étude a cessé au cours de cette période. Toutefois, il est possible que des mouvements aient pu avoir lieu après l'interruption de l'étude, lors de nuits présentant des conditions favorables à la migration.

Une proportion élevée (57 %) des salamandres migratrices s'est révélée manquante lors du mouvement automnal de retour vers la rivière (figure 7). La présente étude ne permet pas d'identifier les causes d'un tel événement. Cependant, il est probable que des facteurs de mortalité naturelle tels que la prédation, la déshydratation, les maladies, la mort par inanition suite à l'incapacité d'occuper un territoire (Jaeger, 1981 *in* Smith et Pough, 1994), etc., puissent être mis en cause. Aussi, la possibilité d'hivernation dans le sol forestier ne peut être écartée (voir 2.1.1), ainsi que l'existence de mouvements de retour importants au cours de nuits favorables à la fin de l'automne. Mentionnons également qu'une route traversait le site d'étude. La circulation routière a pu occasionner la perte d'individus par écrasement. Toutefois, aucune Salamandre à deux lignes n'a été répertoriée lors des observations ponctuelles effectuées parmi les amphibiens écrasés ou blessés par les roues des véhicules dans l'aire d'étude. Pour leur part, MacCulloch et Bider (1975) proposent un facteur de mortalité comme étant la cause probable d'un manque de 75 % des individus s'éloignant à plus de 100 m de la rivière d'origine, au cours de la saison d'activité observée en milieu terrestre.

Notons que la plupart des salamandres atteignant une longueur (MC) de 40 mm ou plus présentaient des caractères sexuels au cours de la migration de retour vers la rivière (voir 5.4.1).

5.2 Éloignement moyen en forêt

Les salamandres de l'aire d'étude ont franchi en grand nombre les barrières situées à une distance de 20 m et de 50 m de la rivière (figure 8). À une distance de 100 m de la rivière Éternité l'activité des salamandres a été beaucoup plus faible. Toutefois, les données ne permettent pas d'établir exactement l'éloignement moyen des salamandres. En effet, un méandre de la rivière avait pour effet de faire varier la distance des barrières par rapport à la rive au transect 2 (voir 3.1.2 et figure 3). MacCulloch et Bider (1975) ont estimé l'éloignement moyen en forêt de 65 m par rapport au cours d'eau lors de la migration post-nuptiale. La tendance observée au Saguenay dans le cadre de cette étude semble corroborer cette information.

5.3 Patron de déplacement individuel

Les barrières de captures ont été disposées de manière à détecter et à suivre, le cas échéant, la présence de mouvements linéaires. Nous entendons par déplacement linéaire la possibilité que les salamandres quittent les abords de la rivière pour adopter une trajectoire à peu près rectiligne lors de la prospection du milieu terrestre.

La recapture d'individus marqués (section 3.3.1) n'a pas révélé d'importants déplacements linéaires dans l'aire d'étude. Seul 42 individus marqués ont été clairement recapturés à une ou à plusieurs reprises au cours des travaux. Leur faible nombre ne permet pas de déceler des tendances quant au patron de déplacement individuel des salamandres. Quoique anecdotiques, certains de ces déplacements effectués en 1997 révèlent tout de même des informations intéressantes.

- ◆ Une salamandre de 32 mm de longueur (LMC) a parcouru une distance de 50 m en milieu terrestre entre le 19 et le 25 août, ce qui représente un déplacement moyen quotidien de 8,3 m/jour *. Le déplacement s'est effectué en direction de la forêt.

- ◆ Une salamandre de 35 mm de longueur (LMC) a parcouru une distance de 131 m en milieu terrestre entre le 28 août et le 20 septembre, ce qui représente un déplacement moyen quotidien de 5,7 m/jour *. Le déplacement s'est effectué en direction de la rivière.

- ◆ Une salamandre de 31 mm de longueur (LMC) a été capturée à 5 reprises entre le 28 août et le 27 septembre à une même barrière. À chaque fois, l'individu était relâché du côté opposé de la barrière où il était recapturé quelques jours après puis relâché de l'autre côté. Les quatre premières captures se sont effectuées sur une surface d'environ 4 mètres seulement le long de la barrière. Le 27 septembre, la salamandre s'était déplacée le long de la barrière sur une distance d'une dizaine de mètres par rapport au dernier site de capture. Le mouvement s'est effectué en direction de la rivière Éternité.

5.4 Éléments du cycle vital

Les observations effectuées au cours des travaux sur le terrain, ainsi que l'analyse des données permettent d'apporter des éléments de connaissance concernant le cycle vital de la population étudiée.

* En présumant que le mouvement ait été linéaire.

5.4.1 Reproduction

Dès les premiers jours de septembre, les individus d'une longueur MC de 40 mm ou plus présentaient des caractères sexuels. Des masses d'oeufs blanchâtres étaient alors visibles au travers de l'abdomen enflé des femelles. Chez les mâles s'observait facilement une petite masse blanche localisée sous le menton (glande mentonnière), ainsi qu'une protubérance située à la base de la queue, du côté dorsal. L'activité reproductrice a donc dû survenir entre ce moment et le dépôt des oeufs dans le cours de la rivière, le printemps suivant.

Les observations et les données recueillies indiquent que le dépôt de pontes s'est effectué au cours des premiers jours de juin dans la rivière Éternité. En effet, des pontes fraîches ont été trouvées sous des pierres baignant en eau peu profonde, à proximité des berges du cours d'eau. Il se peut que des pontes aient été déposées plus tôt, soit en mai, puisque des salamandres de taille adulte quittaient déjà les abords de la rivière dès le début de juin. Notons, qu'il n'a pas été possible de vérifier la présence de pontes en eau profonde.

Le nombre observé d'oeufs par ponte est très variable. En effet, des pontes d'une quinzaine, d'une quarantaine et d'une centaine d'oeufs ont été observées dans le cadre de cette étude.

Des auteurs ont noté, chez la Salamandre à deux lignes, des femelles semblant monter la garde près d'une ponte (Sever 1988 ; Behler 1994). Dans le cadre de cette étude, une femelle a effectivement été trouvée en compagnie d'une ponte fraîche. Cependant, une telle présence peut être accidentelle ou être attribuable à une femelle qui venait de terminer le dépôt des oeufs ou qui ne l'avait pas encore totalement complété. Le suivi de la ponte ne permit pas d'observer à nouveau la femelle au cours des jours et des semaines qui ont suivi, et le nombre d'oeufs demeura inchangé.

5.4.2 Dimorphisme sexuel et rapport des sexes

Un dimorphisme sexuel s'observe dans la population de salamandres matures de la vallée de la rivière Éternité. En effet, parmi les individus d'une longueur MC de 40 mm ou plus, les femelles ont une longueur moyenne supérieure de 3 mm à celle des mâles (figure 16). Notons cependant que la longueur totale n'a pas fait l'objet d'analyse dans le cadre de cette étude. Ce résultat concorde avec des observations rapportées dans la littérature à l'effet que chez plusieurs espèces d'Amphibiens, les femelles ont une taille légèrement supérieure à celle des mâles (Duellman et Trueb 1994). De plus, Duellman et Wood (1954) ont obtenus des résultats similaires en étudiant une population de Salamandre à deux lignes, en Ohio.

Les mâles matures ont démontré une variabilité légèrement plus grande de leur longueur MC par rapport aux femelles. Cette variation a été d'environ 6 mm chez le groupe des mâles et de 5 mm chez les femelles. Toutefois, les données ne permettent pas d'affirmer que ce résultat soit significatif.

Au sein de la population étudiée, le rapport des sexes est jugé égal *. Le nombre de femelles équivaut à celui des mâles.

5.4.3 Phases de développement

Peu après l'éclosion, l'ensemble des larves capturées et âgées de 0+ arborait une longueur (MC) de 10 mm au mois de juillet 1997 (24 et 25 juillet) (figure 13). Il semble donc qu'au sein de la population étudiée, une longueur (MC) de 10 mm corresponde à la taille moyenne des larves, à ce stade de leur développement. Les larves se tiennent

* Le rapport obtenu de 1 : 1.5 n'est pas significativement inégal (voir 4.2.4).

regroupées au cours des jours qui suivent l'éclosion. Ensuite elles se dispersent dans la rivière. Le taux de croissance observé fut très élevé au cours de la saison 1997. De juillet à novembre, un gain moyen de 9 mm a été estimé. Ces valeurs indiquent qu'en 1997, cette cohorte a presque doublé sa longueur MC entre le moment de l'éclosion et le début du mois de novembre.

À l'âge de 1+ les larves sont toujours présentes dans le cours d'eau où elles poursuivent leur croissance.

Les résultats de cette étude indiquent que l'atteinte de l'âge 2+ constitue une étape importante. Cet âge correspond ordinairement à la transformation des larves en rivière puis à leur émergence du milieu aquatique. Les salamandres nouvellement métamorphosées découvrent alors l'environnement terrestre qui borde la rivière où elles sont nées.

L'âge 3+ correspond vraisemblablement à l'atteinte de la maturité sexuelle dans la population étudiée. Il est possible que cette étape présente des variations individuelles et que la longueur MC varie tout particulièrement à ce moment du développement, amenant un chevauchement important avec les classes de longueur des salamandres âgées de 2+ et $\geq 4+$. L'atteinte d'une taille (MC) de 40 mm (+/- 1 mm) semble en relation avec l'atteinte de la maturité sexuelle selon les observations effectuées.

L'âge de $\geq 4+$ correspond aux individus reproducteurs de la population (longueur MC ≥ 40 mm).

Les informations indiquent, de façon générale, un taux de croissance élevé chez les larves appartenant aux groupes d'âge 0+, 1+, 2+. Ensuite le rythme de croissance semble ralentir et on observe une variabilité plus faible de la longueur MC chez les salamandres appartenant aux cohortes plus âgées (figure 15).

Chez les salamandres de grande taille (≥ 40 mm) capturées en milieu terrestre, le taux de croissance saisonnier semble assez lent et peut être estimé à 1 mm environ, entre les mois de juin et octobre (figure 9).

5.4.4 Cycle vital proposé

Un cycle vital est proposé pour la population de Salamandre à deux lignes de la vallée de la rivière Éternité au tableau 7. Ces informations ne tiennent pas compte des cas d'exceptions (développements hâtifs, retards développementaux, etc.)

5.5 Influence des précipitations et de la température sur les déplacements migratoires

Les précipitations et la température sont des facteurs environnementaux qui exercent, de façon concomitante avec d'autres facteurs, une influence sur le comportement des amphibiens, notamment sur leurs déplacements migratoires (section 2.2). De telles influences ont été notées dans le cadre de cette étude.

Tableau 7 : Cycle vital proposé pour la Salamandre à deux lignes de la vallée de la rivière Éternité

Année	Âge	Stade	Étapes
1	0+	Embryonnaire et larvaire	- Juin : développement embryonnaire dans la rivière ; - Juillet (2 premières semaines) : éclosion dans la rivière.
2	1+	larvaire	- Développement dans la rivière.
3	2+	larvaire et juvénile	- Juin, juillet : développement dans la rivière; - Juillet, août : apparition de caractères annonçant la métamorphose ; - Juillet, août : métamorphose et première migration en forêt ; - Septembre, octobre : migration de retour à la rivière.
4	3+	juvénile et adulte	- Juin : migration en forêt (juvénile, âge 3+) ; - Septembre : apparition de caractères sexuels, migration de retour à la rivière.
5	4+	adulte	- Mai, juin : reproduction dans la rivière, migration en forêt ; - Septembre, octobre : migration de retour à la rivière.
6-7-...	5+,6+,...	adulte	- Mai, juin : reproduction dans la rivière, migration en forêt ; - Septembre, octobre : migration de retour à la rivière.

5.5.1 Les précipitations

Au cours de l'étude, les précipitations ont été distribuées de façon assez régulière, dans le temps, dans la vallée de la rivière Éternité (à l'exclusion de l'inondation de juillet 1996). La majeure partie des stations d'échantillonnage présentait un sol plutôt humide. Des secteurs ont même été saturés d'eau de façon permanente au cours des travaux.

Des salamandres ont été capturées au cours des périodes sans précipitations. Cependant, un nombre de captures significativement plus élevé a été enregistré lorsque des précipitations sont survenues au cours des 24 heures précédant la prise des données. Ce résultat est en accord avec ceux de nombreux auteurs, lesquels ont noté une recrudescence des activités des amphibiens en milieu terrestre pendant et après des précipitations (section 2.2). Pendant et après une pluie, les déplacements en milieu terrestre des salamandres sont probablement facilités. La présence d'humidité sur la peau des amphibiens assure des échanges gazeux adéquats entre l'atmosphère et le revêtement épidermique * (Cook 1984). De plus, l'humidité du sol limite les pertes d'eau et élimine le risque de mort par déshydratation. Également, les déplacements permettent d'investir de nouvelles portions de territoire et d'effectuer une quête de nourriture (Dakin 1978).

Notons que la période du 4 au 14 octobre ne révéla pas de lien significatif entre les précipitations et l'intensité des déplacements dans l'aire d'étude. Ce fait peut s'expliquer par l'abondance et la régularité des précipitations au cours de cette période et au faible nombre de salamandres capturées.

Pendant l'étude, un petit nombre de captures ont été effectuées suite à une pluie très faible survenue après quelques jours sans précipitations. Plusieurs d'entre elles étaient alors

* Particulièrement vrai pour la famille des **Plethodontidae**, à laquelle appartient la Salamandre à deux lignes, et qui sont dépourvus de poumons.

mal en point, leur corps étant flasque et parsemés de nombreux débris végétaux collés à la peau. Il semble que de faibles précipitations puissent avoir pour effet d'initier quelques déplacements et qu'un arrêt brusque surprenne des salamandres ayant quitté un abri convenable, les exposant ainsi à la déshydratation.

Au cours des saisons 1996 et 1997, des périodes marquées par l'absence de pluie ont été notées. Il semble qu'une telle situation contrecarre l'activité quotidienne des salamandres en confinant plusieurs d'entre elles à un refuge. En effet, dès qu'une pluie substantielle est survenue, un nombre relativement important d'individus ont été observés dans les dispositifs de capture. Cependant, l'absence de pluie ne signifie pas un arrêt complet des déplacements. En effet, des captures sont survenues même après une période sans pluie. Comme noté précédemment, le sol des sites d'échantillonnage était humide de façon quasi permanente à plusieurs endroits favorisant ainsi localement les déplacements.

Des périodes marquées de précipitations régulières ont été enregistrées au cours des travaux. Il semble que l'effet stimulant de la pluie sur les déplacements s'amenuise rapidement puisque le nombre d'individus capturées au cours des jours suivants se maintient ensuite à un niveau faible, mais régulier. Ces résultats concordent avec les observations effectuées dans le cadre d'autres études portant sur les salamandres (Packer 1960 ; Semlitsch 1985)

Packer (1960) affirment que de fortes précipitations ont pour effet de limiter les déplacements de *Taricha rivularis*. Dans le cadre de la présente étude, la quantité de pluie survenue en l'espace de 24 heures n'a pas exercé d'effet significatif sur le nombre de captures. Notons cependant qu'une légère décroissance de l'indice à partir de 22 mm de pluie tombée en 24 heures s'observe (figure 18). Cette information ne permet pas d'affirmer que la pluie peut limiter les déplacements dans l'aire d'étude à partir d'un seuil. Des travaux portant plus spécifiquement sur la question permettraient d'alimenter le propos.

5.5.2 La température

Plusieurs auteurs ont observé l'influence qu'exerce la température sur le déclenchement de l'activité migratoire printanière des salamandres et sur l'intensité des migrations (section 2.2). Le déclenchement des mouvements migratoires printaniers n'a pas été étudiée dans le cadre de cette étude. Toutefois, comme Sexton *et al.* (1990) l'ont fait, une relation significative statistiquement a pu être établie entre l'intensité des déplacements migratoires de salamandres et la température moyenne nocturne.

L'influence de la température moyenne mesurée entre 18h00 et 6h00 précédant la prise des données s'est révélée significative chez la population étudiée. L'élévation de la température moyenne nocturne stimule les déplacements des salamandres. Pour leur part, Sexton *et al.* (1990) ont découvert une relation significative au cours d'une période de 1 à 5 nuits (18h00 à 01h00) précédant les observations de l'intensité migratoire d'*Ambystoma maculatum*.

Au cours des travaux effectués dans la vallée de la rivière Éternité, aucune capture de salamandres à deux lignes n'a pu être effectuée à une température moyenne nocturne de 5 °C. Un faible indice de capture a été mesuré à une température moyenne nocturne de 6 °C et de 7 °C (figure 19). Il semble que les nuits froides soient moins propices aux déplacements dans l'aire d'étude, leur taux d'activité métabolique étant probablement ralenti à ce moment.

Il est particulièrement intéressant de constater l'indice de capture élevé qui apparaît à une température moyenne nocturne de 8 °C et surtout de 9 °C (figure 19). Les valeurs ont été mesurées lors du mouvement de retour automnal en direction de la rivière Éternité. Dès la troisième semaine du mois d'août, les températures moyennes nocturnes se sont abaissées graduellement. Il semble que l'atteinte d'une température moyenne nocturne de 9 °C et de

8 °C ait exercé un effet particulièrement stimulant sur l'activité migratoire à ce moment (possibilité d'un seuil thermique qui, lorsqu'il est atteint, déclenche et précipite la migration). Notons qu'il s'agit ici de valeurs relatives et qu'elles ne peuvent, en aucun cas, être tenues entièrement responsables de la forte augmentation des migrations enregistrée à ce moment du mouvement automnal de retour à la rivière. En effet, l'influence que peut exercer la température sur la migration automnale de la Salamandre à deux lignes ne peut être dissociée de celle, concomitante, d'autres facteurs telles la photopériode et les précipitations.

Une température moyenne nocturne passant de 10 °C à 16 °C correspond à un accroissement graduel du succès de capture (figure 19). À ces températures, les salamandres se sont déplacées davantage dans l'aire d'étude que lors des nuits fraîches (moins de 10 °C).

Un optimum thermique apparaît entre 16 et 21 °C (figure 19). Il est permis de croire qu'une moyenne nocturne de cet ordre a eu pour effet de favoriser les mouvements des salamandres dans le milieu, leur activité métabolique se trouvant alors à un niveau optimal.

L'indice de capture décroît très légèrement de 22 à 25 °C (figure 19). De telles températures moyennes, pendant la nuit, menacent possiblement l'intégrité hydrique des salamandres en l'absence de précipitations. Un nombre moins important de déplacements a ainsi été enregistré dans l'aire d'étude.

5.6 Diversité amphibiennne

L'inventaire réalisé en 1996 et 1997 a révélé la présence de 10 espèces d'Amphibiens dans la vallée de la rivière Éternité au Saguenay. La liste apparaît au tableau 6. Le Crapaud d'Amérique et la Grenouille des bois ont largement dominé la récolte (figure 20).

Les amphibiens capturés appartiennent à des espèces ayant déjà été observées dans la région du Saguenay–Lac-Saint-Jean, une région dont fait partie l'aire d'étude. Cependant, seule une petite partie de la vallée de la rivière Éternité fut inventoriée. Il est donc possible que d'autres espèces puissent s'observer dans ce milieu.

5.7 Évaluation du dispositif de capture

Le système utilisé pour la capture d'amphibiens a exigé des travaux importants pour son installation. Toutefois, il s'est révélé d'une excellente efficacité. Pas moins de 7 768 captures d'amphibiens ont pu être effectuées au cours des travaux échelonnés sur deux saisons.

5.7.1 Barrières

Les barrières ont permis d'intercepter efficacement des amphibiens se déplaçant en forêt. Leur disposition en parallèle n'a pas permis de détecter la présence de mouvements linéaires chez la population de Salamandre à deux lignes (section 5.3). Il est probable, en fait, que les déplacements en milieu terrestre s'orientent sous l'influence de plusieurs facteurs, dont l'hygrométrie du sol.

La pose d'une bande de moustiquaire en surplomb au sommet de la barrière verticale s'est révélée indispensable pour l'étude des mouvements en milieu terrestre de la Salamandre à deux lignes (sections 3.2.1 et 3.4). En effet, cette salamandre grimpe aisément aux objets verticaux comme l'a noté également Thibault (1968) au cours de ses travaux.

Le franchissement des barrières par les salamandres à deux lignes a fait l'objet d'observations au cours de la migration post-reproductrice en 1996. En outre, des crapauds d'Amérique et des rainettes crucifères ont tenté de franchir les barrières. Le surplomb s'est révélé efficace pour retenir ces amphibiens. Mentionnons qu'il est possible également que l'ajout d'un surplomb au dispositif ait eu un effet bénéfique sur le nombre de captures de la Salamandre rayée, cette espèce démontrant une agilité comparable à celle de la Salamandre à deux lignes en matière d'ascension à des surfaces verticales (section 5.6.2).

5.7.2 Pièges

Les barrières ont été complétées par trois types de pièges (section 3.2.2). Le choix d'utiliser plus d'un modèle de piège s'est révélé judicieux en multipliant les possibilités de capturer des amphibiens appartenant à diverses espèces et à plus d'un groupe d'âge.

Sans l'utilisation de planches déposées au sol, tout au long des barrières, il aurait été difficile d'étudier les déplacements de la Salamandre à deux lignes. En effet, la majeure partie des captures d'Urodèles s'est effectuée grâce aux planches. Celles-ci constituaient un abri pour les salamandres qui sont reconnues pour rechercher un gîte ombragé et humide pour y demeurer le jour venu. De plus, ce dispositif présentait l'avantage de ne causer aucun stress apparent aux animaux. En contrepartie, peu d'anoures se sont abrités sous les planches. Mentionnons que des rainettes crucifères de taille maximale pour l'espèce ont été observées sous des planches au cours de l'automne, ainsi que dans des pièges-fosse. Il est possible que l'imminence de la saison froide ait porté ces animaux à adopter des moeurs

moins arboricoles (modification du comportement, mouvement migratoire, prospection, ralentissement de l'activité métabolique, ...).

Les pièges-fosse (Multipher® et seaux) se sont révélés particulièrement efficaces pour la capture d'anoures (figure 20). Les pièges Multipher® ont retenu bon nombre de crapauds. Cependant, seuls les crapauds de taille petite à moyenne ont pu y être capturés en raison d'un entonnoir qui coiffe le dessus des pièges et qui présente une ouverture restreinte. Aussi, les grenouilles des bois ont une peau très humide qui adhère facilement aux objets dont l'entonnoir des pièges Multipher®, diminuant ainsi les risques qu'elles tombent dans ce piège. Toutefois, des grenouilles des bois de petite taille ont été capturées à l'aide de ce type de piège.

Plusieurs salamandres rayées ont été capturées grâce aux pièges Multipher®. Pour cette espèce, on peut mettre en doute l'efficacité du dispositif en tant que piège et supposer que ces salamandres fouisseuses s'y soient aventurées dans le but d'y trouver un gîte sombre et humide. Les salamandres rayées retenues par ces pièges occupaient habituellement la bordure de l'entonnoir, à l'intérieur et au haut du récipient.

Les seaux ont été particulièrement performants pour la capture d'anoures. Sans leur utilisation dans le dispositif, un nombre beaucoup moins considérable et varié d'anoures auraient pu être capturés. Toutefois, l'absence d'entonnoir ne permettait pas une étanchéité parfaite. Les rainettes crucifères, notamment, pouvaient facilement s'évader en grimpant le long du récipient.

Il semble donc que la confection et l'utilisation de pièges-fosse de type Multipher® d'une taille un peu inférieure à celle des seaux utilisés auraient pu permettre de regrouper en un seul dispositif les avantages des uns et des autres.

Mentionnons que les salamandres maculées et à points bleus, ainsi que les tritons verts ont été capturés essentiellement par les seaux dans le cadre de cette étude.

Aux captures d'amphibiens se sont ajoutés de nombreux petits mammifères (musaraignes, campagnols, etc.). Les données relatives à ces derniers feront l'objet d'un rapport distinct.

5.7.3 Mortalité

Un taux de mortalité de 12 % a été enregistré chez les amphibiens capturés au cours de la saison 1997*. De ce nombre, à peine 1 % est attribuable à la perte de salamandres.

L'attaque des amphibiens captifs par de petits mammifères (musaraignes, campagnols, etc.) explique 70 % des mortalités enregistrées. La plupart du temps, les amphibiens ayant succombé à une attaque par un petit mammifère étaient à peu près intacts si on fait abstraction des traces de morsures. Il est probable que les sécrétions des glandes cutanées des amphibiens les rendent peu attrayants à consommer pour les petits mammifères. Des salamandres à deux lignes ont parfois été trouvées inanimées dans les pièges. Des morsures attestaient de leur attaque par un petit mammifère. Toutefois, le corps demeuraient à peu près complets et il était même possible, parfois, d'apercevoir clairement le cœur de la salamandre au travers de l'épiderme qui battait toujours. Il est peu probable que ces individus aient pu retrouver conscience étant donné les blessures reçues.

* L'effort de piégeage ayant fortement varié en 1996, les résultats ne peuvent être présentés ici.

5.8 Effets observés des inondations survenues en juillet 1996

Le tronçon du cours d'eau étudié a été fortement affecté par la violence d'inondations survenues en 1996. En effet, suite à des pluies diluviennes, le cours de la rivière Éternité est sorti de son lit, dans une portion de l'aire d'étude, à compter de la nuit du 19 au 20 juillet 1996. Le lit de la rivière a été remanié de façon importante à plusieurs endroits par le transport et le dépôt du substrat. Quatre jours après les événements, les observations confirmaient la violence des éléments et le remodelage ponctuel de sections du cours d'eau. Malgré le fait que le tronçon de rivière étudié ait repris sensiblement son parcours initial après la baisse du niveau de l'eau, les répercussions observables semblaient importantes et affectaient de façon notoire la physionomie du cours d'eau.

Au point de vue faunique, aucun poisson n'a pu être observé à ce moment dans le tronçon étudié de la rivière et les invertébrés benthiques, facilement observables avant l'événement, étaient difficiles à trouver. En plus de l'impact direct des inondations, il est possible que la diminution locale des ressources alimentaires disponibles, à ce moment, ait pu avoir un effet néfaste sur la survie des larves de salamandres toujours présentes. Toutefois, un mois seulement après l'événement, des signes d'une vie plus active commençaient déjà à s'observer dans la section du cours d'eau (présence de poissons, larves d'invertébrés plus faciles à trouver).

Il semble que les inondations aient eu un effet dramatique sur la cohorte de salamandres âgées de 0+ de l'aire d'étude en survenant, notamment, au moment de l'éclosion. Aux mois d'août et de septembre, très peu de larves de salamandres âgées de 0+ ont été observées. Les individus ont alors été majoritairement trouvés dans les sections les moins perturbées du cours d'eau (ex. rive convexe d'un méandre) où ils étaient accompagnés de larves 1+. Ces dernières (larves 1+) ont été observées en plus grand nombre et semblent avoir mieux résistées aux perturbations amenées par les inondations.

CHAPITRE 6

CONCLUSION

6. Conclusion

Les résultats de cette étude, échelonnée sur deux années, précise le comportement migrateur d'une population de Salamandre à deux lignes, au Saguenay. Trois mouvements annuels en milieu terrestre ont été observés : une migration post-reproductrice orientée vers la forêt au printemps, une migration post-métamorphose orientée vers la forêt pendant l'été et un déplacement migratoire en direction de la rivière à l'automne. Les cohortes d'individus composant la population étudiée ont un comportement migrateur qui diffère en fonction de leur état de développement. Les individus reproducteurs accompagnés de juvéniles pratiquent les migrations printanière et automnale, tandis que la migration estivale est essentiellement le fait d'individus nouvellement métamorphosés qui quittent le cours de la rivière.

La saison d'activité observée en milieu terrestre a été de plus de 125 jours. Les observations de salamandres en forêt ont débuté au cours de la dernière semaine de mai (avant l'ouverture du dispositif de capture) pour prendre fin à la mi-octobre.

Les résultats obtenus fournissent des informations sur le cycle de développement de la population étudiée, en particulier au sujet de la ponte qui semble s'effectuer dans la rivière au début du mois de juin, et du rythme soutenu du développement larvaire à partir de l'éclosion à la mi-juillet. La métamorphose prend place à la troisième année de vie (âge 2+) et le milieu terrestre est alors investi. Chez les jeunes salamandres, il est probable que l'atteinte de la maturité sexuelle s'effectue à l'âge de 3+, c'est-à-dire au cours de la quatrième saison d'existence. De plus, l'examen journalier des salamandres a permis de noter l'apparition saisonnière de caractères sexuels chez les individus de 40 mm ou plus de longueur (MC), à partir du mois de septembre. Ces caractères correspondent au bombement de glandes sexuelles à la surface de l'épiderme chez les mâles et à une distension de l'abdomen provoquée par des masses d'oeufs blanchâtres visibles au travers de la peau chez

les femelles. Aussi, un dimorphisme sexuel a été noté chez ce groupe de salamandres matures, les femelles étant légèrement plus longues (MC) que les mâles.

L'étude démontre également l'effet stimulant des précipitations sur les migrations, ainsi que l'influence qu'exerce la température moyenne nocturne sur la magnitude des mouvements. À ce propos, les résultats laissent croire à l'existence d'un seuil thermique dont l'atteinte stimule les salamandres à migrer en grand nombre en direction de la rivière, lors du mouvement migratoire automnal.

Dix espèces d'Amphibiens ont été répertoriées dans la vallée de la rivière Éternité au Saguenay, dans le cadre de ces travaux. L'utilisation en forêt de barrières en forêt munies de pièges au sol fut d'une remarquable efficacité en permettant 7 768 captures.

Cette étude non seulement confirme les informations déjà connues sur le comportement migrateur de la Salamandre à deux lignes, mais ajoute de nouvelles précisions sur ce phénomène. Les résultats obtenus apportent, plus particulièrement, des éléments pour une meilleure connaissance de l'écologie et du développement de la Salamandre à deux lignes dans le contexte de la rivière Éternité, au Saguenay.

RÉFÉRENCES

- ASHTON, RAY. E. Jr. ET PATRICIA S. ASHTON. 1978. Movements and winter behavior of *Eurycea bislineata* (Amphibia, Urodela, Plethodontidae). *Journal of herpetology*. **12** : 295-298.
- BALDAUF, R.J. 1952. Climatic factors influencing the breeding migration of the spotted salamander, *Ambystoma maculatum* (Shaw). *Copeia*. 1952 : 178-181.
- BEHLER, J.L. 1994. *Field guide to North American Reptiles & Amphibians*. National Audubon Society. Chanticleer Press Edition. New York. 743 p.
- BENESKI, J.T., E.J. ZALISKO et J.H. LARSEN. 1986. Demography and migratory patterns of the eastern long-toed salamander, *Ambystoma macrodactylum columbianum*. *Copeia*. **2** : 398-408.
- BÉRARD, J.A., ET M. CÔTÉ (direction du projet). 1996. *Manuel de foresterie*. L'Ordre des ingénieurs forestiers du Québec et les Presses de l'Université Laval. Québec. 1428 p.
- 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. Québec. 106 p.
- BRUCE, R.C. 1982a. Larval periods and metamorphosis in two species of salamanders of the genus *Eurycea*. *Copeia*. **1** : 117-127.

- BRUCE, R.C. 1982b. Egg laying, larval periods and metamorphosis of *Eurycea bislineata* and *E. junaluska* at Santeetlah Creek, North Carolina. *Copeia*. **4** : 19-27.
- BRUCE, R.C. 1985. Larval period and metamorphosis in the salamander *Eurycea bislineata*. *Herpetologica*. **41** : 19-28.
- BRUCE, R.C. 1986. Upstream and downstream movements of *Eurycea bislineata* and other salamanders in a southern appalachian stream. *Herpetologica*. **42** : 149-155.
- COOK, F.R. 1984. Introduction aux Amphibiens et Reptiles du Canada. Musée national des sciences naturelles. Musées nationaux du Canada. Ottawa. 211 p.
- DAKIN, S.F. 1978. The influence of interspecific competition on the microhabitat distribution of terrestrial lungless salamanders in the southern appalachian mountains. Thèse de doctorat. Université Duke.
- DUELLMAN, W.E. et L. TRUEB. 1994. Biology of amphibians. The John Hopkins University Press. Baltimore. 670 p.
- DUELLMAN, W.E. et J.T. WOOD. 1954. Size and growth of the two-lined salamander, *Eurycea bislineata rivicola*. *Copeia*. **2** : 92-96.

- GIBBONS, J.W. et D.H. BENNETT. 1974. Determination of anuran terrestrial activity patterns by a drift fence method. *Copeia*. **1** : 236-243.
- GIBBONS, J.W. et R.D. SEMLITSCH. 1981. Terrestrial drift fences with pitfall traps : an effective technique for quantitative sampling of animal populations. *Brimleyana*. **7** : 1-16.
- HOLOMUZKI, J.R. 1980. Synchronous foraging and dietary overlap of three species of Plethodontid salamanders. *Herpetologica*. **36** : 109-115.
- HUDSON, R.G. 1955. Observations on the larvae of the salamander *Eurycea bislineata bislineata*. **11** : 202-204.
- HURLBERT, S.H. 1969. The breeding migrations and interhabitat wandering of the vermilion-spotted newt *Notophthalmus viridescens*. *Ecological monographs*. **39** : 465-488.
- JOHNSON, J.E. et A.S. GOLDBERG. 1975. Movement of larval two lined salamanders (*Eurycea bislineata*) in the Mill river, Massachusetts. *Copeia*. **3** : 588-589.

- KLEEBERGER, S.R. et J.K. WERNER. 1982. Home range and homing behavior of *Plethodon cinereus* in Northern Michigan. *Copeia*. **2** : 409-415.
- MACCULLOCH, R.D. et J.R. BIDER. 1975. Phenology, migrations, circadian rhythm and the effect of precipitation on the activity of *Eurycea bislineata* in Quebec. *Herpetologica*. **31** : 433-439.
- MARTIN, D. et H. HONG. 1991. The use of Bactine in the treatment of open wounds and other lesions in captive anurans. *Herpetol. Review*. **22** : 21
- PACKER, W.C. 1960. Bioclimatic influences on the breeding migration of *Taricha rivularis*. *Ecology*. **41** : 509-517.
- PERCSY, C. et N. PERCSY. 1994. À propos des migrations de batraciens. Actes de l'Université d'Été de la Nature 93 (Belgique). Cahiers des Réserves Naturelles n° 7 (sept. 94). 109-114.
- PETRANKA, J.W. 1984. Ontogeny of the diet and feeding behavior of *Eurycea bislineata* larvae. *Journal of herpetology*. **18** : 48-55.

- PHILLIPS, C.A. et O.J. SEXTON. 1989. Orientation and sexual differences during breeding migrations of the spotted salamander, *Ambystoma maculatum*. *Copeia*. **1** : 17-22.
- SEMLITSCH, R.D. 1981. Terrestrial activity and summer home range of the mole salamander (*Ambystoma talpoideum*). *Can. J. Zool.* **59** : 315-322.
- SEMLITSCH, R.D. 1983. Structure and dynamics of two breeding populations of the eastern tiger salamander, *Ambystoma tigrinum*. *Copeia*. **3** : 608-616.
- SEMLITSCH, R.D. 1985. Analysis of climatic factors influencing migrations of the salamander *Ambystoma talpoideum*. *Copeia*. **2** : 477-489.
- SEMLITSCH, R.D. et J.H.K. PECHMANN. 1985. Diel pattern of migratory activity for several species of pond-breeding salamanders. *Copeia*. **1** : 86-91.
- SEVER, D.M. 1988. The ventral gland in female salamander *Eurycea bislineata*. *Copeia*. **3** : 572-579.
- SEXTON, O.J., C. PHILLIPS et J.E. BRAMBLE. 1990. The effects of temperature and precipitation on the breeding migration of the spotted salamander (*Ambystoma maculatum*). *Copeia*. **3** : 781-787.

- SHOOP, C.R. 1965. Orientation on *Ambystoma maculatum* movements to and from breeding ponds. *Science*. 149 : 558-559.
- SMITH, ELLEN M. et F. HARVEY POUGH. 1994. Intergeneric aggression among salamanders. *Journal of herpetology*. Vol. 28. No. 1. pp. 41-45.
- STEWART, G.D. et E.D. BELLIS. 1970. Dispersion patterns of salamanders along a brook. *Copeia*. 86-89.
- TAUB, F.B. 1959. The spatial and temporal distributions of *Plethodon c. cinereus* and *Eurycea bislineata bislineata*. *Zoology. Diss. Abstr.* **20** : 1495.
- TAUB, F.B. 1961. The distribution of the red-backed salamander, *Plethodon c. cinereus*, within the soil. *Ecology*. **42** : 681-698.
- THIBAUT, P. 1968. L'activité animale près d'un ruisseau situé en forêt. Mémoire de maîtrise. Université McGill. Montréal. 40 p.
- VERNBERG, F.J. 1953. Hibernation studies of two species of salamanders *Plethodon cinereus cinereus* and *Eurycea bislineata bislineata*. *Ecology*. **34** : 55-62.
- WEICHERT, C.K. 1945. Seasonal variation in the mental gland and reproductive organs of the male *Eurycea bislineata*. *Copeia*. **2** : 78-84.
- WILDER, I.W. 1924. The developmental history of *Eurycea bislineata* in western Massachusetts. *Copeia*. **133**:77-80.

ANNEXE 1

Nombre de captures de salamandres à deux lignes en 1996 et 1997.

				Données cumulatives des déplacements (a - b *).
Date	Captures 1996	Captures 1997	Total 1996-1997	Moyenne (1996-1997)
01-juin	1	10	11	4,5
2	2	2	4	5,5
3	0	0	0	5,5
4	3	1	4	6,5
5	5	2	7	9,0
6	2	0	2	9,0
7	3	0	3	10,5
8	4	0	4	9,5
9	1	4	5	12,0
10	0	0	0	12,0
11	2	7	9	13,5
12	1	0	1	14,0
13	4	4	8	18,0
14	2	18	20	22,0
15	3	2	5	20,5
16	2	2	4	21,5
17	3	6	9	20,0
18	8	4	12	22,0
19	0	0	0	22,0
20	3	1	4	23,0
21	0	3	3	22,5
22	1	10	11	26,0
23	1	2	3	25,0
24	3	1	4	25,0
25	0	1	1	25,5
26	3	4	7	29,0
27	2	9	11	32,5
28	3	1	4	34,5
29	4	3	7	37,0
30	7	3	10	39,0
01-juil	5	8	13	43,5
2	3	1	4	44,5
3	3	7	10	48,5
4	4	0	4	50,5
5	4	5	9	52,5
6	2	2	4	54,5
7	0	2	2	55,5
8	0	6	6	57,5
9	2	0	2	56,5
10	2	2	4	55,5
11	2	3	5	56,0
12	3	1	4	55,0

* Nombre de déplacements vers la forêt (a) - nbr. déplacements vers la rivière (b)

				Données cumulatives des déplacements (a - b).
Date	Captures 1996	Captures 1997	Total 1996-1997	Moyenne (1996-1997)
13-juil	0	1	1	55,5
14	3	3	6	57,5
15	0	2	2	57,5
16	6	1	7	59,0
17	3	4	7	61,5
18	2	4	6	63,5
19	8	4	12	64,5
20		12	12	
21		0	0	
22		3	3	
23		0	0	
24	0	2	2	69,0
25	4	1	5	69,5
26	4	4	8	72,5
27	5	4	9	74,0
28	3	5	8	76,0
29	0	8	8	78,0
30	0	4	4	80,0
31	3	7	10	81,0
01-août	1	6	7	83,5
2	4	8	12	87,5
3	0	8	8	91,5
4	2	2	4	93,5
5	1	2	3	95,0
6	2	3	5	95,5
7	2	2	4	94,5
8	4	12	16	97,5
9	3	2	5	100,0
10	3	5	8	103,0
11	3	7	10	104,0
12	3	5	8	105,0
13	0	3	3	104,5
14	4	6	10	107,5
15	2	12	14	112,5
16	0	8	8	115,5
17	3	14	17	118,0
18	3	6	9	118,5
19	1	5	6	119,5
20	0	6	6	122,5
21	5	3	8	125,5
22	2	12	14	130,5
23	5	8	13	131,0
24	5	3	8	131,0
25	0	5	5	132,5
26	14	5	19	140,0

				Données cumulatives des déplacements (a - b).
Date	Captures 1996	Captures 1997	Total 1996-1997	Moyenne (1996-1997)
27-août	1	5	6	142,0
28	0	10	10	143,0
29	5	5	10	143,0
30	1	8	9	144,5
31	2	4	6	145,5
01-sept	13	0	13	145,0
2	10	1	11	146,5
3	4	4	8	147,5
4	0	0	0	147,5
5	7	2	9	144,0
6	2	3	5	145,5
7	1	12	13	147,0
8	1	7	8	147,0
9	11	1	12	144,0
10	8	5	13	143,5
11	12	8	20	140,5
12	6	5	11	138,0
13	4	7	11	137,5
14	2	9	11	136,0
15	3	10	13	138,5
16	1	10	11	137,0
17	0	2	2	136,0
18	4	3	7	134,5
19	3	3	6	132,5
20	5	9	14	129,5
21	23	2	25	118,0
22	11	1	12	115,0
23	2	6	8	114,0
24	12	2	14	109,0
25	4	0	4	108,0
26	2	1	3	106,5
27	14	6	20	99,5
28	8	0	8	97,5
29	6	4	10	95,5
30	7	1	8	93,5
01-oct	2	4	6	90,5
2	0	0	0	90,5
3	3	1	4	88,5
4	1	0	1	88,0
5	0	1	1	88,5
6	0	1	1	88,0
7	0	7	7	85,5
8	2	0	2	85,5
9	0	0	0	85,5
10	0	0	0	85,5

				Données cumulatives des déplacements (a - b).
Date	Captures 1996	Captures 1997	Total 1996-1997	Moyenne (1996-1997)
11-oct	0	0	0	85,5
12	0	0	0	85,5
13	2	0	2	85,5
14	0	1	1	85,0
Total	421	535	956	