

UNIVERSITE DU QUEBEC

MEMOIRE PRESENTE A
L'UNIVERSITE DU QUEBEC A TROIS-RIVIERES

COMME EXIGENCE PARTIELLE
A L'OBTENTION DU DIPLOME DE MAITRISE
EN SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT
PAR

CLAUDE BELZILE

EFFETS DE LA DENSITE ET DE LA TEMPERATURE SUR LE
DEVELOPPEMENT LARVAIRE ET LA TAILLE ADULTE DE
Aedes triseriatus (DIPTERA : CULICIDAE).

AOUT 1991

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

RESUME

Cette étude, par un volet expérimental et une étude en milieu naturel, vise à identifier les effets de la densité sur le développement et la taille adulte d'*Aedes triseriatus*. Dans le sud du Québec, *Ae triseriatus* est l'espèce de moustique la plus couramment rencontrée dans les creux d'arbre et les pneus abandonnés et elle est reconnue comme vecteur de l'encéphalite de La Crosse aux Etats-Unis.

L'expérimentation, réalisée en laboratoire, examine, dans des conditions où la nourriture n'est pas limitante, l'effet de la densité larvaire (densités de 50, 150 et 450 larves/l) et de trois conditions de température (12°C, 21°C et une thermopériode de 12/21°C) sur le pourcentage d'émergence, le temps de développement et la taille adulte. La densité larvaire, dans ces conditions, exerce des effets sur le développement d'*Ae triseriatus*, particulièrement sur le pourcentage d'émergence. Ces effets sont toutefois influencés par la température d'élevage, tant dans leur amplitude que dans leur direction. L'expérimentation fait également ressortir les effets de stress d'une température de 12°C : forte augmentation du temps de développement et réduction du pourcentage d'émergence (sauf à 450 larves/l) et de la taille adulte. Cependant, ces effets s'estompent lors de l'alternance, sur une base

quotidienne, de périodes à 12°C et à 21°C (21°C étant la température optimale pour le développement des larves d'*Ae triseriatus*).

L'étude en milieu naturel vise essentiellement à estimer les densités de larves de moustiques dans les creux d'arbre et les pneus abandonnés et à relier ces densités à la survie des larves et à la taille des adultes. Dans les pneus abandonnés, notre étude montre clairement l'existence de processus de régulation de la densité larvaire. Les fortes relations entre la densité larvaire et la taille adulte des femelles ainsi que le pourcentage de nymphose en font foi. Dans les creux d'arbre, nous n'avons pu mettre en évidence de telles relations entre la densité et le développement des larves d'*Ae triseriatus*. D'une façon générale, les conditions prévalant dans les pneus semblent moins favorables aux larves d'*Ae triseriatus* que celles dans les creux d'arbre. Dans les pneus, les densités larvaires sont près de dix fois plus faibles et il y a une réduction importante de la taille des femelles adultes au cours de la saison de développement.

TABLE DES MATIERES

Résumé	1
Table des matières	111
Liste des figures	v1
Liste des tableaux	viii
Chapitre 1. Introduction	1
Chapitre 2. Matériel et méthode	9
2.1 Expérimentation en laboratoire	9
2.1.1 Alimentation des larves	10
2.1.2 Densités larvaires	15
2.1.3 Températures d'élevage	16
2.1.4 Eclosion des oeufs et élevage des larves	17
2.1.5 Paramètres mesurés	18
2.1.6 Traitement statistique.....	20

2.2 Etude en milieu naturel	23
2.2.1 Biotopes larvaires échantillonnés.....	24
2.2.2 Technique d'échantillonnage et données récoltées.....	28
2.2.3 Analyse statistique	29
Chapitre 3. Résultats	35
3.1 Expérimentation en laboratoire.....	35
3.1.1 Effet de la température et de la densité larvaire.....	35
3.1.1.1 Effet sur le pourcentage d'émergence.....	35
3.1.1.2 Effet sur le temps de développement.....	38
3.1.1.3 Effet sur la taille adulte des femelles.....	38
3.1.1.4 Effet sur le sex-ratio.....	41
3.2 Etude en milieu naturel.....	43
3.2.1 Caractéristiques physiques et chimiques des biotopes larvaires échantillonnés.....	43
3.2.2 Description des communautés d'insectes retrouvées dans les pneus et les creux d'arbre.....	49
3.2.3 Nymphoses des larves d' <i>Ae triseriatus</i>	56
3.2.4 Comparaison de la taille des femelles dans les pneus et les creux d'arbre.....	59
3.2.5 Variation de la taille des femelles au cours de la saison de développement.....	59
3.2.6 Relation entre la densité dans les biotopes et la taille adulte des femelles	64
3.2.7 Estimation du pourcentage de nymphose et relation avec la densité larvaire	71

Chapitre 4. Discussion	73
4.1 Expérimentation en laboratoire	73
4.1.1 Effets de la température et de la densité larvaire.....	73
4.1.2 Conséquences écologiques des effets de la température mis en évidence par nos expériences.....	77
4.1.3 Développement bactérien dans les bacs d'élevage.....	78
4.1.4 Effets de sous-densité chez les larves d' <i>Ae</i> <i>triseriatus</i>	80
4.1.5 Comparaison des conditions expérimentales aux conditions prévalant dans les biotopes naturels.....	84
4.1.6 Processus de régulation larvaire suggérés par nos résultats.....	85
4.2 Etude en milieu naturel	89
4.2.1 Processus de régulation des populations larvaires	89
4.2.2 Nombre de générations annuelles d' <i>Ae triseriatus</i>	98
4.2.3 Justification de l'approche utilisée pour l'identification des processus de régulation des populations larvaires	101
Chapitre 5. Conclusion	104
Remerciements.....	107
Bibliographie	108
Annexes.....	114

Figure 1	Carte de localisation des sites d'échantillonnage.....	26
Figure 2	Pourcentages d'émergences en fonction des températures et densités expérimentales.....	37
Figure 3	Temps moyens de développement en fonction des températures et des densités expérimentales.....	39
Figure 4	Longueurs moyennes de l'aile des femelles adultes en fonction des températures et densités expérimentales..	40
Figure 5	Variations du sex-ratio en fonction des traitements expérimentaux.....	42
Figure 6	Densités moyennes de larves d' <i>Ae triseriatus</i> dans les creux d'arbre.....	50
Figure 7	Nombres moyens de larves d' <i>Ae triseriatus</i> dans les creux d'arbre.....	51
Figure 8	Densités moyennes de larves d' <i>Ae triseriatus</i> et de <i>Culex spp</i> dans les pneus abandonnés.....	52
Figure 9	Nombres moyens de larves d' <i>Ae triseriatus</i> et de <i>Culex spp</i> dans les pneus abandonnés.....	53

Figure 10	Nombre total de nymphes d' <i>Ae triseriatus</i> récoltées à chaque échantillonnage.....	vii 57
Figure 11	Courbes cumulatives de nymphoses exprimées en pourcentages.....	58
Figure 12	Variations au cours de la période de développement de la taille moyenne des femelles d' <i>Ae triseriatus</i> provenant de pneus abandonnés et de creux d'arbre.....	60
Figure 13	Relation entre la taille moyenne des femelles de la première génération dans les pneus et les variables DNOUV, MIN et D6.....	69
Figure 14	Relation entre la taille moyenne des femelles de la première génération dans les creux et les variables D5 et MIN.....	70
Figure 15	Relation entre le pourcentage de nymphose de <i>Ae triseriatus</i> et la densité larvaire dans les pneus et les creux d'arbre.....	72

LISTE DES TABLEAUX

viii

Tableau I	Schématisation du protocole expérimental.....	11
Tableau II	Alimentation des larves élevées à une thermopériode de 12/21°C et à 21°C.....	13
Tableau III	Alimentation des larves élevées à 12°C.....	13
Tableau IV	Dates d'échantillonnage de creux d'arbre et de pneus abandonnés, été 1989.....	25
Tableau V	Variables indépendantes utilisées dans les régressions.....	33
Tableau VI	Analyse de variance portant sur l'effet de la température et de la densité sur le pourcentage d'émergence, le temps de développement et la taille adulte des femelles.....	36
Tableau VII	Caractéristiques des dix pneus échantillonnes.....	44
Tableau VIII	Caractéristiques des douze creux d'arbre échantillonnes.....	46
Tableau IX	pH moyen mesuré dans les creux d'arbre et les pneus au cours de trois semaines d'échantillonnage.....	48

Tableau X	Températures minimales et maximales enregistrées dans l'eau d'un pneu représentatif situé à Charette.....	48
Tableau XI	Longueurs d'aille moyennes des femelles <i>Ae triseriatus</i> ayant nymphé avant et après la mi-saison.....	62
Tableau XII	Caractéristiques des femelles de la première génération d' <i>Ae triseriatus</i> dans les pneus.....	65
Tableau XIII	Caractéristiques des femelles de la première génération d' <i>Ae triseriatus</i> dans les creux d'arbre.....	65
Tableau XIV	Coefficients de détermination et significativité de la relation entre la taille moyenne des femelles et les variables indépendantes.....	66
Tableau XV	Régimes alimentaires utilisés dans différentes études portant sur <i>Ae triseriatus</i>	83
Tableau XVI	Comparaison des résultats obtenus pour les pneus abandonnés à ceux obtenus pour les creux d'arbre.....	90

Chapitre 1. INTRODUCTION

Le problème environnemental causé par l'amoncellement de pneus usagés suscite depuis peu un intérêt réel tant aux niveaux scientifique et politique qu'auprès de l'opinion publique. Selon Sekscienski (1989), plus de 200 millions de pneus sont rejetés chaque année aux Etats-Unis et de deux à trois milliards de pneus usagés sont entreposés dans différents sites à travers le pays. Selon le Ministère de l'Environnement du Québec (1990), 4,2 millions de pneus sont mis hors d'usage chaque année au Québec et de ce nombre, 3,3 millions finissent dans des sites d'entreposage. Ainsi, il y aurait au Québec 42 dépôts contenant plus de 10 000 pneus (Ministère de l'Environnement du Québec, 1990).

Ces nouveaux milieux que constituent les dépotoirs de pneus usagés ont vite été colonisés par quelques espèces de moustiques. Dans le sud du Québec, les espèces culicidiennes que l'on rencontre couramment sont: *Aedes triseriatus* (Say), *Culex restuans* (Theobald), *Culex territans* (Walker) et *Culex pipiens* (Linneaus)(Goudreau, 1988). En fournissant eau et nourriture (matière organique végétale), les pneus usagés constituent un excellent milieu pour le développement larvaire de ces moustiques. En plus d'être d'une esthétique douteuse et d'offrir des risques d'incendies potentiellement polluants, les amoncellements de pneus engendrent donc la présence d'insectes piqueurs fort désagréables pour les populations humaines avoisinantes.

Ae triseriatus est une espèce suscitant à plusieurs titres l'intérêt des chercheurs. Sa biologie particulière en a intéressé certains (Loor et De Foliart (1970), Sinsko et Craig (1979, 1981)). En effet, *Ae triseriatus* est une espèce dendrolimnique, le biotope naturel de ses larves étant les creux d'arbre. Comme le notait Haramis (1985), cela rend *Ae triseriatus* particulièrement approprié pour l'étude des relations entre l'environnement larvaire et le "fitness" de l'adulte puisque les larves se rencontrent "in small discrete larval habitats", creux d'arbres ou pneus abandonnés.

L'étude d'*Ae triseriatus* connaît un nouvel essor lorsque Thompson et Evans (1965) et Watts *et al.* (1972) montrent que cette espèce était le principal vecteur du virus de l'encéphalite de La Crosse, de la famille des encéphalites de Californie, dans les états américains de la région des Grands-Lacs. Dans cette région, les hôtes habituels de *Ae triseriatus* sont les petits mammifères comme le tamia rayé (*Tamias striatus*), l'écureuil gris (*Sciurus carolinensis*), l'écureuil fauve (*Sciurus niger*) et le lapin à queue blanche (*Sylvilagus florianus*). Toutefois, les femelles peuvent également obtenir leur repas de sang de l'être humain, de chevreuils, d'oiseaux et même de reptiles (Wright et de Foliart, 1970).

Le cycle de transmission de l'encéphalite de La Crosse entre les petits mammifères et *Ae triseriatus* est maintenu quand un vecteur infecté pique un hôte susceptible ou quand un vecteur potentiel non-infecté pique un hôte virémique. Les œufs pondus par une femelle d'*Ae triseriatus* infectée contiennent des embryons infectés à un taux de 0,29% à 0,6%; il y a ainsi transmission transovarienne (Beaty et Thompson 1975, Lisitza *et al.* 1977). Des œufs ayant hiverné produisent alors des

adultes capables de transmettre le virus de La Crosse à des hôtes susceptibles, pouvant de cette façon initier le cycle de transmission du virus au printemps (Watts *et al.*, 1973). De plus, des mâles infectés d'une façon transovarienne peuvent à leur tour transmettre le virus à une femelle au cours de l'accouplement, ce qui constitue la transmission vénérienne du virus (Thompson et Beaty 1978, 1977). Ces phénomènes de transmission du virus d'un moustique à l'autre constituent ce que l'on appelle la "transmission verticale" du virus. La "transmission horizontale" se produit lorsqu'un *Ae triseriatus* non-infecté s'infecte en piquant un animal virémique puis transmet le virus à d'autres animaux et moustiques. L'Homme dans ce circuit est un hôte occasionnel pouvant être infecté lorsqu'il s'introduit dans des zones où le virus de La Crosse circule à des taux élevés. Ces zones peuvent être soit des forêts de bois franc où les creux d'arbres sont abondants, soit des zones à proximité d'amoncellement de pneus usagés.

La fécondité de *Ae triseriatus* affecte sa compétence comme vecteur de l'encéphalite de La Crosse en influençant la possibilité de transmission du virus. Depuis Clements (1963), on sait que, d'une façon générale, les conditions environnementales prévalant durant le développement larvaire affectent les caractéristiques physiques et physiologiques des larves et des moustiques adultes. D'une façon plus particulière, la fécondité des moustiques est influencée par l'interaction de facteurs nutritionnels et environnementaux. Ainsi, le stress larvaire induit par des ressources alimentaires réduites, de fortes densités ou des températures trop élevées va induire la production d'adultes de petite taille (McCombs, 1980). Or, la fécondité d'*Ae triseriatus* a maintes fois été reliée à sa taille adulte, les

plus petites femelles produisant le moins d'oeufs (Cochrane (1972), Jalil (1974) , McCombs (1980), Côté (1989, données non publiées)).

De plus, la survie des femelles d'*Ae triseriatus* semble liée à la taille adulte. McCombs (1980) a montré en laboratoire qu'un stress nutritionnel pendant la vie larvaire réduisait la longévité des adultes. En milieu naturel, McCombs (1980) et Nasci (1988) ont observé que les femelles d'*Ae triseriatus* de petite taille étaient sous représentées dans des captures de femelles adultes (biting collection). Ces résultats amènent à suggérer que les plus petits individus ne survivent pas assez longtemps pour localiser leur hôte ou qu'ils sont moins aptes à localiser cet hôte. Une autre indication que les femelles les plus grandes vivent plus longtemps fut apportée par Haramis (1983) et Nasci (1988). Ils montrèrent tous deux que la longueur moyenne de l'aile des "parous host-seeking females" (celles ayant survécu assez longtemps pour prendre un repas de sang, pondre leur oeufs et retourner à la recherche d'un hôte) est significativement plus grande que celle des "nulliparous host-seeking females" (femelles étant à la recherche d'un premier repas sanguin). Dans le même ordre d'idées, Walker *et al.* (1987) dans une expérience de capture-recapture ont trouvé que des femelles élevées avec un régime alimentaire 2X (grande taille adulte) étaient recapturées à un taux significativement plus élevé que celles élevées avec un régime 1X (taille adulte moyenne). Il faut toutefois mentionner que Landry *et al.* (1988) ne trouvèrent pas de relation entre la durée de vie adulte et la taille des femelles.

La taille adulte de *Ae triseriatus* a également pris une nouvelle signification épidémiologique suite aux travaux de Grimstad et Haramis

(1984) et de Patrican et De Foliart (1985). Ceux-ci ont en effet montré que des femelles ayant subi un stress nutritionnel lors de leur développement larvaire (rations de nourriture réduites) transmettaient le virus de l'encéphalite de La Crosse à un taux significativement plus élevé que des femelles n'ayant connu que peu ou pas de stress nutritionnel. Selon Grimstad et Walker (1991), cette différence résulterait de déficiences des barrières à l'infection et à la transmission orale (particulièrement, la barrière mésentérique) et de différences morphologiques de la membrane basale mésentérique dont le stress nutritionnel serait à l'origine. Lorsqu'une femelle s'alimente sur un hôte virémique, ces déficiences de la membrane mésentérique faciliteraient le passage du virus de La Crosse des cellules épithéliales mésentériques vers l'hémocoele.

Bien que la relation "quantité de nourriture - taille adulte" ait été bien étudiée, les autres facteurs environnementaux susceptibles d'affecter la taille adulte de *Ae triseriatus* ont été peu étudiés. Goudreau (1988), s'est penché sur l'effet de la compétition intraspécifique et interspécifique chez les populations larvaires d'*Ae triseriatus* et de *Cx restuans*, les deux espèces de moustiques les plus fréquemment retrouvées dans les pneus abandonnés. Ses travaux ont démontré qu'il existait bien une compétition entre les stades jeunes d'*Ae triseriatus* et de *Cx restuans*, cette compétition étant reflétée chez *Ae triseriatus* par une mortalité plus élevée des larves, un temps de développement plus long et une taille adulte réduite. Dans le protocole expérimental de Goudreau, la densité et la concentration de nourriture étaient gardées constantes, seules les proportions de chaque espèce et de chaque stade larvaire (jeune ou vieux) variaient. Goudreau, considérant que la quantité de nourriture ne

pouvait constituer un facteur limitant, expliqua les résultats obtenus par une compétition pour l'espace (interférence physique).

Carpenter (1983) a pour sa part étudié expérimentalement les mécanismes de régulation des populations larvaires de *Ae triseriatus*. Il examina plus particulièrement les effets de la quantité de détritus de feuilles par larve (ration de nourriture), de la densité larvaire ainsi que la libération d'ions ammonium pouvant inhiber le développement larvaire (Carpenter, 1982). Il constata que la quantité de nourriture par larve était le facteur influençant le plus le succès larvaire. Tout au plus, son expérimentation apporte-t-elle un faible support à l'hypothèse qu'une substance excrétée par les larves puisse limiter les populations larvaires. Selon Carpenter (1983), les densités très élevées qui pourraient mener à une inhibition chimique du développement larvaire ne peuvent être maintenues sur une diète naturelle de détritus de feuilles.

Dans ce contexte, notre objectif premier sera de vérifier l'influence de la densité sur le développement larvaire et la taille adulte d'*Ae triseriatus* dans des conditions où la nourriture n'agit pas comme facteur limitant. De plus, nous pensons, à la façon de Haramis (1984), qu'en milieu naturel les conditions de température régnant dans les pneus et les creux d'arbre sont différentes étant donné la meilleure isolation thermique procurée par les creux d'arbre. Le protocole comprend donc une section visant à tester expérimentalement dans quelle mesure la température agit sur le développement larvaire et la taille adulte d'*Ae triseriatus*. Suite aux travaux de Keirans et Fay (1968) et de Jalil (1972), nous savons qu'une augmentation de la température, dans les limites compatibles avec la

physiologie de l'espèce, diminue le temps de développement larvaire. Shelton (1973), compara l'effet de la température sur le développement de huit espèces de moustiques (dont *Ae triseriatus*). Il montra qu'entre 12 et 35 degrés Celsius, une augmentation de la température réduisait le temps de développement larvaire, augmentait le taux de mortalité (surtout pour des températures supérieures à 26° C) et diminuait le poids frais moyen des *Ae triseriatus* adultes (passant de 3,7 mg à 15° C à 2,3 mg à 32° C). Nous tenons tout de même à reprendre partiellement les travaux de Shelton pour les raisons suivantes: premièrement, le nombre de larves employé par Shelton était faible, soit 20 larves pour chaque température expérimentale, l'expérience n'étant réalisée qu'en deux réplicats. Deuxièmement, bien que la densités larvaires étaient faibles (40 larves par litre), peu d'attention semble avoir été portée sur la quantité de nourriture (rabbit show) distribuée aux larves. Nous n'avons donc pas de certitude que, dans ce cadre expérimental, la nourriture ne constitue pas un facteur limitant dont l'influence pourrait être affectée par la température.

Cette expérimentation effectuée au laboratoire sera complétée par une évaluation des conditions environnementales rencontrées en milieu naturel par les larves de *Ae triseriatus* tant dans les pneus que dans les creux d'arbre. *Ae triseriatus* étant une espèce dont l'éclosion des oeufs est étalée sur plusieurs semaines et régulée par la densité (Lindahl et Edgerly, 1987 et Lindahl *et al.*, 1984) et pouvant présenter deux ou trois générations par année (multivoltine), des larves sont donc présentes dans les biotopes du printemps jusqu'à l'hiver. Cela justifie que nous donnions

aussi à notre étude une dimension temporelle, c'est-à-dire que nous examinons les variations des densités larvaires et de la taille adulte des femelles en fonction de la saison.

Les creux d'arbre et les pneus usagés constituent deux milieux bien différents pour les larves d'*Ae triseriatus*. Plus particulièrement, des différences importantes sont anticipées pour les densités larvaires, la quantité et/ou la qualité de la matière organique végétale, la température et la faune compagne. Il semble que ces différences entre les deux biotopes se traduisent par des différences dans le développement larvaire et la taille adulte d'*Ae triseriatus*. Haramis (1984) a comparé la taille adulte des individus provenant de creux d'arbres et de pneus usagés en Indiana (E.U.). Il trouva que le développement larvaire était plus rapide dans les pneus (température plus élevée) et que les femelles provenant de pneus situés en milieu ombragé étaient plus grandes que les femelles provenant de creux d'arbre qui elles-mêmes étaient plus grandes que celles provenant de pneus exposés au soleil. Il nota également qu'il y avait une diminution de la taille des femelles provenant de pneus pendant la saison alors que la taille des femelles provenant de creux d'arbre restait inchangée. Notre étude permettra de relier ces différences à la densité larvaire dans les biotopes.

Chapitre 2. MATERIEL ET METHODE

2.1 EXPERIMENTATION EN LABORATOIRE

Cette série d'expériences en conditions contrôlées débuta le 12 mars et se termina le 28 juin 1990. Elle fut réalisée à l'aide de larves d'*Ae triseriatus* provenant de l'élevage du Groupe de Recherche sur les Insectes Piqueurs (G.R.I.P.) de l'Université du Québec à Trois-Rivières. Cette colonie dont les individus originaux proviennent de la région de Trois-Rivières ($46^{\circ} 18' N$; $72^{\circ} 37' O$) est maintenue en élevage intensif depuis 1985. Cependant, un rafraîchissement du stock est effectué occasionnellement par l'addition de larves provenant du milieu naturel (souche sauvage). Le dernier ajout de larves sauvages remonte à juillet 1989 et les adultes produits ont été intégrés à l'élevage afin d'assurer un mélange des deux souches.

Les différentes hypothèses que nous voulons tester par cette expérimentation sont les suivantes:

- H01 La densité larvaire n'a pas d'effet sur le temps moyen d'émergence d'*Ae triseriatus*;
- H02 La densité larvaire n'a pas d'effet sur le pourcentage d'émergence d'*Ae triseriatus*;
- H03 La densité larvaire n'a pas d'effet sur la taille adulte des femelles d'*Ae triseriatus*;

- H04 La température n'a pas d'effet sur le temps moyen d'émergence d'*Ae triseriatus*;
- H05 La température n'a pas d'effet sur le pourcentage d'émergence d'*Ae triseriatus*;
- H06 La température n'a pas d'effet sur la taille adulte des femelles d'*Ae triseriatus*.

Ces six hypothèses seront testées à l'aide d'une analyse de variance à deux critères de classification, les deux critères de classification étant la densité larvaire et la température. Tous les tests statistiques seront réalisés à l'aide de programme SPSSx.

Le tableau I schématise le protocole expérimental. Nous examinerons les effets de trois densités larvaires sous trois conditions de température. Chaque traitement expérimental sera réalisé en trois réplicats. Les détails relatifs à cette expérience sont décrits ci-dessous.

2.1.1 Alimentation des larves

Un des aspects à la fois des plus importants et des plus problématiques dans cette expérimentation est de s'assurer que la nourriture ne constituera pas un facteur limitant le développement des larves. Afin de remplir cette condition essentielle, la quantité de nourriture sera proportionnelle à la densité larvaire et les rations de nourriture seront très généreuses.

Tableau I Schématisation du protocole expérimental *

CONDITIONS DE TEMPERATURE	DENSITES LARVAIRES
Température constante 21 degrés Celsius	a) 50 larves/litre b) 150 larves/litre c) 450 larves/litre
Température constante 12 degrés Celsius	a) 50 larves/litre b) 150 larves/litre c) 450 larves/litre
Thermopériode 12-21 degrés Celsius	a) 50 larves/litre b) 150 larves/litre c) 450 larves/litre

* trois répliquats seront réalisés pour chacunes des conditions expérimentales,
le choix des températures et des densités larvaires est justifié plus loin dans le texte.

Le régime alimentaire choisi est une adaptation de celui préconisé par Munstermann et Wasmuth (1985). Ce régime consiste en une suspension de 60 g de poudre de foie (poudre de foie de boeuf désséchée "Swiss") dans 1000 ml d'eau distillée distribuée selon le protocole décrit au tableau II. Chacune des larves a reçu 0,09 ml de cette suspension (5,4 mg de foie par larve) en plus de 1 mg de nourriture sèche pour chatons finement broyée ("Kitten Chow" de "Purina"). L'alimentation des larves placées à 12° C, tel qu'indiqué au tableau III, s'est faite selon un calendrier différent de celui des larves à 21°C et 12-21°C. Nous avons étalé la distribution de la nourriture afin de tenir compte de l'augmentation du temps de développement à "basse" température. Les quantités de suspension de foie et de "Kitten Chow" sont demeurées les mêmes.

Cependant, lors de l'expérimentation, les larves soumises à une densité de 50 par litre montrèrent un retard de développement et une mortalité très élevée (environ 75% de mortalité après 10 jours à 21° C et 55% à 12/21° C). Nous avons alors supposé que cela pouvait résulter soit d'un manque de nourriture (problème de rapport "quantité de nourriture par unité de surface ou de volume du bac"), soit d'un effet de densité sous-optimale (les larves ayant besoin d'une densité minimale pour se développer normalement). Afin de vérifier laquelle de ces hypothèses était la bonne, une seconde série de bacs de densité 50 larves/l fut constituée le 22 mars, soit dix jours après le début de la première expérience. Ces larves reçurent une double portion de nourriture (2X). Il s'avéra que cela permit le développement normal des larves (temps de développement et mortalité comparable à celui des larves placées à 150/litre).

TABLEAU II Alimentation des larves élevées à une thermopériode de
12/21° C et à 21° C. *

JOUR	ml de suspension de foie par larve	mg de Kitten Chow par larve
1	0,02	1
4	0,01	0
6	0,02	0
9	0,02	0
12	0,02	0

* Les larves soumises à une densité de 50/litre, ont reçu des rations de nourriture doubles

TABLEAU III Alimentation des larves élevées à 12° Celsius. *

JOUR	ml de suspension de foie par larve	mg de Kitten Chow par larve
1	0,02	1
4	0,01	0
6	0,02	0
20	0,02	0
29	0,02	0

* Les larves soumises à une densité de 50/litre, ont reçu des rations de nourriture doubles

La condition essentielle exigeant que la nourriture n'agisse pas comme facteur limitant semblait donc être remplie. Lors des analyses subséquentes, les larves élevées à 50/ litre et ayant reçu une ration simple de nourriture ne seront pas considérées. Pour la densité 50 larves/l, il faut donc multiplier par deux les quantités de nourriture indiquées aux tableaux II et III.

2.1.2 Densités larvaires

Pour l'étude de l'effet de la densité sur le développement larvaire et la taille adulte de *Ae triseriatus*, nous avons retenu des densités de 50, 150, 450 larves par litre. Ces choix s'appuient essentiellement sur des données recueillies sur le terrain au cours de l'été 1989 ainsi que sur des densités utilisées dans des études antérieures et se justifient comme suit:

- 50 larves/l: Densité voisine de celle utilisée par Shelton (1973) dans son étude de l'effet de la température sur le développement de quelques espèces de moustiques (40 larves/l).
- 150 larves/l: Densité moyenne approximative d'*Ae triseriatus* pendant le mois de juin dans les dix pneus échantillonnés (figure 8).
- 450 larves/l: Densité moyenne approximative pendant le mois de juillet dans les 11 creux d'arbres échantillonnés (figure 6).

Bien qu'en début de saison les densités larvaires prévalant dans les creux d'arbres soient fréquemment supérieures à 450 larves/litre (densité moyenne le 22 mai -première semaine d'échantillonnage-: 3062 larves/l) nous n'avons pas employé de densités plus élevées afin d'éviter une trop grande mortalité larvaire (conditions subléthales). De plus, la comparaison avec des densités observées en milieu naturel doit se faire avec précaution. En effet, dans les pneus et les creux, des larves de différents stades peuvent se retrouver simultanément dans un même biotope et interagir avec des larves d'autres espèces de moustiques ou d'insectes en général, ce qui n'est pas le cas dans des conditions expéri-

mentales. Munstermann et Wasmuth (1985) proposent une densité de 300 larves par litre pour l'élevage de masse de *Ae triseriatus*. Nous supposons que la densité de 450 larves/l sera suffisante pour provoquer un effet de sur-densité.

2.1.3 Températures d'élevage

Les trois conditions de températures choisies pour l'élevage des larves sont les suivantes:

21° Celsius: Température optimale pour le développement de *Ae triseriatus* selon Shelton (1973) et Jalil (1972).

12° Celsius: Température minimale pour le développement de *Ae triseriatus*

Thermopériode de 12-21° C: Thermopériode quotidienne simulant les conditions de température prévalant dans les gites naturels pendant la période estivale. Expérimentalement, la thermopériode fut synchronisée avec la photopériode, c'est-à-dire 18 heures à 21 °C et 6 heures à 12 °C.

L'intérêt d'inclure une thermopériode dans les conditions de températures choisies est de vérifier dans quelle mesure l'alternance de conditions propices à la croissance (températures optimales) et de périodes de récupération (températures plus faibles) a un effet positif sur

le développement larvaire. Un thermomètre mini/maxi installé dans un pneu représentatif de ceux échantillonnés pendant l'été 1989 nous a permis de mesurer les températures minimales et maximales atteintes entre le 15 juin et le 21 septembre (tableau X). Ces résultats nous ont guidés dans le choix des températures expérimentales. La thermopériode de 12-21° C intègre bien l'ensemble des températures enregistrées pour la période du 15 juin au 24 août 1989.

Les différentes conditions expérimentales de température ont été recréées grâce à des chambres environnementales (Conviron) dans lesquelles furent placés les bacs contenant les larves. La photopériode était de 18 heures jour : 6 heures nuit. L'intensité lumineuse des lampes fluorescentes était diminuée en recouvrant de papier les fluorescents. L'intensité lumineuse mesurée à l'aide d'un posemètre (Sekonic modèle L-28C2) était d'environ 2 pieds/chandelle ou 21,5 lux.

2.1.4 Eclosion des oeufs et élevage des larves

Dans l'élevage du G.R.I.P., les femelles d'*Ae triseriatus* ovipositionnent sur des bandelettes de papier couvrant l'intérieur de bêchers contenant de l'eau. Au jour 0 de notre expérimentation, une de ces bandelettes d'oeufs d'*Ae triseriatus* est placée dans un bêcher contenant 250 ml d'eau distillée non-déminéralisée et 100 mg de levure (levure de bière "bioforce") sont ajoutés afin de favoriser l'éclosion. Après quatre heures, la bandelette sur laquelle sont fixés les oeufs non éclos est enlevée. Deux heures plus tard, les larves néonates sont transférées dans un grand bac de plastique contenant trois litres d'eau distillée non-

déminalisée et 5 ml de suspension de foie (60 g/litre). Pendant cette période, les larves néonates sont toutes maintenues à une température de 21° C.

Au jour 1, 24 heures après l'immersion des oeufs, les larves sont comptées et placées dans leurs bacs d'élevage respectifs. Ces bacs (13,5 X 18,5 cm) contiennent 750 ml d'eau distillée non-déminalisée ainsi que la première ration de nourriture. Finalement, ils sont placés dans les chambres environnementales.

Les jours suivants, la nourriture est distribuée selon le protocole et l'évaporation est compensée par l'ajout d'eau déminéralisée non-distillée afin de maintenir le volume des bacs à 750 ml. Régulièrement, le voile bactérien se formant à la surface de l'eau est enlevé à l'aide d'essouflet "Kimiwipes". Lorsque les nymphoses débutent, les bacs sont recouverts d'un filet empêchant la fuite des adultes. Ceux-ci sont ramassés quotidiennement après anesthésie à l'éther puis tués par congélation.

2.1.5 Paramètres mesurés

Afin d'évaluer les effets induits par la densité larvaire et la température, trois paramètres sensibles à ces conditions seront mesurés:

- le temps moyen d'émergence;
- le pourcentage d'émergence;
- la taille adulte des femelles.

Ces trois paramètres furent ceux mesurés, entre autres, par Goudreau (1988) dans son étude de la compétition larvaire entre *Ae triseriatus* et *Cx restuans* et Livdahl (1982) dans son étude de la compétition intraspécifique chez *Ae triseriatus*.

Comme mesure de la taille adulte des femelles, nous utiliserons la longueur d'aile (mesurée de la base de la costale à l'apex en excluant les écailles marginales). Les ailes seront mesurées au dixième de millimètre près à l'aide d'une loupe binoculaire. La longueur de l'aile est une mesure de la taille adulte simple, rapide et couramment utilisée (Mc Combs (1980), Haramis (1984), Nasci (1988)). En outre, Côté (1989, données non publiées) a obtenu pour un échantillon d'*Ae triseriatus* (N=180) de l'élevage du G.R.I.P. une corrélation de 0,85 ($p < 0,01$) entre la longueur de l'aile des femelles et le logarithme du nombre d'oeufs pondus:

$$\log_{10} \text{nombre d'oeufs} = (\text{longueur de l'aile} \times 0,363) + 0,530$$

Nous examinerons également le sex-ratio des adultes émergeant aux différentes conditions expérimentales. Selon McCombs (1980), les mâles requièrent moins d'énergie que les femelles pour compléter leur développement larvaire et ont ainsi de meilleures chances de parvenir au stade adulte malgré des conditions difficiles. De plus, selon Reisen *et al.* (1984), le temps de développement des moustiques femelles étant généralement plus long que celui des mâles, celles-ci sont soumises plus longtemps aux conditions d'élevage sub-optimales.

2.1.6 Traitement statistique

L'analyse statistique des résultats fut faite à l'aide d'analyses factorielles de variances à deux critères de classification. Les conditions d'application de ce test sont la normalité des données et l'égalité des variances (homoscédasticité). Afin de remplir ces conditions, nous avons dû transformer les données.

Après transformation "arcsinus de la racine carrée", les pourcentages d'émergence étaient distribués normalement (test de Kolmogorov-Smirnov; $P=0,954$) et les variances étaient égales (test du $F_{max} = 37,19$; valeur critique = 475 selon Sokal et Rohlf, 1981).

Même après transformation, les données de "temps de développement" ne remplissaient pas les conditions d'application. La transformation logarithmique était celle rendant les données les plus conformes à ces conditions. Une fois cette transformation effectuée, les données étaient distribuées normalement dans deux des neuf cas. Le rapport S^2_{max}/S^2_{min} ($F_{max}= 2,82$) était légèrement supérieur à la valeur critique (= 2,25). Toutefois, ce rapport S^2_{max}/S^2_{min} était de 17,34 pour les données non-transformées. La transformation logarithmique permet donc de s'approcher grandement de l'homoscédasticité.

La transformation "arcsinus" a permis aux données sur la taille des femelles de remplir la condition d'égalité des variances ($F_{max}= 2,80$; $F_{critique}= 2,80$). Toutefois, ces données transformées ne sont distribuées normalement que dans un des neuf cas.

Selon Kirk (1968), la distribution de F utilisée pour l'analyse de variance est très robuste à la violation des conditions d'applications. Selon lui, la non-normalité des distributions à peu de conséquence pourvu que les distributions soient de formes homogènes. Or, les données de "taille des femelles" ont toutes une asymétrie négative et celles de "temps de développement" une asymétrie positive. Selon Green (1979), les tests bilatéraux utilisant la distribution de F sont généralement valides même lorsque les distributions ne sont pas normales si:

- le rapport $S^2_{\text{max}}/S^2_{\text{min}}$ n'excède pas 20;
- le rapport de la taille du plus grand sur celle du plus petit des échantillons ($N_{\text{max}}/N_{\text{min}}$) n'excède pas quatre;
- le degré de liberté de l'erreur ($N-k$) est supérieur à dix.

Or, pour les données relatives à la "taille des femelles" et au "temps de développement", les $S^2_{\text{max}}/S^2_{\text{min}}$ (valeurs de F_{max}) sont respectivement de 2,80 et 2,82 et le degré de liberté de l'erreur est supérieur à 1000 dans les deux cas. Toutefois, les tailles des échantillons varient grandement. Le rapport $N_{\text{max}}/N_{\text{min}}$ est de 12 pour le temps de développement et de 16 pour la taille des femelles.

Selon Cochran (1947) (In Green ,1979), l'hétérogénéité des variances entraîne une perte d'efficacité dans l'estimation de l'effet des traitements et une perte de sensibilité (risque d'erreur de type *beta* plus grand). Toutefois, selon Green (1979) lorsque les effectifs des échantillons sont inégaux, le risque d'erreur de type *alpha* (rejet d'une hypothèse qui devrait être acceptée) peut aussi être affecté. Si les groupes ayant les variances les plus grandes tendent aussi à avoir les plus grands effectifs, le test est plus conservateur. Par exemple, on peut penser tester à un *alpha* de 0,05

alors qu'il est en réalité de 0,02. A l'inverse, si les groupes ayant les plus grandes variances tendent à avoir les effectifs les plus faibles, le test est plus libéral. Pour ce qui est de nos résultats, tant pour les données de "taille des femelles" que de "temps de développement", il n'y a pas de relation directe entre l'effectif et la variance des groupes.

Ainsi, compte tenu de la robustesse de l'analyse de variance à deux critères de classification et des précautions prises, nous utiliserons ce test même si les conditions d'application ne sont pas tout-à-fait remplies. Nous assumons que les écarts aux conditions de normalité et d'homogénéité des variances n'auront pas d'effets sur le niveau de signification de ces analyses de variances.

2.2 ETUDE EN MILIEU NATUREL

Cette étude vise essentiellement à identifier les conditions environnementales rencontrées en milieu naturel par les larves d'*Ae triseriatus* et leurs effets sur le développement larvaire et la taille adulte de ce moustique. Les hypothèses statistiques testées seront les suivantes:

H₀₇ La taille adulte des femelles d'*Ae triseriatus* provenant des pneus usagés n'est pas significativement différente de celle des femelles provenant de creux d'arbre;

H₀₈ La taille adulte des femelles d'*Ae triseriatus* ne varie pas en fonction de la saison (dans les pneus et dans les creux d'arbre);

H₀₉ Il n'y a pas de relation entre la densité larvaire dans les pneus usagés et la taille adulte des femelles d'*Ae triseriatus* provenant de ce biotope;

H₀₁₀ Il n'y a pas de relation entre la densité larvaire dans les creux d'arbre et la taille adulte des femelles d'*Ae triseriatus* provenant de ce biotope;

H₀₁₁ Il n'y a pas de relation entre la densité larvaire dans les pneus usagés et le pourcentage de nymphose estimé d'*Ae triseriatus*;

H012 Il n'y a pas de relation entre la densité larvaire dans les creux d'arbre et le pourcentage de nymphose estimé d'*Ae triseriatus*.

2.2.1 Biotopes larvaires échantillonnés

Afin de rencontrer les objectifs fixés, dix pneus usagés et douze creux d'arbre furent échantillonnés hebdomadairement du 22 mai au 7 août 1989 (sauf la semaine du 29 mai où il n'y a pas eu d'échantillonnage) puis aux deux semaines jusqu'au 18 septembre 1989 (tableau IV). Les pneus et les creux d'arbres échantillonnés étaient localisés près de cinq municipalités de la Mauricie (figure 1) :

Trois-Rivières-Ouest:	Quatre creux et deux pneus
St-François-du-Lac:	Quatre creux et trois pneus
Charette:	Deux creux et trois pneus
Trois-Rivières (Île St-Quentin):	Deux creux d'arbre
Pointe du lac:	Deux pneus usagés.

Les creux échantillonnés furent choisi en fonction de la présence de larves d'*Ae triseriatus* lors d'un pré-échantillonnage réalisé pendant la semaine de 15 mai 1989. Les creux d'arbre colonisés sont en nombre limité dans les érablières. En fait, exception faite de Trois-Rivières-Ouest, les creux échantillonnés correspondent aux seuls trouvés dans les sites prospectés. Cependant, à Trois-Rivières-Ouest, près d'une dizaine de creux d'arbre contenaient des larves et les trois biotopes échantillonnés furent

Tableau IV Dates d'échantillonnage de creux d'arbre et de pneus abandonnés, été 1989

	Semaine du	Jour julien correspondant
1	22 MAI	142
2	5 JUIN	156
3	12 JUIN	163
4	19 JUIN	170
5	26 JUIN	177
6	3 JUILLET	184
7	10 JUILLET	191
8	17 JUILLET	198
9	24 JUILLET	205
10	31 JUILLET	212
11	7 AOUT	219
12	21 AOUT	233
13	4 SEPTEMBRE	247
14	18 SEPTEMBRE	261

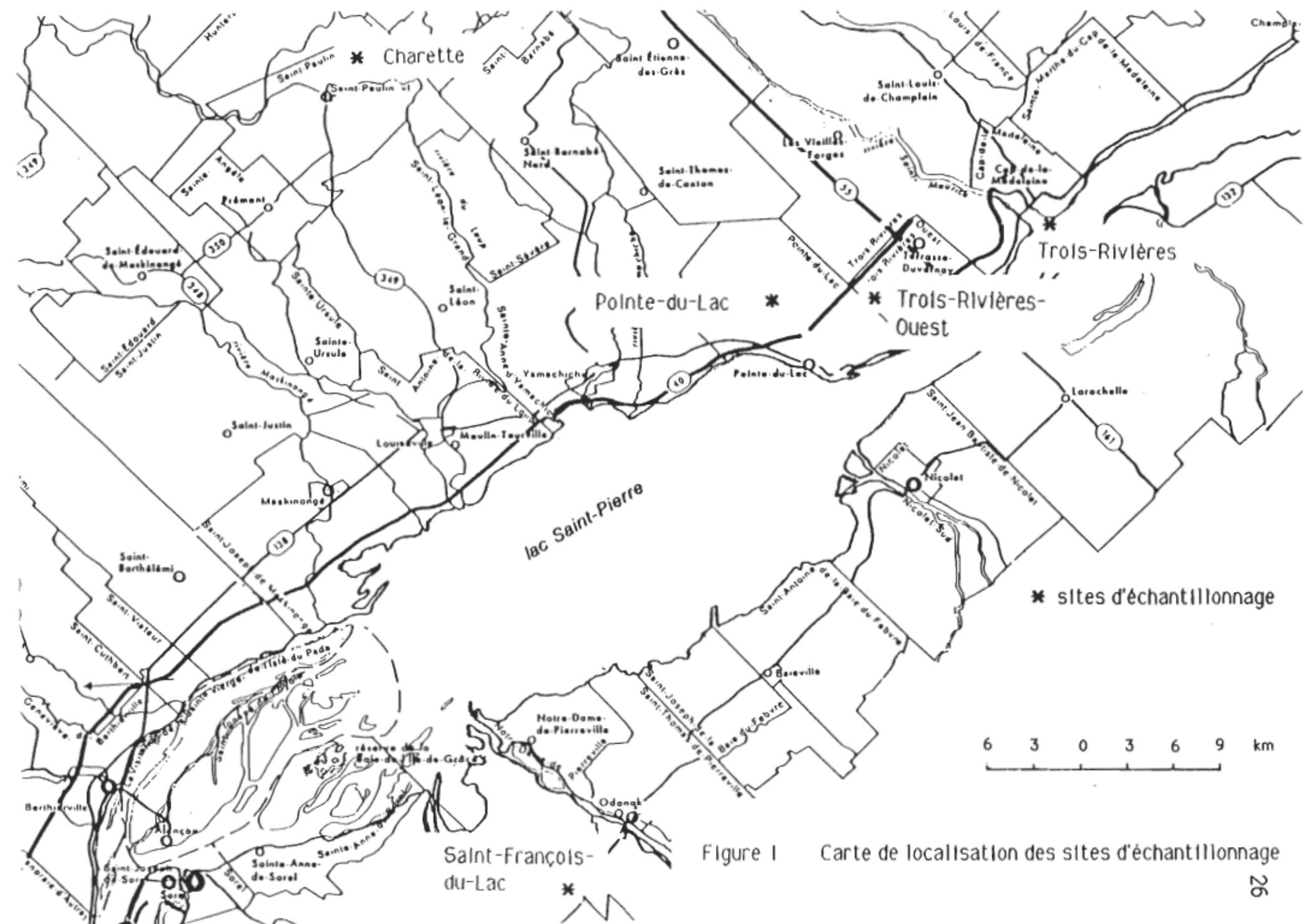


Figure 1 Carte de localisation des sites d'échantillonnage

choisis au hasard parmi ceux-ci. Un des creux d'arbre, CQ2, s'est avéré contenir des larves de *Ae hendersoni*. Les larves d'*Ae triseriatus* et d'*Ae hendersoni* sont impossibles à différencier sur le terrain, leur identification nécessitant l'utilisation d'une loupe binoculaire. L'identification des adultes est elle aussi très difficile et comporte une part d'incertitude, celle-ci s'appuyant sur de légères différences de la pilosité des palpes maxillaires des mâles et de la forme des griffes tarsales chez les mâles et femelles (Harmston, 1969). Ce creux a produit 40 adultes, 16 femelles et 24 mâles. De ce nombre, 5 mâles et au moins 5 femelles ont été identifiés comme étant des *Ae hendersoni*. Puisque les différences écologiques entre ces deux espèces sont nombreuses (Walker *et al.*, 1987) et que l'identification des larves n'a pu être effectuée, les données relatives à ce creux ont été exclus des résultats.

Les pneus échantillonnés furent choisis au hasard parmi ceux contenant des larves d'*Ae triseriatus* au moment du pré-échantillonnage. Il faut ici faire une distinction entre les pneus exposés au soleil et ceux situés à l'ombre sous une épaisse végétation. Comme l'on montré Nasci (1988), Haramis (1984) et Beier *et al.* (1983), les pneus situés à l'ombre sont ceux massivement colonisés par *Ae triseriatus* et ceux constituant le meilleur habitat (température moins élevée et matière organique plus abondante). C'est ce type de pneu qui fut échantillonné.

2.2.2 Technique d'échantillonnage et données récoltées

Lors de chaque échantillonnage, l'eau contenue dans le biotope était prélevée à l'aide d'une pompe conçue par notre équipe. Le biotope était ensuite rincé avec de l'eau déminéralisée jusqu'à ce que trois rinçages successifs aient révélé la présence de moins de trois larves. La matière organique présente (feuilles mortes en décomposition) était remise dans le biotope après un rinçage méticuleux. Une fois les larves comptées, l'eau originale ainsi que les larves étaient remises dans le biotope (seules les nymphes étaient gardées pour élevage au laboratoire). Finalement, nous complétions le remplissage du biotope à sa capacité maximale avec l'eau de rinçage. Cette dernière opération évitait l'assèchement du biotope pendant les périodes de sécheresse. Les données suivantes furent amassées:

- le volume d'eau dans le biotope;
- le nombre de larves d' *Ae triseriatus* de chaque stade larvaire;
- le nombre de larves de *Culex spp* de chaque stade. Les trois espèces de *Culex* rencontrées ne peuvent être identifiées avec certitude sur le terrain. Afin de connaître les espèces présentes, quelques individus étaient ramenés au laboratoire pour élevage jusqu'au quatrième stade puis identifiés;
- l'indice d'abondance des autres espèces constituant la faune compagne (des larves de Cératopogonidés, de Chironomidés, de Dixidés, de Syrphidés, d'Helodidés et des Cladocères). Les indices suivants étaient ceux employés:
 - + présence
 - ++ abondance moyenne
 - +++ grande abondance

En quelques occasions au cours de l'été, la température et le pH de l'eau contenue dans les biotopes furent également mesurés. Toutefois, ces données de température présentent peu d'intérêt, celle-ci étant davantage fonction du moment de la journée que du type de gîte. Un thermomètre mini-maxi fut également installé dans un pneu à Charette, à proximité de ceux échantillonnés. Les températures extrêmes y furent relevées hebdomadairement (aux deux semaines en fin de saison) du 15 juin au 18 septembre 1989.

Les nymphes de Culicidés trouvées dans les biotopes furent ramenées au laboratoire. Elles furent élevées jusqu'à l'émergence des adultes dans des bacs de un litre recouverts d'un fillet. Les adultes étaient récoltés chaque jour après anesthésie à l'éther. Ils étaient ensuite tués par congélation puis séchés dans un dessicateur contenant du CaSO₄ anhydrique. Finalement, ces adultes furent identifiés (espèce et sexe) à l'aide des clés d'identification de Wood *et al.* (1979). La longueur de l'aile des *Ae triseriatus* femelles fut mesurée de la base de la costale à l'apex en excluant les écailles marginales.

2.2.3 Analyse statistique

Afin de vérifier si la taille des femelles provenant des pneus abandonnés est significativement différente de celle des femelles provenant des creux d'arbre (hypothèse 7), nous avons utilisé un test de t de Student pour échantillons indépendants. Cependant, les données n'étaient pas distribuées normalement dans les pneus ni dans les creux

d'arbre (test de Kolmogorov-Smirnov, $P < 0,000$) et les variances étaient inégales (test de F de Fisher, $P= 0,039$). La transformation logarithmique n'améliorait ni la normalité ni l'homoscédasticité. Nous avons tout de même utilisé le test de t en raison de sa grande robustesse; Green (1979) considère que l'on peut utiliser ce test lorsque les données ne sont pas distribuées normalement à condition que le rapport "variance maximale / variance minimale" soit inférieur à 20 (ce rapport est de 1,24 pour nos échantillons) et que le rapport du plus grand effectif sur le plus petit n'excède pas 4 (il est de 3,0 dans le cas présent).

Afin de vérifier statistiquement si la taille moyenne des femelles varie en fonction du temps (hypothèse 8), nous avons séparé la saison en deux parties: du 12 juin au 16 juillet (jours juliens 163-191) et du 17 juillet au 18 septembre (jours juliens 198-261). Le 17 juillet a été choisi comme limite pour deux raisons. Premièrement, à ce moment, 50% des nymphoses ont eu lieu tant dans le pneus (59% des nymphoses) que dans les creux (55% des nymphoses) (figure 32). Deuxièmement, les larves ayant nymphé avant le 17 juillet n'ont pas eu d'interactions avec les larves de la seconde génération d'*Ae triseriatus* et peu d'interactions avec les *Culex spp.*, ceux-ci apparaissant massivement dans les pneus la semaine du 10 juillet (voir figure 9 - section 3.2.2). Afin de comparer ces tailles moyennes, pour les mêmes raisons qu'évoquées pour l'hypothèse 7, nous utiliserons un test de t de Student pour échantillons indépendants (test unilatéral) malgré la non-normalité des distributions.

Nous avons utilisé des régressions linéaires simples afin de vérifier si la densité larvaire influençait la taille des femelles adultes (hypothèses 9 et 10). Des droites de régressions furent déterminées séparément pour les creux d'arbres et les pneus. Il est toutefois difficile d'établir une relation directe entre la taille d'une femelle donnée et la densité larvaire à laquelle elle a été soumise pendant son développement et cela pour plusieurs raisons:

- la densité larvaire dans chaque biotope varie dans le temps. Les individus ne sont pas soumis à une densité constante pendant leur développement mais plutôt à une densité variable qui dépend du nombre de larves et du volume d'eau dans le biotope. Ainsi, des pluies abondantes peuvent faire varier la densité d'un facteur deux ou même plus et cela en quelques heures;
- les éclosions ne sont pas synchrones, elles s'échelonnent sur près de cinq mois (de la mi-avril à la mi-septembre);
- une seconde génération (ou cohorte) d'*Ae triseriatus* apparaît dans la plupart des creux et des pneus à la fin de juillet ou au début d'août;
- des éclosions de radeaux d'oeufs de *Culex spp* se produisent dans les pneus à compter de la fin du mois de juin et dans un creux (CSF1) à la mi-juillet.

Pour pallier ces difficultés, nous avons isolé, dans chaque biotope, les larves de la "première génération"*, c'est-à-dire les larves et nymphes présentes dans un biotope avant la semaine où apparaissent les larves de la seconde génération. Cette première génération est relativement facile à distinguer de la seconde. En effet, à compter de la fin du mois de juin il n'y

* nous utiliserons cette appellation bien qu'il puisse s'agir d'une seconde cohorte

TABLEAU V Variables indépendantes utilisées dans les régressions

CODE	SIGNIFICATION
D1	densité larvaire d' <i>Ae triseriatus</i> et de <i>Culex</i> spp la première semaine d'échantillonnage (22 mai)
D2	densité larvaire d' <i>Ae triseriatus</i> et de <i>Culex</i> spp la seconde semaine d'échantillonnage (5 juin)
D3	densité larvaire d' <i>Ae triseriatus</i> et de <i>Culex</i> spp la troisième semaine d'échantillonnage (12 juin)
D4	densité larvaire d' <i>Ae triseriatus</i> et de <i>Culex</i> spp la quatrième semaine d'échantillonnage (19 juin)
D5	densité larvaire d' <i>Ae triseriatus</i> et de <i>Culex</i> spp la cinquième semaine d'échantillonnage (26 juin)
D6	densité larvaire d' <i>Ae triseriatus</i> et de <i>Culex</i> spp la sixième semaine d'échantillonnage (3 juillet)
D7	densité larvaire d' <i>Ae triseriatus</i> et de <i>Culex</i> spp la septième semaine d'échantillonnage (10 juillet)
D8	densité larvaire d' <i>Ae triseriatus</i> et de <i>Culex</i> spp la huitième semaine d'échantillonnage (17 juillet)
D9	densité larvaire d' <i>Ae triseriatus</i> et de <i>Culex</i> spp la neuvième semaine d'échantillonnage (24 juillet)
DENT12	densité moyenne d' <i>Ae triseriatus</i> pendant les semaines 1 et 2
DENT13	densité moyenne d' <i>Ae triseriatus</i> pendant les semaines 1 à 3
DENT14	densité moyenne d' <i>Ae triseriatus</i> pendant les semaines 1 à 4
DENT15	densité moyenne d' <i>Ae triseriatus</i> pendant les semaines 1 à 5
DENT23	densité moyenne d' <i>Ae triseriatus</i> pendant les semaines 2 et 3
DENT24	densité moyenne d' <i>Ae triseriatus</i> pendant les semaines 2 à 4
DENT25	densité moyenne d' <i>Ae triseriatus</i> pendant les semaines 2 à 5
DEN	densité moyenne d' <i>Ae triseriatus</i> pendant la première génération
DENAECX	densité moyenne d' <i>Ae triseriatus</i> et de <i>Culex</i> spp pendant la première génération
STD45	Densité moyenne de larves de stades 3 et 4 au cours des six premières semaines
MAX	Densité larvaire maximale enregistrée dans le biotope au cours des six premières semaines (<i>Ae triseriatus</i> seulement)
MIN	Densité larvaire minimale enregistrée dans le biotope au cours des six premières semaines (<i>Ae triseriatus</i> seulement)
DNOUV	Estimation du nombre de larves composant la génération (larves présentes la première semaine + larves de stades 1 et 2 apparaissant pendant les semaines suivantes) divisée par le volume maximum du biotope
VOL	Volume moyen du biotope pendant la génération
VOLMAX	Volume maximum du biotope
PH	pH moyen du biotope entre le 19 juin et le 3 juillet (moyenne de trois valeurs)
AIRE	Aire de l'ouverture des creux d'arbres

a pratiquement plus de nouvelles larves d'*Ae triseriatus* (stades 1 et 2) qui apparaissent dans les creux et les pneus et cela pendant 3 ou 4 semaines consécutives. On constate ensuite une nouvelle période d'éclosions importantes que nous considérons être la seconde génération.

Dans la détermination de la taille moyenne de ces femelles, nous n'avons considéré que les femelles ayant émergé avant l'apparition des larves de la seconde génération (c'est-à-dire avant les dates indiquées aux tableaux XII et XIII). En fait, quelques adultes de la première génération ont émergé après cette date mais ils n'ont pas été considérés dans les calculs en raison de leur interaction avec les larves de la seconde génération.

La taille moyenne des femelles de chaque biotope fut corrélée à diverses estimations de la densité prévalant dans le biotope à différents moments. Le tableau V indique ces différentes estimations de la densité larvaire ainsi que quelques autres variables qui furent utilisées comme variables indépendantes dans les régressions.

Nous sommes conscients que ces estimations des densités rencontrées par les larves pendant leur développement sont très approximatives. Nous performerons tout de même les régressions en considérant néanmoins que les résultats ont plus une valeur exploratoire et descriptive que prédictive. Aussi, n'avons-nous pas vérifié les conditions d'application des tests de significativité des corrélations.

Afin de vérifier si le pourcentage de nymphose de chacun des biotope était relié à la densité larvaire (hypothèses 11 et 12), nous avons fait des régressions linéaires entre le pourcentage de nymphose estimé et la variable DNOUV (voir tableau V). Nous avons donc tenté d'estimer le pourcentage de nymphose des larves d'*Ae triseriatus* des pneus et des creux d'arbres. Pour chacun des biotopes échantillonnés, nous avons divisé le nombre de nymphes récoltées pendant la première génération par le nombre de larves constituant cette génération. Le nombre de larves constituant la première génération avait été estimé à la section 3.2.6 : il servait au calcul de la variable indépendante DNOUV. Nous n'avons pas estimé le pourcentage de nymphose pour l'ensemble de la saison parce qu'il reste des larves vivantes dans la plupart des biotopes à la fin de la période d'échantillonnage (après la semaine du 18 septembre) et parce que l'effort d'échantillonnage diminuait en fin de saison (les biotopes étant échantillonnés aux deux semaines seulement) ce qui peut affecter la proportion de nymphes récoltées avant leur émergence. Puisque des larves comptées comme faisant partie de la première génération émergent après l'apparition de la seconde génération et que ces individus ne sont pas considérés, le pourcentage de nymphose réel des larves de la première génération est probablement supérieur à celui estimé. Par contre, nous ne pouvons avoir la certitude que le pourcentage de nymphose de la première génération représente bien le pourcentage de nymphose pour l'ensemble de la saison. Notre estimation du pourcentage de nymphose est donc assez grossière. Aussi, nous n'avons pas mis d'emphase sur l'outil statistique et nous n'avons pas vérifié les conditions d'application de ces tests.

Chapitre 3. RESULTATS

3.1. EXPERIMENTATION EN LABORATOIRE

3.1.1 Effet de la température et de la densité larvaire

Le tableau VI montre les résultats des analyses de variances à deux critères de classification. On constate que la température et la densité larvaire affectent significativement le pourcentage d'émergence, le temps de développement ainsi que la taille des femelles. Toutefois, l'interprétation des résultats est compliquée par de fortes interactions des deux facteurs. Ces interactions indiquent que l'effet de la densité varie en fonction de la température d'élevage.

3.1.1.1 Effet sur le pourcentage d'émergence

La figure 2 montre le pourcentage d'émergence dans les différents traitements expérimentaux. On constate qu'à une température de 21°C ainsi qu'à une thermopériode de 12-21°C, à faibles densités (50 et 150 larves/l) le pourcentage d'émergence est voisin de 90% et qu'il diminue lorsque la densité est de 450 larves/l. La situation inverse est observée à 12°C. Le pourcentage d'émergence est alors plus grand à forte densité (environ 75%) qu'à 50 et 150 larves/l où il n'est que de 60% environ.

Tableau VI Analyse de variance portant sur l'effet de la température et de la densité sur le pourcentage d'émergence, le temps de développement et la taille adulte des femelles

Variables	Effet température	Effet densité	Interaction temp. X dens.
Pourcentage d'émergence	oui P= 0,021 F= 4,8	oui P= 0,019 F= 5,0	oui P= 0,003 F= 6,2
Temps de développement	oui P< 0,000 F= 40182,9	oui P< 0,000 F= 33,5	oui P< 0,000 F= 18,4
Taille des femelles	oui P< 0,000 F= 475,0	oui P< 0,000 F= 19,5	oui P= 0,004 F= 3,9

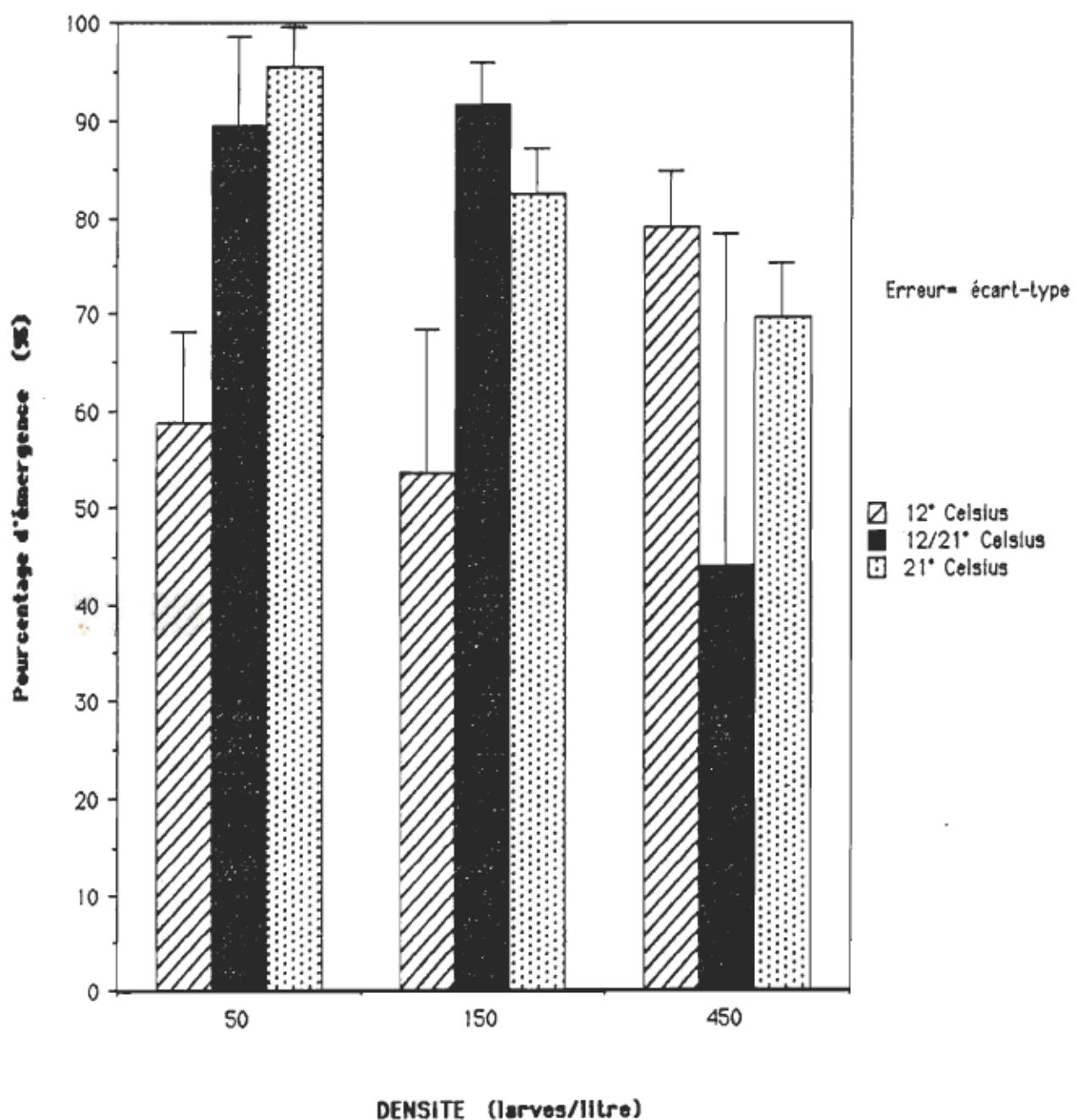


Figure 2 Pourcentages d'émergences en fonction des températures et densités expérimentales

3.1.1.2 Effet sur le temps de développement

La température a un effet important sur le temps de développement, celui-ci passant d'une vingtaine de jours à 21°C et 12/21°C à près de 60 jours à 12°C (figure 3). Le temps de développement est très peu affecté (bien que significativement selon l'analyse de variance) par la densité, seul le temps de développement des larves élevées à une thermopériode de 12/21°C augmentant à forte densité.

Sous une thermopériode de 12/21°C, le temps moyen de développement n'augmente que d'environ 20% par rapport au temps de développement à 21°C. Cela est fort peu, considérant l'allongement d'environ 200% du temps de développement occasionné par une température constante de 12°C.

3.1.1.3 Effet sur la taille adulte des femelles

1329 femelles furent mesurées, de ce nombre 8% provenaient d'une densité de 50 larves/l, 26% de 150 larves/l et 66% de 450 larves/l. La taille des femelles est fortement affectée par la température (figure 4). A la température minimale permettant le développement, c'est-à-dire 12°C, la taille moyenne des femelles est plus petite qu'aux températures optimales. On constate également, en comparant les résultats obtenus à 12/21°C et à 21°C, que la thermopériode de 12/21°C favorise l'émergence de femelles de taille moyenne plus grande. Aux trois conditions de température, la taille maximale est atteinte à une densité de 150 larves/l. La taille est en général légèrement plus faible à 450 larves /l qu'à 50

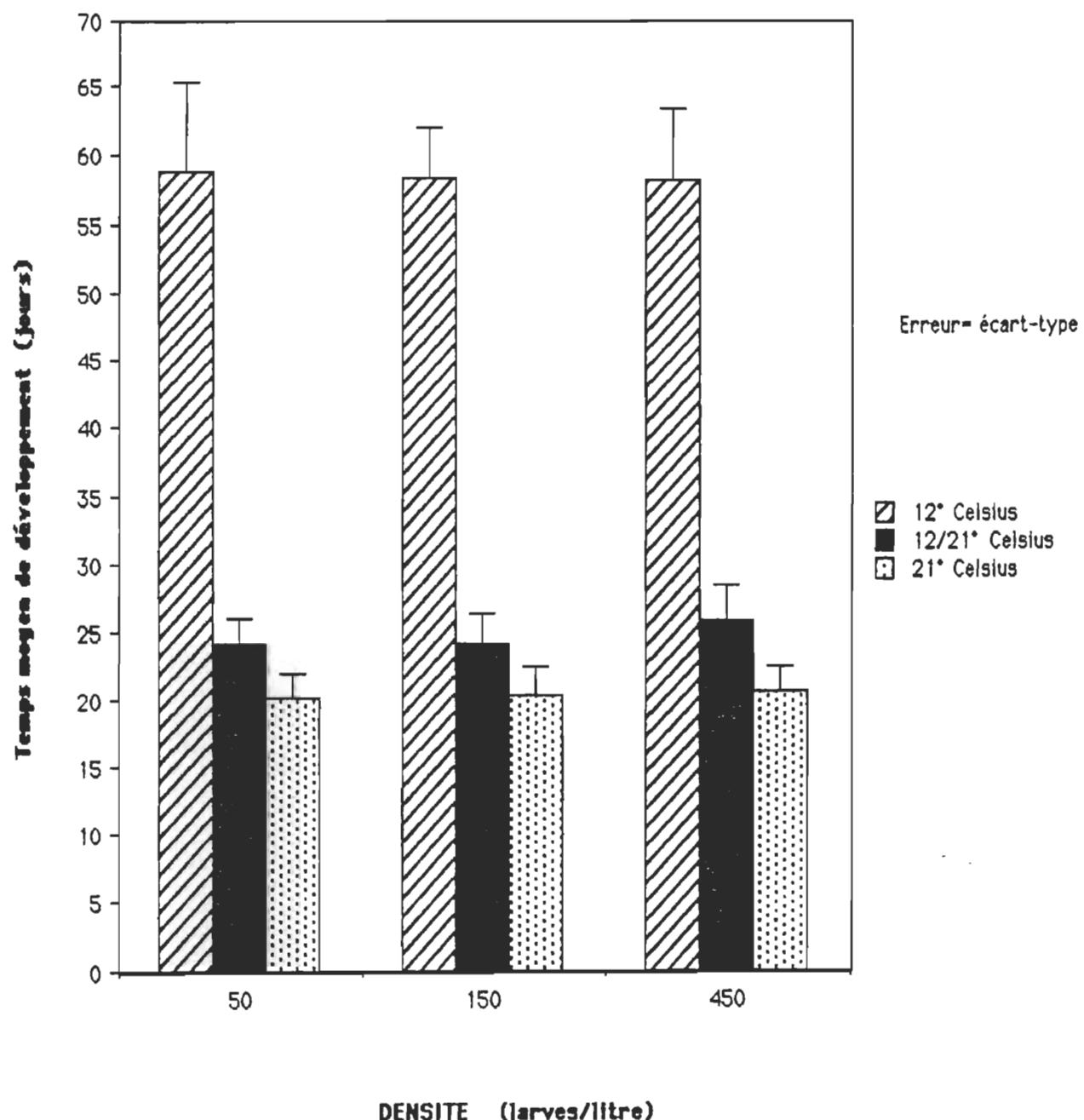


Figure 3 Temps moyens de développement en fonction des températures et des densités expérimentales

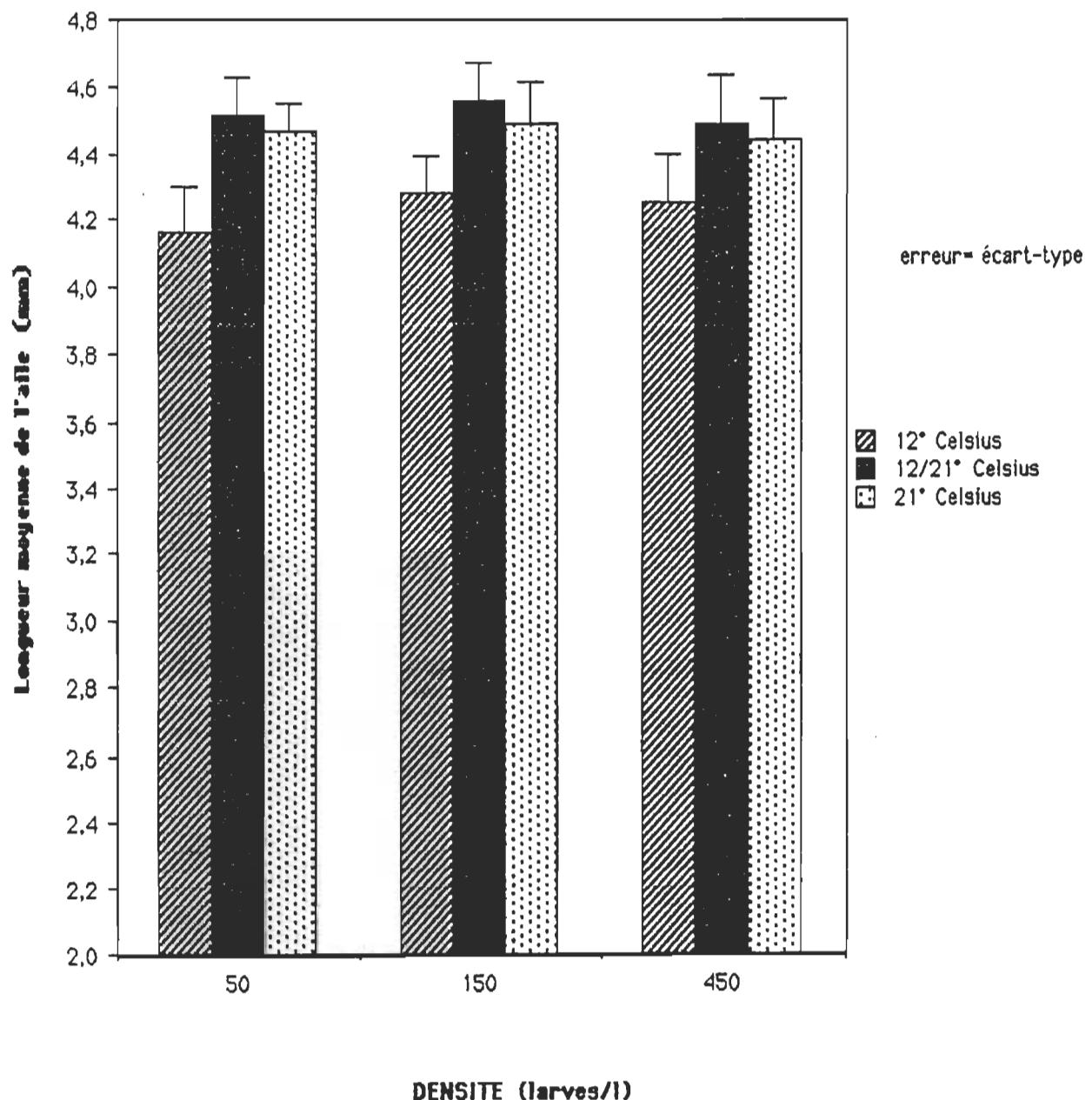


Figure 4 Longueurs moyennes de l'aile des femelles adultes
en fonction des températures et densités expérimentales

larves /l sauf à 12°C où les femelles élevées à 50 larves/l ont une taille inférieure à celles élevées à forte densité.

3.1.1.4 Effet sur le sex-ratio

Dans tous les traitements expérimentaux, sauf à 12°C aux densités 50 et 150 larves/l, le nombre moyen de femelles par mâle est compris entre 0,68 et 0,92 (figure 5). Le sex-ratio est donc légèrement en faveur des mâles. Par contre à 12°C et à une densité de 50 larves/l, il y a deux fois plus de mâles que de femelles. Seul à 12°C à une densité de 150 larves/l le sex-ratio est vraiment équilibré. A 450 larves/l, où pourrait s'exercer un effet de sur-densité, le sex-ratio est en général plus près de 1:1 qu'aux densités optimales.

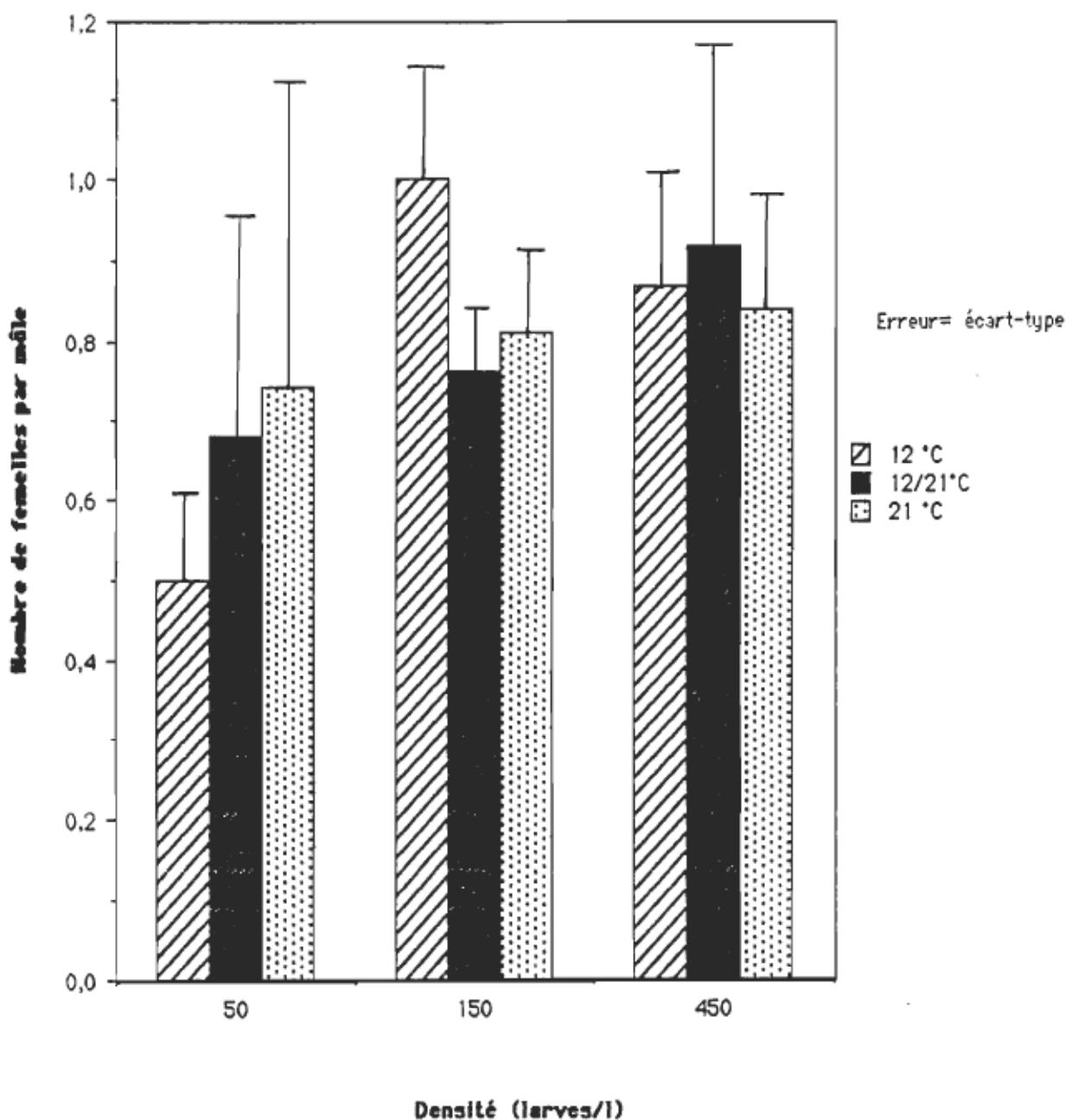


Figure 5 Variations du sex-ratio en fonction des traitements expérimentaux

3.2 ETUDE EN MILIEU NATUREL

3.2.1 Caractéristiques physiques et chimiques des biotopes larvaires échantillonnés.

Les tableaux VII et VIII résument les caractéristiques des pneus et creux d'arbre échantillonnés. Ces tableaux présentent les caractéristiques du milieu immédiat du gite, les volumes maximum et moyen de chaque gite et, dans le cas des creux d'arbres, l'aire et la hauteur de l'ouverture du gite. Huit des creux d'arbre échantillonnés étaient localisés dans des érables rouges (*Acer rubrum*) et un se retrouvait dans chacune des espèces suivantes: hêtre à grandes feuilles (*Fagus grandifolia*), chêne rouge (*Quercus rubra*), érable à sucre (*Acer saccharum*) et peuplier deltoïde (*Populus deltoides*). Le volume moyen des creux d'arbre était de 351 ml ($Sx= 276$ ml) et celui des pneus abandonnés était de 3652 ml ($Sx= 1442$ ml).

Trois semaines durant la saison d'échantillonnage, nous avons mesuré le pH de l'eau contenue dans chaque gite. Le tableau IX montre les pH moyens obtenus pour chacun des deux types de gites. Des test de t de Student indiquent que les pH moyens des deux types de gites sont différents à chacune de ces trois semaines, le pH étant significativement plus acide dans les creux d'arbres (test de t; jour julien 177: $df= 19$, $t= 3,210$, $P= 0,0046$; jour julien 184: $df= 19$, $t= 3,655$, $P= 0,0017$; jour julien 233: $df= 19$, $t= 5,143$, $P= 0,0001$)

Le tableau X montre les températures minimales et maximales enregistrées dans un pneu représentatif situé à Charette.

Tableau VII Caractéristiques des dix pneus échantillonnés

Gîte	PTR1	PTR2	PSF1
Localisation	Trois-Rivières-Ouest	Trois-Rivières-Ouest	St-François-du-Lac
Milieu avoisinant	Erablière, carrière de sable	Erablière, carrière de sable	Tas d'environ 25 pneus, dans un dépôtoir d'automobiles
Couvert végétal	Cerisier de Virginie, bouleau gris	Cerisier de Virginie, bouleau gris	Tremble, érables, bouleau gris, framboisier
Volume maximum	4400 ml	4700 ml	4400 ml
Volume moyen	3368 ml	3589 ml	3771 ml

Tableau VII (suite) Caractéristiques des dix pneus échantillonnés

Gîte	PSF2	PSF3	PC1
Localisation	St-François-du-Lac	St-François-du-Lac	Charette
Milieu avoisinant	Tas de 25 pneus dans un dépôtoir d'autos	Tas de 25 pneus dans dans un dépôtoir d'autos	Tas de plus de 100 pneus dans un dépôtoir d'autos
Couvert végétal	Bouleau gris, prunier, framboisier, bouleau à papier, cerisier de Virginie.	Erable rouge, tremble, bouleau gris	Hêtre, érables, sapin
Volume maximum	2600 ml	2800 ml	7000 ml
Volume moyen	2254 ml	2339 ml	5711 ml

Tableau VII (suite) Caractéristiques des dix pneus échantillonnés

Gîte	PC2	PC3	PPL1
Localisation	Charette	Charette	Pointe-du-Lac
Milieu avoisinant	Tas de plus de 100 pneus dans un dépotoir d'automobiles	Tas de plus de 100 pneus dans un dépotoir d'automobiles	Tas de quelques milliers de pneus dans un dépotoir d'automobiles
Couvert végétal	Sapin, érable rouge	Érable rouge, sapin fougères	Érable Giguère, graminées
Volume maximum	3400 ml	4400 ml	3500 ml
Volume moyen	2895 ml	4064 ml	2118 ml

Tableau VII (suite) Caractéristiques des dix pneus échantillonnés

Gîte	PPL2
Localisation	Pointe-du-Lac
Milieu avoisinant	amoncellement de quelques milliers de pneus usagés, situé dans un dépotoir d'automobiles
Couvert végétal	Tremble, cerisier de Virginie
Volume maximum	7500 ml
Volume moyen	6407 ml

Tableau VIII Caractéristiques des douze creux d'arbres échantillonnés

Gîte	CTR 1	CTR 2	CTR 3
Localisation	Trois-Rivières-Ouest	Trois-Rivières-Ouest	Trois-Rivières-Ouest
Espèce d'arbre	Erable rouge	Erable rouge	Erable rouge
Milieu avoisinant	Sapin beaumier, érables. Forêt mixte	Erables, hêtre, sapin. Forêt mixte	Erables, hêtre. Erablière
Hauteur de l'ouverture	51 cm	97 cm	52 cm
Aire de l'ouverture	40 cm ²	12 cm ²	31 cm ²
Volume maximum	500 ml	550 ml	950 ml
Volume moyen	310 ml	427 ml	780 ml

Tableau VIII (suite) Caractéristiques des douze creux d'arbres échantillonnés

Gîte	CTR 4	CSF 1	CSF 2
Localisation	Trois-Rivières-Ouest	St-François-du-Lac	St-François-du-Lac
Espèce d'arbre	Hêtre à grandes feuilles	Chêne rouge	Erable rouge
Milieu avoisinant	Hêtre, Erablière	Chêne, érable rouge, Erablière	Erables, noyer, Erablière
Hauteur de l'ouverture	46 cm	41 cm	28 cm
Aire de l'ouverture	82 cm ²	56 cm ²	43 cm ²
Volume maximum	550 ml	1500 ml	250 ml
Volume moyen	448 ml	964 ml	158 ml

Tableau VIII (suite) Caractéristiques des douze creux d'arbres échantillonnés

Gîte	CSF3	CSF4	CC1
Localisation	St-François-du-Lac	St-François-du-Lac	Charette
Espèce d'arbre	Erable rouge	Erable rouge	Erable à sucre
Milieu avoisinant	Erables, bouleau gris. Erablière	Erable rouge, sapin beaumier. Erablière	Erable rouge, amelanchier, sapin. Erablière
Hauteur de l'ouverture	122 cm	56 cm	90 cm
Aire de l'ouverture	15 cm ²	88 cm ²	16 cm ²
Volume maximum	525 ml	850 ml	120 ml
Volume moyen	352 ml	246 ml	44 ml

Tableau VIII (suite) Caractéristiques des douze creux d'arbres échantillonnés

Gîte	CC2	CQ1	CQ2
Localisation	Charette	Ile St-Quentin (Trois-Rivières)	Ile St-Quentin (Trois-Rivières)
Espèce d'arbre	Erable rouge	Erable rouge	Peuplier deltoïde
Milieu avoisinant	Erable rouge, érable à sucre Erablière	Erable rouge, érable à épis. Erablière	Creux situé dans un arbre isolé (parc public)
Hauteur de l'ouverture	60 cm	58 cm	81 cm
Aire de l'ouverture	16 cm ²	73 cm ²	20 cm ²
Volume maximum	250 ml	275 ml	300 ml
Volume moyen	86 ml	177 ml	225 ml

Tableau IX pH moyen mesuré dans les creux d'arbres et les pneus au cours de trois semaines d'échantillonnage.

Semaine du	pH moyen dans les pneus (N=10)	pH moyen dans les creux (N=11)
26 juin 1989 (jour julien 177)	6,35 (Sx= 0,47)	5,74 (Sx= 0,40)
3 juillet 1989 (jour julien 184)	6,13 (Sx= 0,34)	5,65 (Sx= 0,27)
21 août 1989 (jour julien 233)	6,76 (SX= 0,29)	6,00 (Sx= 0,38)

Tableau X Températures minimales et maximales enregistrées dans l'eau d'un pneu représentatif situé à Charette.

PERIODE COUVERTE	MINIMUM (°C)	MAXIMUM (°C)
15 juin-20 juin	11°	21°
20 juin-13 juillet	10°	25°
13 juillet-19 juillet	11°	21°
19 juillet-26 juillet	11°	24°
26 juillet-2 août	10°	25°
2 août-10 août	9°	25°
10 août-24 août	10°	23°
24 août-4 septembre	5°	21°
4 septembre-18 sept.	6°	23°

3.2.2 Description des communautés d'insectes retrouvées dans les pneus et les creux d'arbres

Les figures 6 et 7 montrent les densités moyennes et les nombres moyens de larves d'*Ae triseriatus* dans les 11 creux d'arbre échantillonnés pendant l'été 1989.

Les densités moyennes et les nombres moyens de larves d'*Ae triseriatus* et de *Culex spp* dans les 10 pneus abandonnés qui furent échantillonnés sont présentés aux figures 8 et 9.

Les figures illustrant les nombres de larves d'*Ae triseriatus* de chaque stade recensées dans chacun des biotopes ont été mises en annexe (annexes 1 à 21). Au total, 817 nymphes furent récoltées dans les creux d'arbre. De celles-ci, 608 (74%) émergèrent au laboratoire. Les adultes avaient un sex-ratio (femelles : mâles) de 0,88 : 1. Dans les pneus abandonnés, c'est 2484 nymphes qui furent récoltées. Après élevage au laboratoire, elles donnèrent 2009 adultes (81% d'émergence) dont le sex-ratio (femelles : mâles) était de 0,79 : 1.

En plus d'*Ae triseriatus*, la faune entomologique des creux d'arbre comprend:

- des larves d'*Ae hendersoni*. Comme nous l'avons mentionné précédemment, le creux CQ2 fut le seul où cette espèce de Culicidé fut retrouvée;

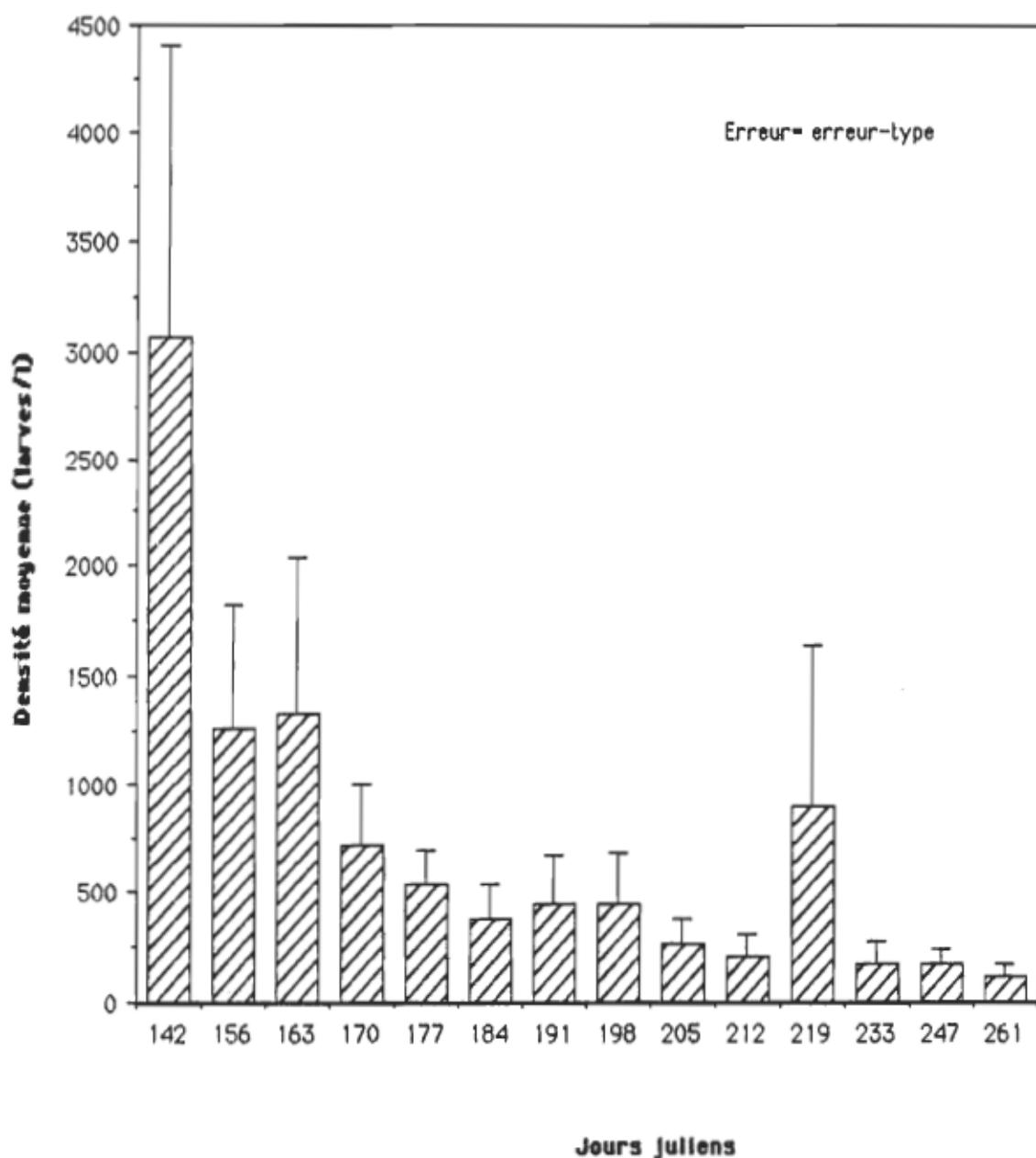


Figure 6 Densités moyennes de larves d'*Ae triseriatus* dans les creux d'arbre

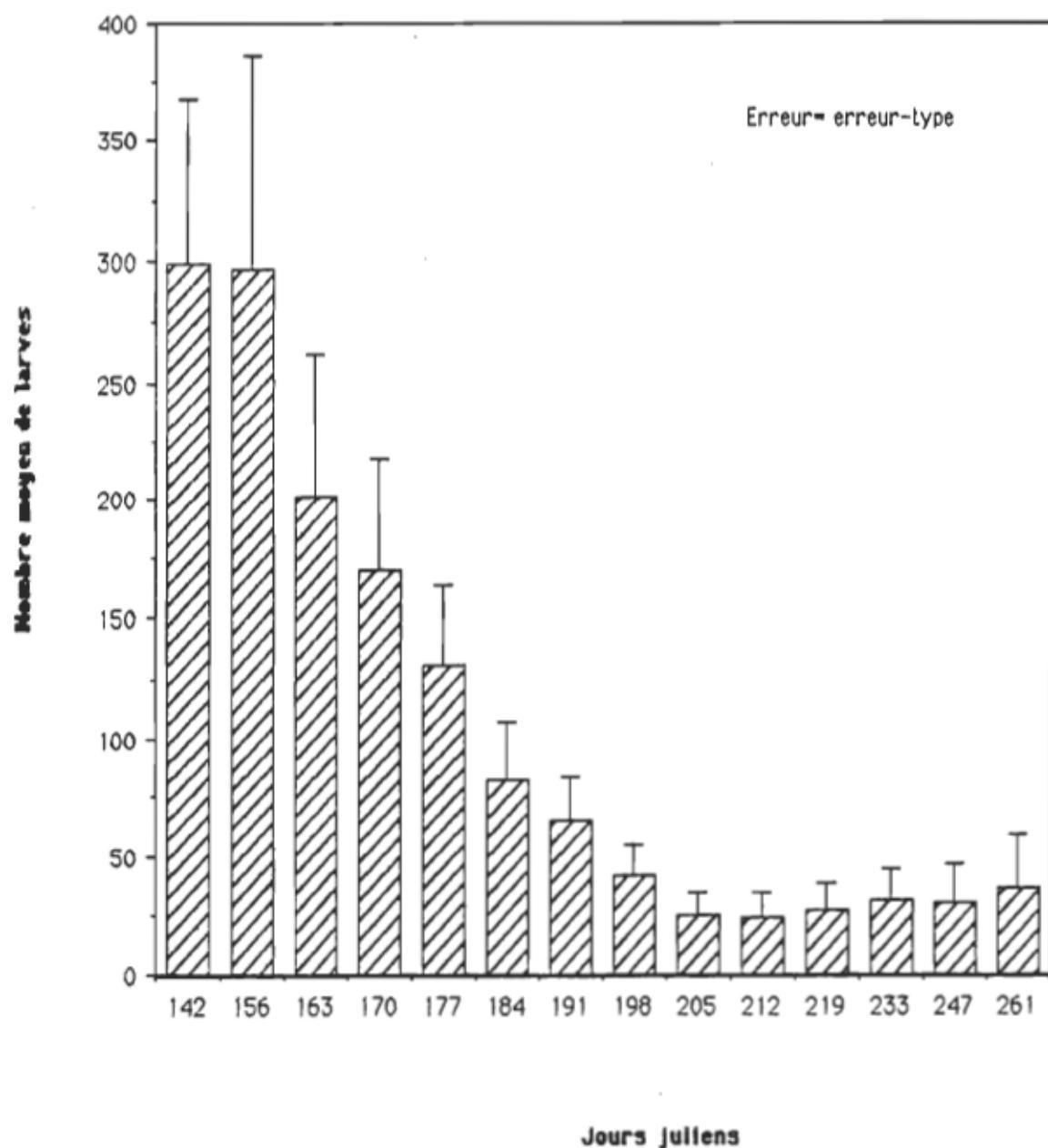


Figure 7 Nombres moyens de larves d'*Ae triseriatus* dans les creux d'arbre

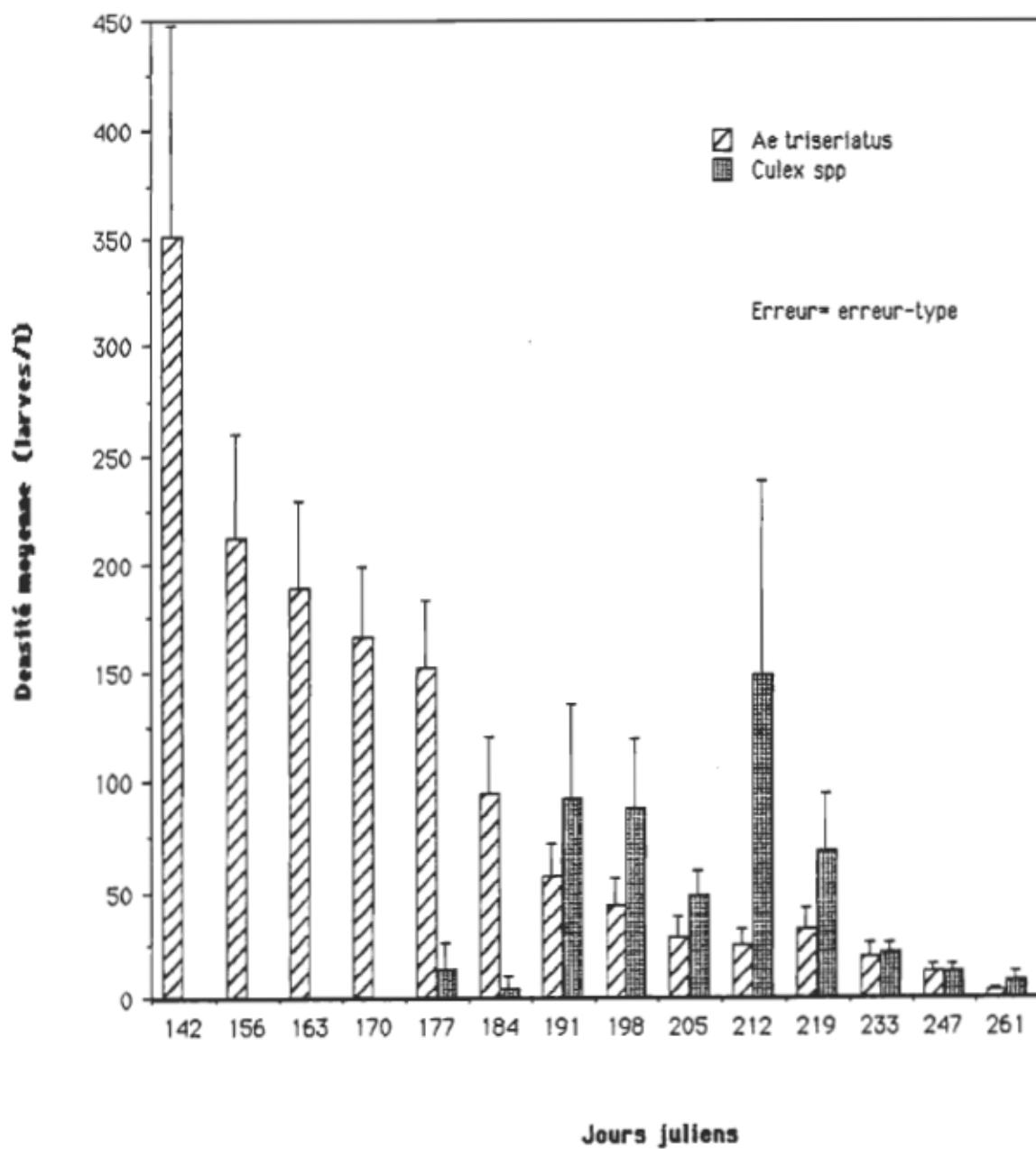


Figure 8 Densités moyennes de larves d'*Ae triseriatus* et de *Culex spp.* dans les pneus abandonnés

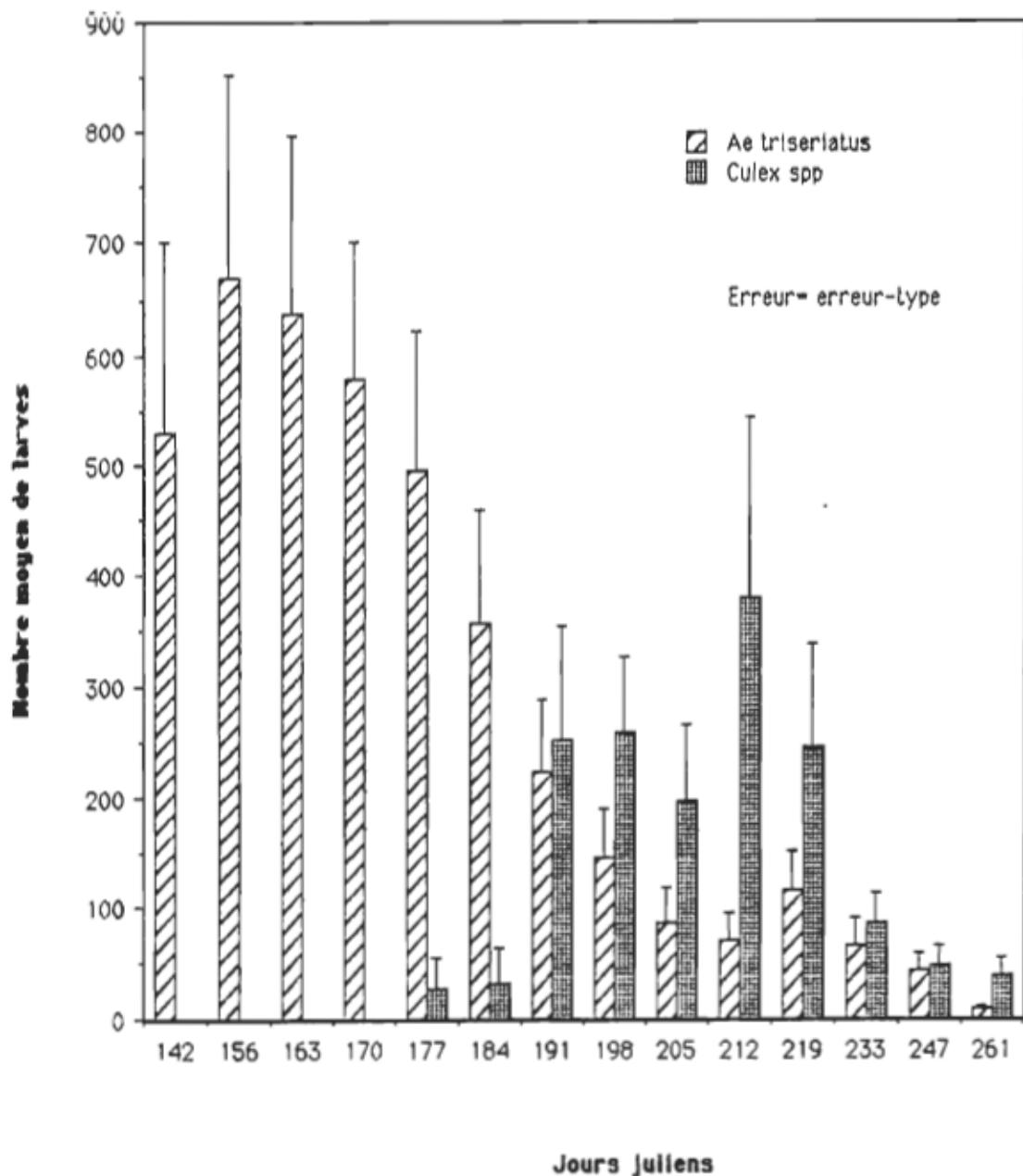


Figure 9 Nombres moyens de larves d'*Ae triseriatus* et de *Culex spp* dans les pneus abandonnés

- des larves de *Cx restuans*. Le creux CSF1, situé dans un chêne rouge, fut le seul où furent trouvées des larves de *Culex*. Au jour julien 191 (13 juillet), 159 larves du premier stade furent comptées. Il ne semble pas y avoir eu d'autres éclosions par la suite. Seulement une dizaine de larves atteignirent le stade 4 (trois semaines après l'éclosion) et aucune nymphe ne fut récoltée;
- des larves de Cératopogonidés (Diptères). Parfois très nombreuses (quelques centaines par creux d'arbre), ces larves de petite taille sont présentes dans tous les creux, pratiquement pendant toute la saison;
- des larves d'Héloïdés (Coléoptères). Ces larves sont elles aussi rencontrées dans tous les creux, presque à chaque échantillonnage, en plus faible nombre que les Cératopogonidés cependant (moins d'une centaine de larves par creux);
- des larves de Syrphidés (Diptères). Ces larves sont retrouvées occasionnellement dans les creux d'arbres et on en retrouve rarement plus de deux dans un même creux.

En plus des larves d'*Ae triseriatus*, tous les pneus, exception faite de PTR1, ont contenu à un moment où un autre des larves de *Culex*. Les larves de *Culex* n'étaient pas identifiées à l'espèce sur le terrain mais occasionnellement quelques larves étaient apportées au laboratoire pour identification. *Cx restuans* est l'espèce la plus fréquemment rencontrée et la plus abondante, celle-ci se retrouvant dans chacun des neuf pneus. *Cx*

territans ne fut observé que dans trois pneus (PC1, PC2 et PPL2) et *Cx pipiens* seulement dans le pneu PPL1. Peu d'adultes furent obtenus: 87 *Cx restuans*, 5 *Cx territorans* et aucun *Cx pipiens*. Le temps de développement de ces espèces étant plus court que celui d'*Ae triseriatus*, un échantillonnage hebdomadaire ne parvient peut-être pas à récolter une proportion importante des nymphes avant leur émergence. En effet, selon Shelton (1973), alors qu'à 15°C *Ae triseriatus* prend 22 jours à se développer et que le stade nymphal dure près de huit jours, *Cx restuans* n'en demande que treize pour compléter son développement larvaire et deux pour le stade nymphal.

En plus des Culicidés, la faune des arthropodes dans les pneus abandonnés comprend:

- des larves de Chironomidés (Diptères). Elles apparaissent dans pratiquement tous les pneus au début de juillet et sont souvent très nombreuses (quelques centaines par pneu);
- des Cladocères (Crustacés) ont été observés en quelques occasions au cours des mois d'août et septembre;
- des larves d'Hélodidés (Coléoptères) ont été observées en faible nombre dans quelques pneus;
- des larves de Dixidés (*Dixella sp.*, Diptères). Ces larves ont été observées dans les pneus PC1 (à la fin août et au début septembre) et PPL1 (de la mi-juillet au début d'août). Le nombre maximum, 18 larves, a été trouvé dans le pneu PPL1;

- des larves de Chaoboridés (Diptères), trouvées dans le pneu PC2 à une seule occasion, à la fin de la saison (18 septembre).

3.2.3 Nymphoses des larves d'*Ae triseriatus*

La figure 10 montre le nombre total de nymphes de *Ae triseriatus* récoltées à chaque échantillonnage dans les 10 pneus et les 11 creux d'arbre. On constate que, dans les pneus comme dans les creux, des nymphes sont trouvées pour la première fois la semaine du 5 juin (jour julien 156) et que, dans les deux cas, le pic de nymphose se produit la semaine du 26 juin (jour julien 177). Le nombre de nymphes récoltées diminue rapidement par la suite avec cependant un second pic de faible importance au cours du mois d'août.

La figure 11 montre les courbes de nymphoses cumulatives exprimé en pourcentage du nombre total de nymphes trouvé au cours de la période d'échantillonnage. Ces figures permettent d'apprécier la forme sigmoïde des courbes de nymphose. On observe également que, même si les nymphoses débutent la même semaine dans les pneus et dans les creux d'arbre, il faut presque une semaine de plus aux larves dans les creux pour atteindre les 50% de nymphose.

Il faut souligner que ces nymphes récoltées ne constituent pas la production totale de nymphes des biotopes. Puisque les échantillonnages étaient réalisés une fois par semaine jusqu'au 7 août, puis aux deux semaines par la suite, une faible proportion des nymphes ont pu émerger entre ces échantillonnages.

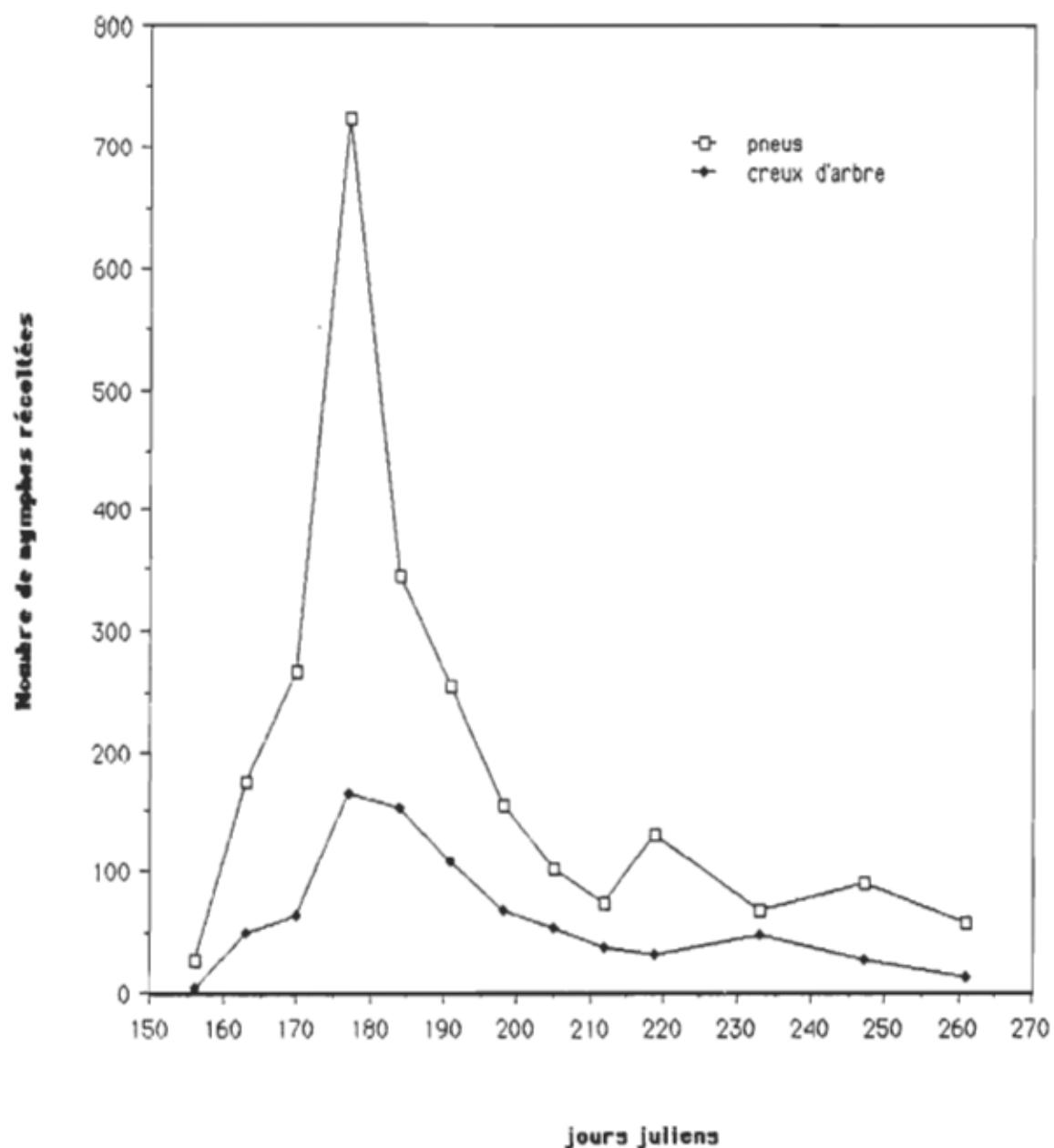


Figure 10 Nombre total de nymphes d'*Ae triseriatus* récoltées à chaque échantillonnage

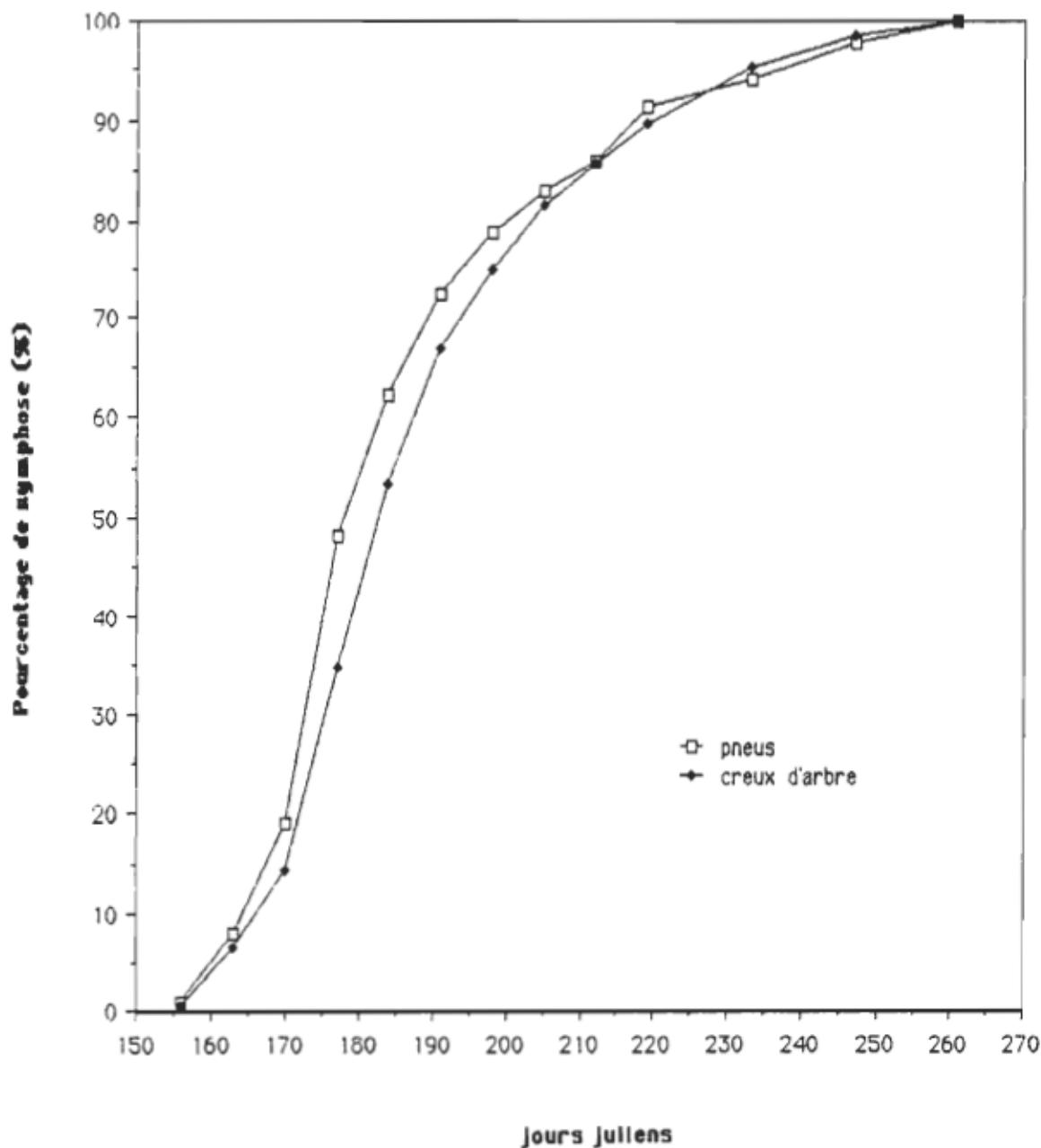


Figure 11 Courbes cumulatives de nymphoses exprimées en pourcentages

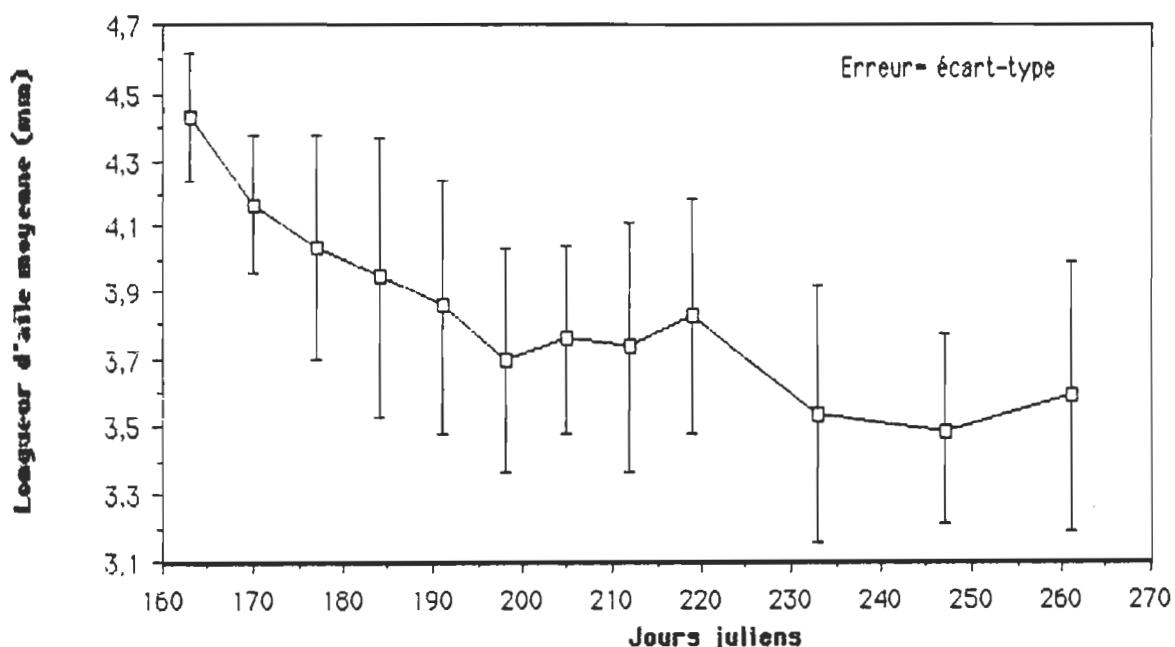
Considérant qu'en Indiana les éclosions d'*Ae triseriatus* commencent au début d'avril (Sinsko et Craig, 1981) et qu'au Michigan elles débutent à la mi-mars (Walker et Merritt, 1988), on peut supposer qu'en Mauricie les éclosions débutent vers la mi-avril. Les émergences débutant la semaine du 5 juin, il faut donc au moins huit semaines aux larves d'*Ae triseriatus* pour compléter leur développement au printemps.

3.2.4 Comparaison de la taille des femelles dans les pneus et les creux d'arbre

Au total, 1103 femelles d'*Ae triseriatus* ont pu être mesurées. De ce nombre 826 provenaient des pneus et 277 des creux d'arbres. La longueur d'aile moyenne des femelles provenant des pneus échantillonnés est de 3,87 mm ($Sx= 0,40$ mm; étendue 2,7-4,7 mm) et celle des femelles provenant des creux d'arbre est de 3,89 mm ($Sx= 0,36$ mm; étendue 3,0-4,7 mm). Un test de t indique qu'il n'y a pas de différence significative dans la taille des femelles entre les pneus et les creux ($d1= 1101$, $t= 0,90$, $P= 0,366$).

3.2.5 Variation de la taille des femelles au cours de la saison de développement

La figure 12 montre les variations au cours de la période d'échantillonnage de la taille moyenne (longueur d'aile) des femelles



creux d'arbre

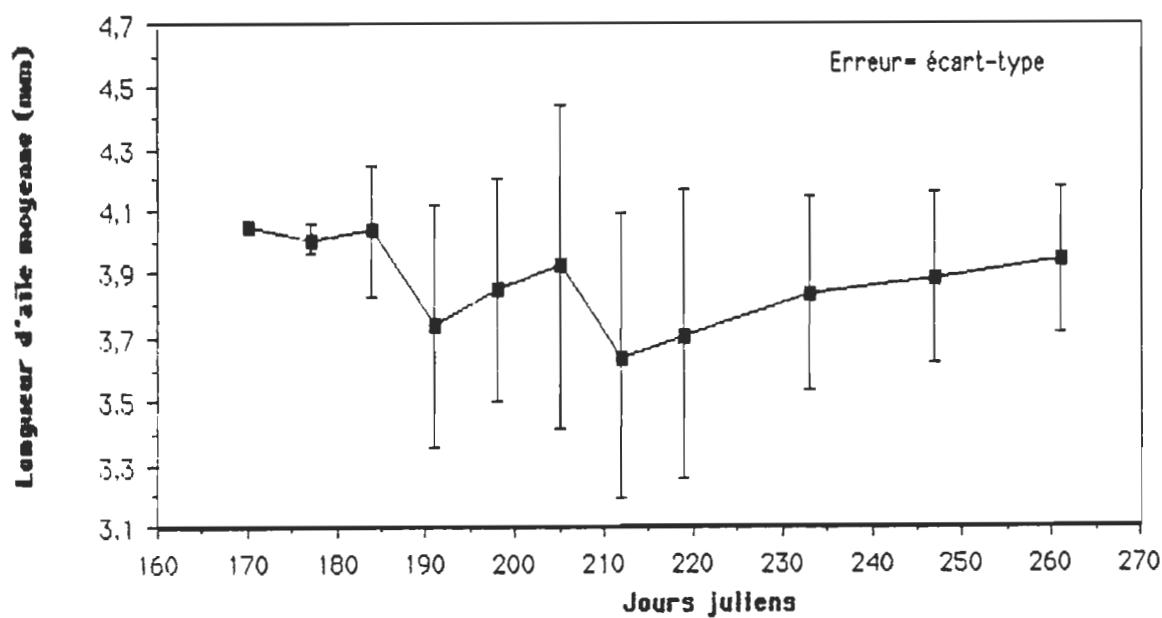


Figure 12 Variations au cours de la période de développement de la taille moyenne des femelles d'*Ae triseriatus* provenant de pneus abandonnés et de creux d'arbre

provenant des pneus. La taille moyenne des femelles diminue presque constamment, celle-ci étant maximale les premières semaines où se produisent des émergences (premières émergences, semaine du 12 juin) et atteignant un minimum en fin de saison, au mois de septembre.

La taille moyenne des femelles provenant de creux d'arbre montre une plus grande constance dans le temps (figure 12). Les tailles maximales sont tout de même observées en début de saison (premières émergences, semaine du 19 juin) mais les minimums sont observés à la mi-juillet (jour julien 191 = 10 juillet) et au début d'août (jour julien 212 = 31 juillet), les tailles moyennes augmentant graduellement par la suite.

Dans les pneus comme dans les creux d'arbre, la longueur d'aile moyenne des femelles est significativement plus grande lors de la première moitié de la saison (jours juliens 163 à 191) que lors de la seconde (jours juliens 198 à 261) (test de t, pneus: $d_1 = 824$, $t = 12,14$, $P = 0,000$; creux, $d_1 = 275$, $t = 2,95$, $P = 0,002$). Le tableau XI présente les tailles moyennes des femelles à chacune de ces périodes.

Une autre approche permettant de juger des variations de la taille adulte au cours de la saison de développement est celle utilisée par Walker et Merritt (1988) et consiste à établir une corrélation entre la taille des femelles et les jours juliens d'émergence (ou plutôt de nymphose dans notre cas). Dans les pneus, cette corrélation est très forte ($R^2 = 0,88$) alors qu'elle n'est pas significative dans les creux d'arbres ($R^2 = 0,29$). Cette analyse mène à des conclusions différentes de la précédente, c'est-à-dire que la taille moyenne des femelles diminue au cours de la saison dans les pneus, mais pas dans les creux d'arbre.

Tableau XI Longueurs d'aile moyennes des femelles *Ae triseriatus*
ayant nymphé avant et après la mi-saison.

Biotope	Taille moyenne jusqu'au 17 juillet (mm)	Taille moyenne à compter du 17 juillet (mm)
Pneus	$x = 4,00$ $Sx = 0,38$ $N = 486$	$x = 3,68$ $Sx = 0,36$ $N = 340$
Creux	$x = 3,95$ $Sx = 0,32$ $N = 151$	$x = 3,83$ $Sx = 0,39$ $N = 126$

La comparaison des tailles moyennes lors de chacune des périodes à l'aide de tests de t de Student indique que la taille moyenne jusqu'au 17 juillet est identique dans les creux et les pneus ($d_1= 635$, $t= 1,43$, $P= 0,154$) mais qu'elle est significativement plus grande dans les creux d'arbre au cours de la période débutant le 17 juillet ($d_1= 464$, $t= 3,73$, $P< 0,000$).

3.2.6 Relation entre la densité larvaire dans les biotopes et la taille adulte des femelles

Dans la détermination de la taille moyenne des femelles, nous n'avons considéré que les femelles ayant émergé avant l'apparition des larves de la seconde génération (tableaux XII et XIII). En fait, quelques adultes de la première génération ont émergé après cette date mais ils n'ont pas été considérés dans les calculs en raison de leur interaction avec les larves de la seconde génération.

Le tableau XIV montre les coefficients de détermination des relations entre la taille adulte des femelles de la première génération et chacune des variables indépendantes ainsi que le degré de significativité de la régression (analyse de variance). On constate que dans les creux d'arbres, aucune des variables indépendantes n'est significativement corrélée à la taille moyenne des femelles. Au contraire, dans les pneus la plupart des estimations de la densité sont fortement corrélées à la taille moyenne des femelles.

Dans les pneus, la variable indépendante la plus fortement corrélée à la taille moyenne des femelles ($R^2 = -0,93$) est la variable correspondant à l'estimation du nombre de larves constituant la génération divisée par le volume maximum du biotope (DNouv). Cette densité, qu'on pourrait qualifier de théorique, tient compte de toutes les larves constituant la cohorte, qu'elles aient complété leur développement ou non. La densité larvaire minimale d'*Ae triseriatus* enregistrée dans les biotopes au cours des six premières semaines d'échantillonnage (MIN, $R^2 = -0,91$) et la

Tableau XII Caractéristiques des femelles de la première génération d'*Ae triseriatus* dans les pneus

BIOTOPE	Date à laquelle se termine la première génération	Nombre de femelles émergées et mesurées	taille moyenne (mm)	écart-type (mm)
PC1	31 juillet	70	4,26	0,28
PC2	31 juillet	95	3,90	0,27
PC3	31 juillet	3	2,90	0,17
PPL1	17 juillet	62	4,39	0,13
PPL2	7 août	78	4,12	0,21
PTR1	7 août	75	3,64	0,50
PTR2	17 juillet	72	3,98	0,22
PSF1	31 juillet	15	3,37	0,17
PSF2	7 août	82	3,70	0,17
PSF3	31 juillet	36	3,88	0,21

Tableau XIII Caractéristiques des femelles de la première génération d'*Ae triseriatus* dans les creux d'arbre

BIOTOPE	Date à laquelle se termine la première génération	Nombre de femelles émergées et mesurées	taille moyenne (mm)	écart-type (mm)
CTR1	21 août	3	3,70	0,10
CTR2	7 août	9	4,07	0,24
CTR3	21 août	11	3,49	0,24
CTR4	7 août	40	3,38	0,22
CSF1	31 juillet	107	4,10	0,21
CSF2*	7 août	1	4,5	-
CSF3*	21 août	1	4,0	-
CSF4	31 juillet	9	3,93	0,22
CQ1	24 juillet	14	4,19	0,29
CC1	31 juillet	4	3,68	0,17
CC2	31 juillet	16	3,59	0,14

* le nombre de données étant insuffisant, ces résultats seront exclus.

Tableau XIV Coefficients de détermination et significativité de la relation entre la taille moyenne des femelles et les variables indépendantes

Variables indépendantes	R ² dans les pneus	R ² dans les creux d'arbres
D1	-0,3285 (P=0,176)	-0,2672 (P=0,243)
D2	-0,8461 (P=0,001)	-0,3588 (P=0,170)
D3	-0,7335 (P=0,007)	-0,3312 (P=0,191)
D4	-0,6705 (P=0,016)	-0,4088 (P=0,136)
D5	-0,7485 (P=0,006)	-0,5365 (P=0,067)
D6	-0,9033 (P=0,000)	-0,4160 (P=0,131)
D7	+0,3174 (P=0,185)	-0,3323 (P=0,190)
D8	+0,2213 (P=0,269)	-0,2845 (P=0,228)
D9	-0,0062 (P=0,493)	-0,2483 (P=0,259)
DENT12	-0,5489 (P=0,049)	-0,3013 (P=0,214)
DENT13	-0,6255 (P=0,026)	-0,3168 (P=0,202)
DENT14	-0,6584 (P=0,018)	-0,3273 (P=0,194)
DENT15	-0,7002 (P=0,011)	-0,3404 (P=0,184)
DENT23	-0,8012 (P=0,002)	-0,3455 (P=0,180)
DENT24	-0,7848 (P=0,003)	-0,3575 (P=0,171)
DENT25	-0,8162 (P=0,002)	-0,3791 (P=0,156)
DEN	-0,7414 (P=0,007)	-0,3279 (P=0,194)
DENAECX	-0,6871 (P=0,013)	-0,3248 (P=0,196)
DNOUV	-0,9258 (P=0,000)	-0,3578 (P=0,171)
MAX	-0,3423 (P=0,166)	-0,2660 (P=0,244)
MIN	-0,9078 (P=0,000)	-0,4645 (P=0,103)
STD45	-0,7117 (P=0,010)	-0,4367 (P=0,119)

Tableau XIV Coefficients de détermination et significativité de la relation entre la taille moyenne des femelles et les variables indépendantes (SUITE)

Variables Indépendantes	R^2 dans les pneus	R^2 dans les creux d'arbres
VOL	+0,0868 ($P=0,406$)	+0,0633 ($P=0,436$)
VOLMAX	+0,2558 ($P=0,237$)	+0,2185 ($P=0,285$)
PH	+0,1329 ($P=0,357$)	+0,2559 ($P=0,252$)
AIRE	-	+0,1424 ($P=0,357$)

densité larvaire d' *Ae triseriatus* et de *Culex spp* la sixième semaine d'échantillonnage (D6, $R^2= -0,90$) sont les deux autres corrélations les plus fortes. Ces deux estimations de la densité sont pratiquement équivalentes, la densité minimale étant fréquemment rencontrée la sixième semaine et les *Culex spp* étant présents en faible nombre à ce moment. La figure 13 montre les droites de régression de chacune de ces trois variables. Ces résultats nous permettent de conclure qu'il existe une corrélation négative entre la densité larvaire d'*Ae triseriatus* d'un pneu donné et la taille des femelles émergeant de ce pneu. On constate qu'il suffit de densités relativement peu élevées pour induire une diminution de la taille moyenne des femelles.

Dans les creux d'arbres, bien que les relations ne soient pas significatives, les meilleures corrélations sont obtenues avec des variables semblables à celles offrant les meilleures corrélations dans les pneus soit D5 ($R^2= -0,54$) et MIN ($R^2= -0,46$). Ces deux relations sont illustrées à la figure 14. Contrairement à la situation observée dans le pneus, la variable DNNOUV est peu corrélée à la taille adulte des femelles. On constate que les densités moyennes atteignent des valeurs beaucoup plus élevées dans les creux d'arbre que dans les pneus. La gamme des tailles moyennes est toutefois plus étroite dans les creux (3,38 - 4,19 mm) que dans les pneus (2,90 - 4,39 mm). Curieusement, des larves soumises à des densités supérieures à 1000 larves/l pendant une partie de leur développement ne semblent pas subir de réduction marquée de la taille moyenne adulte.

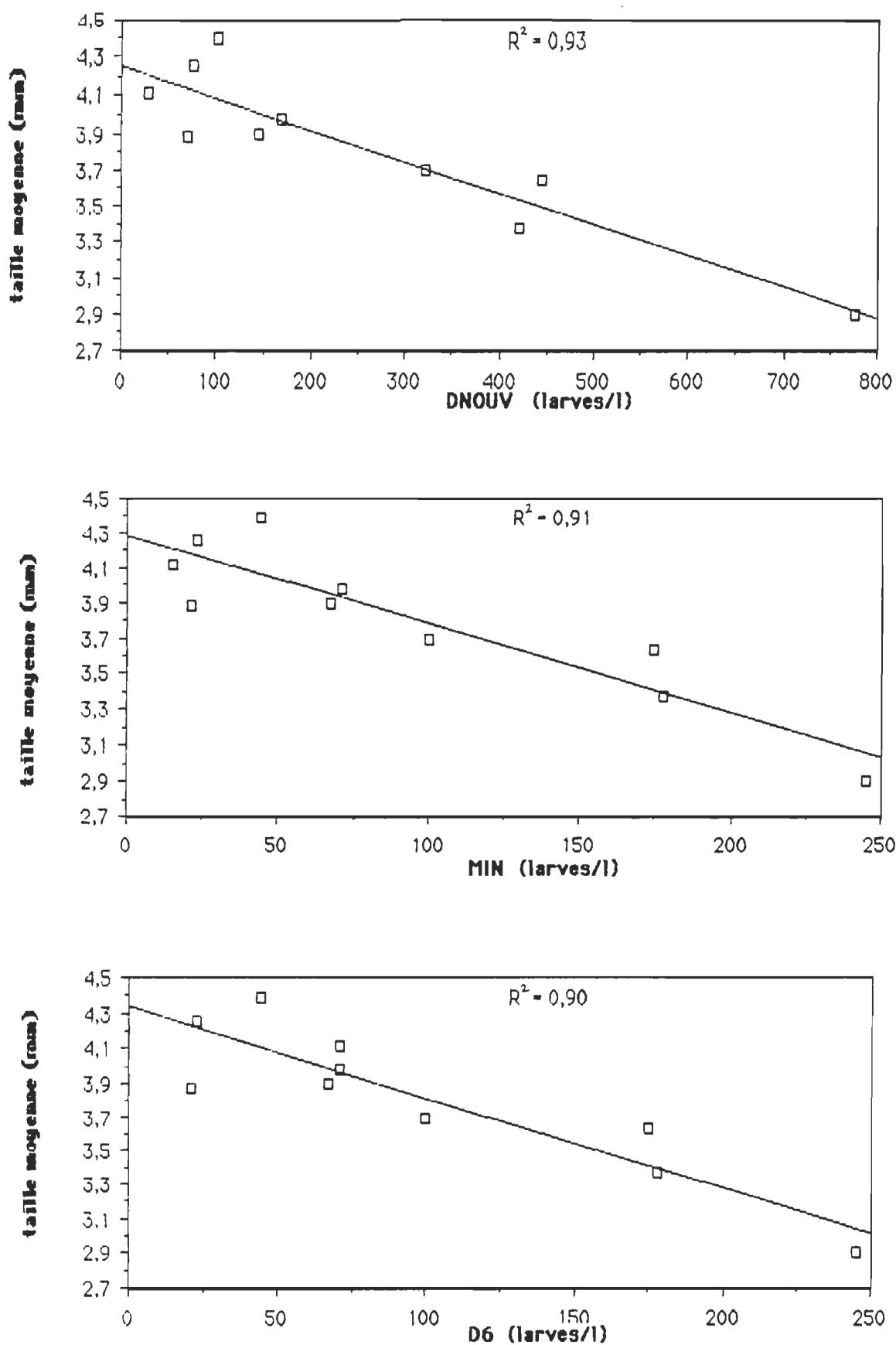


Figure 13 Relation entre la taille moyenne des femelles de la première génération dans les pneus et les variables DNOUV, MIN et D6

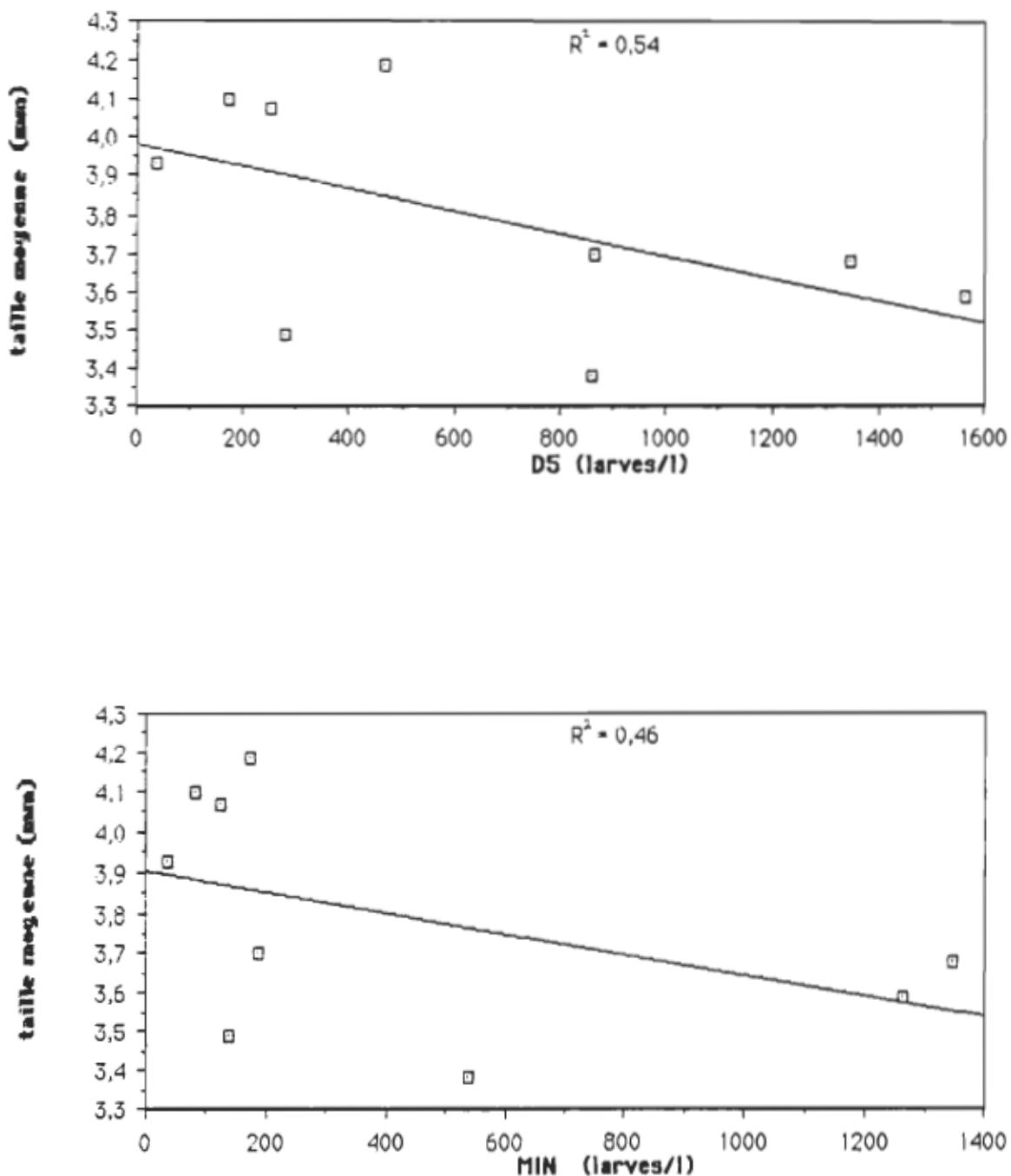
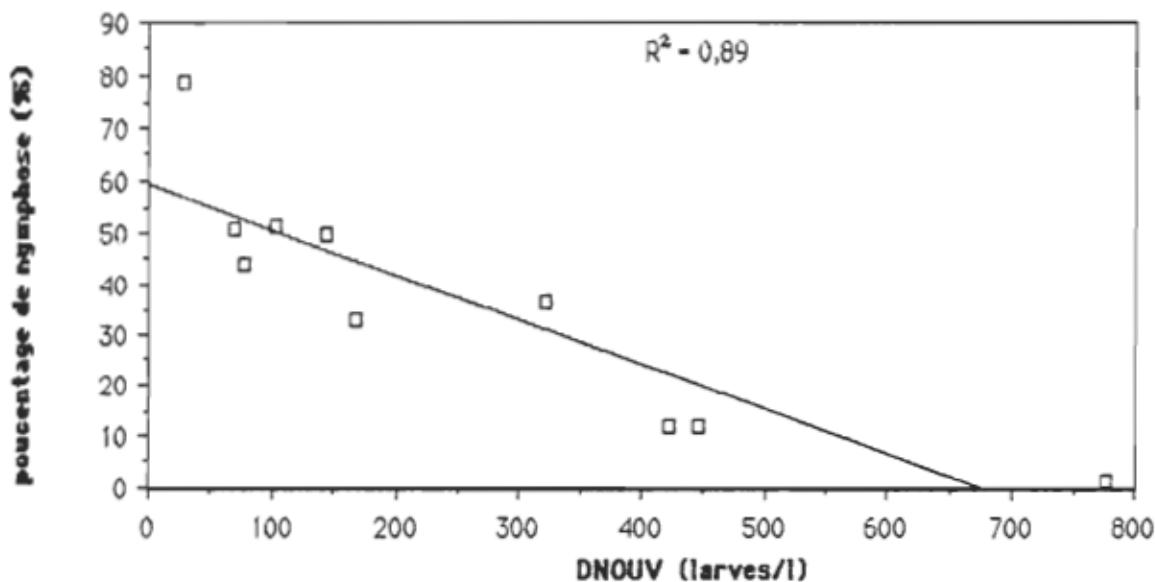


Figure 14 Relation entre la taille moyenne des femelles de la première génération dans les creux et les variables D5 et MIN

3.2.7 Estimation du pourcentage de nymphose et relation avec la densité larvaire

Le pourcentage de nymphose moyen dans les pneus est de 37,2% ($Sx=23,3\%$) alors qu'il n'est que de 16,2% ($Sx=13,0\%$) dans les creux d'arbres. Dans les pneus, une forte corrélation ($R^2= -0,89$) est observée entre ce pourcentage de nymphose et la densité larvaire (exprimée par la variable DNOUN), le pourcentage de nymphose diminuant lorsque la densité augmente (figure 15). La corrélation est plus faible dans les creux ($R^2= -0,56$) bien que, là aussi, le pourcentage de nymphose diminue lorsque la densité augmente (figure 15). Il paraît donc, considérant l'imprécision de l'estimation du pourcentage de nymphose, y avoir un effet de la densité sur le taux de survie des larves.

pneus abandonnés



creux d'arbre

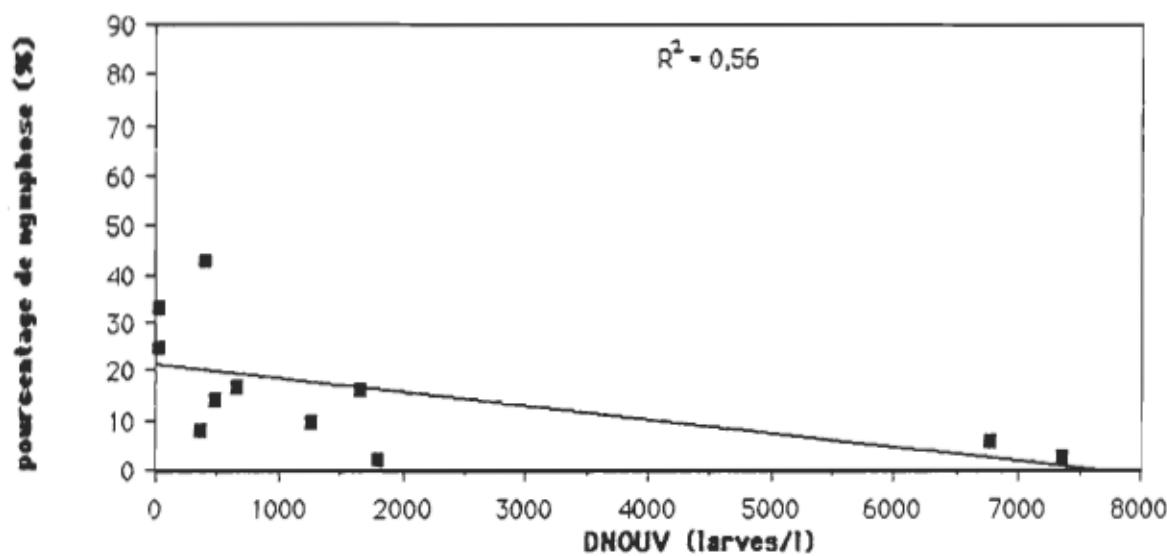


Figure 15 Relation entre le pourcentage de nymphose d'*Ae triseriarus* et la densité larvaire dans les pneus et les creux d'arbre

Chapitre 4. DISCUSSION

4.1 EXPERIMENTATION EN LABORATOIRE

4.1.1 Effets de la température et de la densité larvaire

L'objectif premier de cette expérience était de vérifier si, dans des conditions où la nourriture n'agit pas comme facteur limitant, la densité peut tout de même affecter le développement larvaire d'*Ae triseriatus*. Selon McCombs (1980), en condition de stress larvaire, le temps moyen d'émergence augmente, le pourcentage d'émergence diminue (augmentation de la mortalité) et la taille adulte diminue. Nos résultats expérimentaux indiquent que la densité larvaire en soi affecte le développement d'*Ae triseriatus* mais que cet effet varie en fonction de la température d'élevage.

Ainsi, à 21°C et à une thermopériode de 12/21°C, l'effet de l'augmentation de la densité se manifeste essentiellement par une diminution du pourcentage d'émergence, le temps de développement et la taille des femelles étant peu affectés. Bien que la taille moyenne soit légèrement inférieure à forte densité qu'à 150 larves/l, des différences de quelques centièmes de millimètre dans la longueur moyenne de l'aile des femelles ont peu de chances d'avoir des implications écologiques pour celles-ci. Par exemple, en utilisant l'équation de Côté (1989, données non publiées) reliant la taille adulte au nombre d'oeufs pondus, la réduction de la taille moyenne des femelles à 12/21°C (*i.e.* 0,07 mm) correspond à une diminution de 5,7% du nombre moyen d'oeufs pondus par femelle.

A 12°C, le pourcentage d'émergence des larves soumises à une forte densité (450 larves/l) est supérieur à celui des larves placées dans des conditions de densité optimale ou sub-optimale, la taille et le temps de développement demeurant semblables. Ce résultat fort curieux s'explique difficilement mais l'analyse de l'effet de la température apportera quelques éléments explicatifs.

L'allongement marqué du temps de développement à faible température était un résultat prévisible. Par contre, la diminution du pourcentage d'émergence aux faibles densités à 12°C de même que la diminution de la taille moyenne des femelles à cette température sont des résultats plus surprenants. Les travaux de Shelton (1973) indiquaient plutôt une augmentation de la taille et de la survie à faible température. Cependant la température de 12°C employée dans notre expérience est inférieure à la température minimale examinée par Shelton (1973), c'est-à-dire 15°C (l'expérience de Shelton étant arrêtée après 50 jours, les larves placées à 12°C n'ont pu compléter leur développement). 12°C étant pratiquement la température minimale à laquelle les larves d'*Ae. triseriatus* se développent, cette température doit induire un fort stress thermique pouvant masquer les effets adverses de la densité. Ainsi, il semble qu'à faible et moyenne densités, l'effet stressant d'une basse température puisse l'emporter sur l'effet de la densité alors qu'à 450 larves/l cet effet s'estompe et le pourcentage d'émergence devient comparable à celui obtenu aux autres températures. On constate effectivement qu'à 450 larves/l les pourcentages d'émergence montrent une certaine constance, peu importe la température (le pourcentage d'émergence moyen à une thermopériode de 12/21°C est beaucoup plus

faible qu'aux autres températures mais il montre une grande variation, les pourcentages d'émergence des trois réplicats étant 83,4%, 22,5% et 26,0%). Il demeure que nous ignorons pourquoi l'effet néfaste d'une température de 12°C s'estompe à forte densité.

La comparaison des résultats obtenus à une température constante de 21°C avec ceux obtenus à une thermopériode de 12/21°C montre davantage l'effet bénéfique d'une réduction de température en accord avec les travaux de Shelton (1973) (la température moyenne sous une thermopériode de 12/21°C étant évidemment inférieure à 21°C). Il est fort intéressant, considérant l'effet stressant d'une température d'élevage de 12°C, de constater que l'alternance de périodes à 12°C (pendant environ 8 heures par jour) et de 21°C (environ 16 heures) n'affecte pas significativement le pourcentage d'émergence, augmente légèrement le temps de développement et permet un accroissement de la taille moyenne (toujours par rapport à une température constante de 21°C). Un résultat semblable a été obtenu par Keirans et Fay (1968) dans une étude de l'effet de la température sur le développement d'*Aedes triseriatus*. A une température constante de 15°C, aucune larve n'avait atteint le stade nymphe après 90 jours de développement alors que sous une thermopériode de 10/21°C, 52% des larves avaient nymphé après la même période. Malheureusement ces auteurs n'ont pas mesuré la taille des adultes ni le temps moyen de développement (l'expérience étant arrêtée après 90 jours).

Nous avons constaté que le sex-ratio, de façon inattendue, était presque toujours légèrement en faveur des mâles, ce qui pourrait indiquer

des conditions de développement larvaire difficiles (McCombs, 1980). Ce résultat ne peut s'expliquer entièrement par une plus grande mortalité des femelles. En effet, pour plusieurs des répliques, le sex-ratio ne serait pas aussi débalancé même si tous les individus morts étaient des femelles. Par exemple, dans les trois répliques du traitement "21°C, 50 larves/l", au total 5 larves sont mortes. En considérant qu'il s'agissait de cinq femelles, le sex-ratio résultant serait de 0,91 femelle par mâle alors que nous obtenons un sex-ratio moyen de 0,74 : 1. Nous devons conclure que le sex-ratio des œufs était débalancé ou bien qu'au moment de l'éclosion, les œufs mâles étaient favorisés. On peut difficilement imputer le débordement du sex-ratio observé à des conditions difficiles lors du développement larvaire. D'ailleurs, à 150 larves/l - condition optimale dans notre expérience - le sex-ratio est en faveur des mâles à deux des températures, soit 12/21° et 21°C, justement celles où le développement larvaire fut optimal alors que le sex-ratio est parfaitement équilibré à 12°C, température où le pourcentage d'émergence moyen n'était que de 53,7%. Il demeure que le sex-ratio moyen de 0,5 femelle par mâle observé à 12°C à une densité de 50 larves/l s'éloigne largement du sex-ratio normal et traduit certainement une meilleure survie des mâles.

4.1.2 Conséquences écologiques des effets de la température mis en évidence par nos expériences

Les effets de la température que nous avons mis en évidence ont des implications écologiques importantes. Le stress induit par les basses températures est susceptible d'être subi par les larves en milieu naturel, particulièrement au début et à la fin de la saison de développement. Cependant, on conçoit que la température dans les gîtes naturels montre des variations quotidiennes pouvant permettre un développement larvaire normal ou, à tout le moins, réduisant les effets adverses des basses températures. Les résultats obtenus à une thermopériode de 12/21°C montrent bien que l'alternance sur une base quotidienne de périodes à 21°C permet de limiter les effets négatifs d'une température de 12°C.

L'augmentation de la taille moyenne des adultes lors d'un allongement du temps de développement, comme nous l'observons en comparant les résultats obtenus à 21°C à ceux obtenus à 12/21°C, a notamment été observée par Shelton (1973). Selon McHugh et Olson (1982, /N Rueda *et al.*, 1990), le taux de croissance peut augmenter avec la température mais la diminution du temps disponible pour la croissance a un effet plus important sur la taille, ce qui fait que les adultes résultant sont plus petits. Il y aurait, chez les larves en milieu naturel, un compromis entre l'allongement du temps de développement permettant aux adultes d'atteindre une plus grande taille et l'augmentation des risques associés à cet allongement du temps de développement (risque d'assèchement du gîte, risques de compétition intra- ou interspécifique).

4.1.3 Développement bactérien dans les bacs d'élevage

Certains des résultats obtenus ne peuvent s'expliquer par les processus reconnus de régulation de la densité larvaire d'*Ae triseriatus*. Nous devons envisager la possibilité d'erreurs expérimentales pour expliquer ces résultats. Par exemple la présence d'un voile bactérien en surface peut occasionner la mort de larves par asphyxie. Bien que ce voile fut enlevé quotidiennement, il se pourrait qu'un voile bactérien incomplètement enlevé ait causé des mortalités dans certains bacs. La grande variabilité des pourcentages d'émergence du traitement expérimental "12/21°C, 450 larves/l" pourrait être attribuable à ce type d'erreur. Toutefois, nous doutons que cela soit responsable des pourcentages d'émergence faibles obtenus à 12°C pour les densités 50 et 150 larves/l. Considérant le soin que nous avons porté à cette opération, il y a peu de chances que ce problème soit survenu dans tous ces bacs d'autant plus que la formation du voile bactérien était beaucoup plus lente à cette température.

Le développement microbien pourrait par ailleurs être à l'origine d'une interprétation erronée des résultats, la quantité de nourriture disponible aux larves étant aussi fonction de la quantité et de la qualité des micro-organismes se développant dans les bacs, facteurs n'étant pas contrôlés expérimentalement. La quantité de nourriture étant proportionnelle à la densité, les bacs de 450 larves/l contiennent neuf fois plus de nourriture que ceux de 50 larves/litre. Le volume d'eau étant constant, les bacs de forte densité constituent des milieux plus favorables

au développement de micro-organismes, la quantité de nourriture par millilitre de solution étant beaucoup plus grande. A forte densité, on peut imaginer une forme de compétition pour la nourriture mais surtout pour l'oxygène entre les micro-organismes et les larves de moustiques. Il faut toutefois considérer ces micro-organismes comme étant une part importante de l'alimentation d'*Ae triseriatus*. Selon Fish et Carpenter (1982), Merritt et Craig (1987) et Walker et Merritt (1988), les larves d'*Ae triseriatus* se nourriraient en filtrant les particules mais aussi en raclant les micro-organismes (champignons et bactéries) poussant à la surface des particules de matière organique (browsing mosquito larvae). Il n'en demeure pas moins que la compétition pour l'oxygène entre micro-organismes et larves de moustiques pourrait augmenter l'effet de la compétition intraspécifique chez *Ae triseriatus*. Par exemple, la diminution de la quantité d'oxygène dissous dans l'eau pourrait forcer les larves à respirer plus fréquemment en surface à l'aide de leur siphon. Cela augmenterait la fréquence des contacts entre les larves (interférence physique) et pourrait constituer un facteur de stress additionnel.

D'autres auteurs (Wada, 1965, Bar-Zeev, 1957) ayant réalisé des expériences où la quantité de nourriture était proportionnelle à la densité (chez *Ae aegypti* cependant) ont eux-aussi rencontré des difficultés lorsque les densités étaient élevées et, par conséquent, la nourriture abondante. Ceux-ci n'enlevaient pas le voile bactérien se formant en surface et, par voie de conséquence, constatèrent des mortalités et des retards de développement importants à de telles densités. Bar-Zeev (1957) tenta de résoudre le problème en ajoutant des antibiotiques (pénicilline et chloromycétine) à l'eau des bacs d'élevage. Même si les antibiotiques

réduisaient largement les densités microbiennes, un voile bactérien se formait tout de même lorsque la quantité de nourriture était grande. Il résolut finalement le problème en changeant l'eau des bacs tous les deux jours. Cette solution offre le grand désavantage d'éliminer, ou de réduire grandement, les effets potentiels de substances chimiques s'accumulant dans le milieu de développement. Van den Heuvel (1963), pour sa part, utilisa un diffuseur d'air afin de former des bulles dans l'eau des bacs d'élevage ce qui prévenait la formation d'un voile bactérien continu.

4.1.4 Effets de sous-densité chez les larves d'*Ae triseriatus*

On se souviendra des problèmes de développement manifestés par les larves élevées à une densité de 50 larves/l lorsque elles recevaient, proportionnellement, la même quantité de nourriture que les larves placées à 150 et 450 larves/l. Nous avions dû doubler les rations de nourriture afin d'obtenir un développement larvaire satisfaisant. Les résultats obtenus à 50 larves/l avec double ration de nourriture sont effectivement comparable à ceux obtenus à 150 larves/l. Les pourcentages d'émergence sont sensiblement les mêmes (sinon supérieurs à 50 larves/l) et les temps de développement sont pratiquement identiques. Seule la longueur d'aile des femelles demeure légèrement plus faible à 50 larves/litre qu'à 150 larves/l (0,02 mm plus petite à 21°C, 0,04 mm à 12/21°C et 0,12 mm inférieure à 12°C).

On peut expliquer les difficultés de développement à 50 larves/l avec des quantités de nourriture normales en reprenant l'hypothèse d'une facilitation du développement de micro-organismes lorsque la quantité de nourriture est abondante dans les bacs. On peut supposer que, dans les cas des bacs contenant 50 larves/l avec simple ration de nourriture, le développement de micro-organismes est proportionnellement plus faible. Ainsi, même si la quantité de nourriture distribuée à chaque larve est la même à toutes les densités, la quantité proportionnellement plus faible de micro-organismes peut représenter une diminution de la quantité globale de nourriture disponible aux larves. En doublant la quantité de nourriture, nous avons favorisé le développement des micro-organismes et apporté une source de nourriture additionnelle.

Par ailleurs, des phénomènes de sous-densité pourraient expliquer les difficultés de développement à 50 larves/l avec simple ration de nourriture. Selon Peters et Barbosa (1977), l'influence de la densité sur les paramètres biologiques des insectes peut être une "one-tailed response" (l'intensité des effets augmente lorsque la densité augmente) ou bien une "two-tailed response" avec des impacts aux densités inférieures et supérieures à la densité optimale, correspondant respectivement à des effets de sous-densité et de sur-densité. Barbosa *et al.* (1972) ont observé chez *Ae aegypti* un effet de sous-densité, la mortalité larvaire étant minimale sous des conditions de stress larvaire modéré. Dadd (1973) à pour sa part démontré que les larves de *Cx pipiens* excrétaient une substance phagostimulante dans l'eau d'élevage. Aux faibles densités, il y aurait peu de ce phagostimulant dans l'eau d'élevage ce qui pourrait potentiellement induire des effets de sous-densité. Cependant, nous n'avons trouvé dans la littérature aucune mention de tels effets de sous-densité chez *Ae triseriatus*.

Il importe de rappeler que la quantité de nourriture que nous avons distribué aux larves était très généreuse. Ainsi, même à 50 larves/l, la quantité de nourriture aurait dû être suffisante pour assurer un développement normal des larves. Le tableau XV montre, à titre comparatif, quelques régimes alimentaires utilisés par d'autres auteurs dans des études portant sur *Ae triseriatus*. Dans ces études, la quantité de nourriture est souvent gardée constante pour différentes densités ou bien l'expérience comprend différents niveaux de nourriture pour une même densité. Pour ces raisons, nous avons indiqué les valeurs extrêmes de quantité de nourriture par larve pour chacune des références. A l'examen de ce tableau, on constate que même la quantité maximale de nourriture par larve utilisée dans les autres études est souvent inférieure à la quantité que nous avons employée. De plus, l'emploi simultané de poudre de foie et de nourriture sèche pour chatons est susceptible de constituer un régime plus complet au point de vue nutritif.

A prime abord, la quantité et la qualité de la nourriture distribuée semblaient adéquates. Les problèmes de développement des larves à faibles densités pourraient donc indiquer un effet de sous-densité. Toutefois, cette hypothèse est rendue moins plausible par la disparition des effets lorsque la quantité de nourriture est doublée.

Tableau XV Régimes alimentaires utilisés dans différentes études portant sur *Ae triseriatus*

AUTEURS	REGIMES ALIMENTAIRES	
	Quantité par larve	nourriture utilisée
Hard <i>et al.</i> (1989)	0,625 - 20 mg	Mélange 2:1 de "guinea pig chow" et de "dried brine shrimp"
McCombs (1980)	1,04 - 4,16 mg	Poudre de foie
Keirans et Fay (1968)	0,263 - 1,05 mg	"Standard laboratory chow"
Cette étude*	5,4 mg 1,0 mg	Poudre de foie + "Kitten chow"

* Les larves élevées à 50 larves/l ont reçu des rations de nourriture doubles

4.1.5 Comparaison des conditions expérimentales aux conditions prévalant dans les biotopes naturels

La comparaison des tailles adultes atteintes en laboratoire à celles observées en milieu naturel montre bien que les conditions expérimentales étaient très favorables. La plus petite des longueurs d'aile moyenne obtenue en laboratoire, 4,16 mm, n'a été atteinte que par 26% des femelles provenant de creux d'arbre et 28% des femelles des pneus abandonnés. Ainsi, même dans les "pires" conditions du laboratoire, la taille adulte atteinte est supérieure à celle de la grande majorité des femelles soumises aux conditions prévalant dans les biotopes naturels. A la thermopériode de 12/21°C - condition de température représentative de celle des biotopes naturels - la taille adulte moyenne varie peu en fonction de la densité (4,49-4,56 mm). Or, en milieu naturel cette taille adulte n'est atteinte que par 5,6% des femelles. L'étendue des valeurs minimales et maximales de longueur d'aile des femelles est également plus faible en laboratoire (3,6 - 4,8 mm) qu'en milieu naturel (dans les pneus: 2,7 - 4,7 mm, dans le creux: 3,0 - 4,7 mm).

Même si dans certains cas l'atteinte d'une grande taille moyenne a pu se faire grâce à une réduction du pourcentage d'émergence ou à un allongement du temps de développement, il demeure que les tailles observées reflètent des conditions expérimentales bien plus favorables que celles que peuvent rencontrer les larves d'*Ae triseriatus* dans les biotopes naturels. Le facteur nourriture est sûrement en partie responsable de cette bonne performance, bien que d'autres paramètres

soient aussi optimums dans les conditions de laboratoire (la photopériode par exemple). Il faut aussi considérer la possibilité d'une sélection artificielle des individus de l'élevage du G.R.I.P. (d'où sont issues les larves ayant servies à l'expérience en laboratoire) favorisant les femelles de grande taille.

4.1.6 Processus de régulation larvaire suggérés par nos résultats

Lorsque des larves de moustiques sont soumises à des densités larvaires élevées, les facteurs de stress pouvant induire des modifications de la mortalité, du temps de développement et de la taille adulte comprennent: la disponibilité de nourriture, l'agitation mécanique (ou compétition pour l'espace) et l'interaction chimique (Barbosa *et al.*, 1972). Dans l'hypothèse où l'augmentation de la mortalité larvaire à forte densité, du moins à 12/21 °C et à 21 °C, résulterait de la densité larvaire en soi, et non seulement de l'intensification de la compétition entre les micro-organismes et les larves de moustique, il existerait chez *Ae triseriatus* des mécanismes de régulation de la densité agissant même en condition de surabondance de nourriture. L'interférence directe entre les larves par augmentation de la fréquence des contacts physiques (Goudreau, 1988, Dye, 1984) et/ou l'inhibition chimique par des métabolites où des "growth retardant" (Moore et Fisher, 1969, Ikeshoji et Mulla, 1970,

Carpenter, 1982) pourraient donc augmenter avec la densité larvaire sans égard à la quantité de nourriture.

Livdahl (1982) et Hard *et al.* (1989) ont étudié expérimentalement les effets de différentes combinaisons de quantités de nourriture et de densités larvaires. Ils trouvèrent que la densité et la quantité de nourriture produisaient des effets compétitifs significatifs. Livdahl (1982) a montré que la réponse à la densité et à la quantité de nourriture de paramètres liés au "fitness" (comme la survie, le temps de développement et la taille adulte) pouvait être assez complexe. Cependant, il montra également que certaines de ces interactions s'annulent mutuellement, faisant en sorte que la croissance globale de la population (exprimée par le "composite fitness index", r') varie en fonction de la densité et de la quantité de nourriture de façon simple et linéaire (*i.e.* doubler la densité a approximativement le même effet que de réduire de moitié la quantité de nourriture). Pour cette raison, ce même auteur considère que le comportement de paramètres liés au "fitness" n'est pas un bon indicateur de la réponse globale de la population.

Toutefois, Hard *et al.* (1989) ont montré que la croissance de la population, mesurée par le taux de changement *per capita*, pouvait aussi être une fonction complexe de la densité et de la quantité de la nourriture. Dans leur étude, près de 15% de la variation de r' était due à l'interaction entre les deux facteurs. L'effet de la densité dépendait donc de la quantité de nourriture et *vice versa*. Autrement dit, les effets de la densité et de la nourriture ne sont pas additifs. Au contraire, ils interagissent de façon telle que la réponse à une ressource constante *per capita* est dépendante de la densité.

Le fait que, dans notre expérience, l'effet de l'augmentation de la densité se manifeste principalement par une réduction du pourcentage d'émergence a des implications importantes en dynamique de populations. Alors que la réduction de la taille adulte ou l'augmentation du temps de développement sont des façons de surmonter des conditions difficiles tout en produisant un nombre maximum d'adultes, la mortalité est une réponse plus drastique à ces conditions. Selon nos résultats, en condition de sur-densité larvaire mais où la nourriture n'est pas un facteur limitant, il y aurait émergence d'un nombre réduit d'adultes ayant toutefois chacun un fort potentiel reproducteur, les femelles de grande taille ayant une plus grande fécondité (Jalil, 1974, McCombs, 1980).

Cependant, il faut noter que les effets de la densité que nous avons mis en évidence semblent bien peu importants lorsqu'on les compare à ceux que peut avoir la quantité de nourriture. A titre d'exemple, McCombs (1980) ayant étudié l'effet de la quantité de nourriture à une densité constante de 100 larves/l obtint qu'une réduction de moitié de la quantité de nourriture par larve faisait passer la mortalité de 12% à 63%, augmentait le temps moyen de développement des femelles (jusqu'à la nymphose) de 16,0 à 19,5 jours et réduisait la longueur d'aile moyenne des femelles de 0,61 mm (celle-ci passant de 3,59 à 2,98 mm). En comparaison, dans notre expérimentation l'augmentation de la densité d'un facteur neuf a induit des variations de la longueur d'aile moyenne de quelques centièmes de millimètre seulement, n'a eu que peu d'effets sur le temps moyen de développement et eu un fort effet sur le pourcentage d'émergence à 12/21°C (réduction de 45,5 %), un effet relativement faible à 21°C (réduction de 26,0 %) et fit même augmenter de 20,1 % le pourcentage d'émergence à 12°C.

Selon Peters et Barbosa (1977), bien que la taille adulte, le taux de développement et la fécondité peuvent sembler être inextricablement liés, dans les faits ces paramètres diffèrent non seulement dans leur sensibilité à la densité mais peuvent être entièrement indépendants les uns des autres. Ainsi, des densités supérieures à 450 larves/l pourraient avoir sur les paramètres examinés des effets plus marqués ou même tout à fait différents de ceux que nous avons mis en évidence.

4.2 ETUDE EN MILIEU NATUREL

4.2.1 Processus de régulation des populations larvaires

La comparaison des caractéristiques des larves et adultes d'*Ae. triseriatus* provenant des creux d'arbre par rapport aux caractéristiques de ceux provenant des pneus montre les nombreuses différences existant entre ces deux types de biotopes larvaires. Le tableau XVI récapitule ces principales différences observées dans notre étude.

Les résultats ayant les implications les plus grandes, tant pour la dynamique des populations que du point de vue épidémiologique, sont les variations de la taille adulte des femelles et sa relation avec la densité larvaire. Haramis (1984), en Indiana, a constaté que la taille moyenne des femelles provenant de pneus situés en milieu ombragé était plus grande que celle des femelles provenant des creux d'arbre. Il a également observé que la taille moyenne des femelles diminuait au cours de la saison dans les pneus mais pas dans les creux d'arbre et que les émergences débutaient presque un mois plus tôt dans les pneus. Cela amena Haramis (1984) à conclure que les pneus pouvaient non seulement produire des femelles plus tôt en saison que les creux d'arbre, mais qu'ils pouvaient aussi produire des femelles plus petites transmettant le virus de La Crosse à un taux plus élevé. L'augmentation du taux de transmission du virus de l'encéphalite de La Crosse chez les femelles de petite taille avait précédemment été mise en évidence par Grimstad et Haramis (1984). Nos résultats vont dans le même sens. Pour l'ensemble de la saison, les tailles adultes des femelles des pneus et des creux d'arbre ne sont pas significativement différentes.

Tableau XVI Comparaison des résultats obtenus pour les pneus abandonnés à ceux obtenus pour les creux d'arbre

Section présentant les résultats	Résultats obtenus pour les pneus en comparaison à ceux obtenus pour les creux
3.2.1	- volume moyen environ 10 fois plus grand - pH moins acide
3.2.2	- densités moyennes presque 10 fois plus faibles - nombre de larves par biotope environ deux fois plus grand - Faune compagnie constituée essentiellement de <i>Culex spp</i> et de Chironomidés (plutôt que de Cératopogonidés)
3.2.3	- 50% de nymphose se produisant presque une semaine plus tôt
3.2.4	- Longueur de l'aile moyenne des femelles identique à celle des femelles provenant de creux
3.2.5	- Longueur de l'aile moyenne des femelles varie davantage au cours de la saison de développement - La seconde moitié de la période de développement, taille moyenne des femelles plus petite que celle des femelles provenant de creux
3.2.6	- Présence d'une forte corrélation entre la densité larvaire et la taille adulte des femelles
3.2.7	- Pourcentage moyen de nymphose plus grand - Pourcentage de nymphose davantage corrélé à la densité larvaire

Cependant, au cours de la saison de développement les tailles adultes diminuent davantage dans les pneus de sorte que, la seconde moitié de la période de développement, la taille des femelles provenant des pneus est inférieure à celle des femelles dendrolimniques. Bien que les nymphoses débutent au même moment dans les pneus et les creux, la production de nymphes se fait globalement près d'une semaine plus tôt dans les pneus. Nos résultats appuient donc la conclusion de Haramis (1984).

Nous avons mis en évidence une forte relation entre la densité larvaire dans les pneus et la taille des femelles adultes. Ce phénomène, ajouté au pourcentage de nymphose qui est lui aussi fortement corrélé à la densité, semble indiquer que le développement des larves d'*Ae triseriatus* dans les pneus est fonction de la densité larvaire.

Dans les creux d'arbre, malgré des densités larvaires très élevées, nous n'avons pas mis en évidence de relation directe entre ces densités et la taille des femelles. Il semble donc y avoir dans ce type de biotope des facteurs qui contre balancent ou masquent les effets des densités élevées ou bien provoquent l'émergence de femelles de petite taille même à faible densité. L'existence dans les creux d'arbre de phénomènes limitant ou masquant l'effet de la densité est également démontré par la faible relation entre le pourcentage de nymphose et la densité larvaire.

Ces différences entre les deux types de biotopes larvaires utilisés par *Ae triseriatus* pourraient être expliquées par des différences dans la qualité et/ou la quantité de nourriture disponible. Les densités larvaires plus faibles observées dans les pneus peuvent refléter une limitation des

ressources dans ce type de biotope (quoi qu'on puisse aussi invoquer une différence dans l'attractivité pour les femelles qui ovipositionnent, phénomène n'ayant jamais été démontré). Cela serait confirmé par la diminution quasi constante de la taille adulte des femelles au cours de la période de développement, celle-ci correspondant à une déplétion de ces ressources. L'utilisation des ressources alimentaires est bien sûr le fait des larves d'*Ae triseriatus*, mais aussi des autres larves de Culicidés ainsi que des larves de Chironomidés, fort abondantes rappelons-le. Dans les pneus, la forte relation entre la densité larvaire d'*Ae triseriatus* et la taille adulte semble indiquer une certaine constance d'un pneu à l'autre des ressources disponibles et de l'intensité de la compétition par les autres espèces d'insectes. Cela fait en sorte que la densité larvaire d'*Ae triseriatus* est le facteur principal réglant la taille adulte des femelles.

Notons cependant que l'effet de la densité pourrait s'effectuer non seulement via une déplétion des ressources alimentaires mais aussi par l'accumulation de "growth retardants" ou de métabolites ou via une interférence physique entre les larves. Puisque l'expérimentation en laboratoire semble indiquer que même en conditions où la nourriture est non-limitante la densité peut affecter le développement d'*Ae triseritus*, nous ne pouvons déterminer l'importance relative de la déplétion de la nourriture dans les biotope naturels. Par ailleurs, nous n'avons aucune évidence que cet appauvrissement du milieu se produit réellement.

Notre étude, comme celle de Haramis (1984) ou encore celle de Walker et Merritt (1988) ont toutes constaté que la taille des femelles émergeant de creux d'arbre ne diminue pas (ou très peu) au cours de la saison comme

le prédirait l'hypothèse d'une déplétion des ressources alimentaires. Dans un tel cas, ou bien la nourriture n'agit pas comme facteur limitant dans les creux d'arbre ou bien elle est limitante dès le début de la saison de développement et le demeure sensiblement de la même façon jusqu'à l'automne. Une autre hypothèse serait que la densité exerce des effets sur le temps de développement et le pourcentage d'émergence plutôt que sur la taille adulte.

Dans les creux d'arbre, l'absence de relation évidente entre la densité larvaire d'*Ae triseriatus* et la taille adulte pourrait résulter d'une grande variabilité inter-biotope des facteurs autres que la densité d'*Ae triseriatus*.

Un des facteurs différant d'un creux à l'autre et susceptible d'affecter le développement d'*Ae triseriatus* est l'espèce d'arbre dans laquelle est situé le creux et la composition du groupement végétal avoisinant. Fish et Carpenter (1982) ont montré que les feuilles d'érable à sucre constituaient une meilleure source alimentaire pour le développement d'*Ae triseriatus* que les feuilles de hêtre ou de chêne noir. Cela résulte, semble-t-il, de la colonisation microbienne plus facile des feuilles d'érable et de leur décomposition plus rapide. Dans notre étude, trop peu des creux échantillonnés étaient situés dans des arbres autres que des érables pour pouvoir vérifier si l'espèce d'arbre a un effet sur le développement des moustiques.

De nombreux autres facteurs montrent des variations inter-biotopes importantes, tant dans les creux d'arbre que dans les pneus abandonnés. Des variations plus importantes entre les creux d'arbres pourraient être

responsables de l'absence de relation entre la densité larvaire et la taille adulte dans ce type de biotope. La composition et l'importance relative des populations entomologiques est un de ces facteurs variant d'un biotope à l'autre. Bien que nous n'ayons pas observé de prédateurs potentiels, quelques unes des espèces détritivores et/ou filtreuses rencontrées pourraient être des compétiteurs d'*Ae triseriatus*. Ainsi, Goudreau (1988) a déjà mis en évidence une compétition entre les jeunes larves d'*Ae triseriatus* et de *Cx restuans*. Les larves de Chironomidés dans les pneus et celles de Cératopogonidés et de Syrphidés dans les creux d'arbre pourraient, par leur nombre relativement grand, affecter également les larves d'*Ae triseriatus*.

La quantité de matière organique présente dans les biotopes est peut-être le facteur le plus variable et le plus prépondérant pour les larves de moustiques. Walker et Merritt (1988) ont montré que la masse de feuilles dans un creux est fonction de l'aire de l'ouverture, les creux ayant les ouvertures les plus grandes recevant davantage de feuilles. L'aire de l'ouverture des creux d'arbre échantillonnés variait de 12 à 88 cm². Nous avons inclus cette variable dans les régressions (section 3.2.6) et avons constaté qu'il n'y avait pas de relation significative avec la taille adulte des femelles ($R^2 = +0,14$). L'aire de l'ouverture des pneus abandonnés varie elle-aussi, celle-ci étant fonction de la taille du pneu. Toutefois, l'inclinaison du pneu affectant grandement l'entrée de la matière organique, l'aire de l'ouverture a peu de signification. Il aurait été intéressant de connaître le poids sec de la matière organique présente dans chaque biotope en début de saison. Pratiquement, cela était toutefois impossible, notre protocole expérimental ne le permettant pas (on ne pouvait laisser les larves sans nourriture dans les biotopes).

Cependant, bien que la quantité de matière organique ait son importance, les travaux de Fish et Carpenter (1982) ont bien montré le rôle prépondérant de la biomasse microbienne (champignons et bactéries) dans l'alimentation des larves d'*Ae. triseriatus*. Cette biomasse microbienne est fort probablement fonction de la quantité de nutriments présent dans le biotope. Carpenter (1982) a montré que l'eau de pluie, en ruisselant sur les feuilles et les branches des arbres s'enrichissait en nutriments (cette eau de ruissellement est appelée "stemflow" par les anglophones). Par analyse chimique, il montra que de l'eau ayant ruisselé sur des chênes était plus riche en nutriments (nitrates, phosphates et sulfates) que celle ayant ruisselé sur des hêtres et des érables. Le "stemflow" apporte un supplément de nutriments pouvant favoriser le développement des micro-organismes. Carpenter (1982) a d'ailleurs montré expérimentalement qu'un enrichissement en azote (sous forme de sel de nitrate, d'acide nitrique ou d'ammonium) de l'eau d'élevage des larves augmentait la vitesse de décomposition de la matière organique (feuilles mortes). La qualité du "stemflow" s'ajoute donc à la quantité et à la qualité de la matière organique présente dans chaque biotope pour influencer le développement microbien. D'ailleurs, Walker et Merritt (1988) ont montré que le fait d'enlever les feuilles d'un creux d'arbre n'affectait pas le poids moyen des femelles ni le nombre d'adultes émergeants et la date où se sont produites 50% des émergences. Ayant constaté que les concentrations de carbone organique dissous étaient aussi élevées dans les creux avec feuilles que dans ceux où les feuilles avaient été enlevées, Walker et Merritt conclurent que l'activité microbienne dans les creux d'arbre pouvait probablement se produire indépendamment du carbone provenant des feuilles, s'il y avait présence d'autres nutriments. Ainsi, le carbone organique dissous pourrait constituer une source de

carbone suffisante pour la croissance des bactéries dans les creux d'arbres. La qualité du "stemflow" et celle de la matière organique particulière affectent donc le développement des micro-organismes qui eux-mêmes représentent une part importante de l'alimentation des larves d'*Ae triseriatus*.

Le pH est une autre variable pouvant affecter le développement d'*Ae triseriatus*. Carpenter (1982), a montré que l'acidité avait des effets négatifs prononcés sur le développement des larves. Les ions hydrogène en excès pourraient influencer les larves indirectement, en altérant la spéciation des métaux par exemple. L'effet du pH sur la taille adulte des femelles a été examiné dans les régressions de la section 3.2.6. Dans les pneus comme dans les creux, nous n'avons pas trouvé de relation significative ($R^2 = +0,13$ et $+0,26$ respectivement). Cependant, le pH en moyenne plus acide dans les creux d'arbre pourrait être un facteur de stress larvaire additionnel dans ce biotope. On se souviendra que, lors des échantillonnages, nous ajoutions de l'eau distillée non-déminéralisée aux biotopes pour éviter l'assèchement. Cela est susceptible de neutraliser l'acidité naturelle de l'eau des pneus et des creux d'arbre et ainsi réduire les effets potentiels.

La température peut également être une source de variation inter-biotopes. Selon Haramis (1984), l'eau des creux d'arbre, grâce à l'isolation thermique apportée par le bois, est généralement plus fraîche que celle des pneus. De plus, les différents pneus et creux ne subissent pas tous la même exposition solaire et n'ont pas tous la même isolation

thermique. Par exemple, le creux CQ2 est situé en milieu découvert dans un parc public, d'autres creux sont situés en bordure de chemins forestiers et enfin, certains sont situés en pleine forêt. Selon Haramis (1984) les températures plus élevées rencontrées dans les pneus (même les ceux situés en milieu ombragé) seraient responsables des émergences plus hâties dans ce type de biotope. A la lumière de nos travaux et de ceux de Shelton (1973) on peut supposer que ces températures plus élevées puissent aussi contribuer à l'émergence de femelles de plus petite taille. Le fait qu'expérimentalement une température constante de 12°C induit un fort stress larvaire nous amène à nuancer quelque peu ces propos. Si les températures atteintes dans les pneus sont plus élevées que dans les creux d'arbre, il est aussi vrai que l'eau des creux doit demeurer plus longtemps à des températures très froides (inférieures à 12°C par exemple), températures pouvant elles-aussi provoquer l'émergence de femelles plus petites.

Une dernière source de variations inter-biotopes est représentée par les différences génétiques pouvant exister à l'intérieur de la population. Selon Means *et al.* (1977), les larves trouvées dans les creux d'arbres et celles trouvées dans les pneus abandonnés pourraient être de deux souches distinctes. En comparant une colonie constituée de larves provenant de creux à une autre constituée de larves provenant de pneus, ils constatèrent que les femelles de la colonie d'origine dendrolimnique étaient moins agressives et moins efficaces lors de la recherche du repas sanguin. De plus, les femelles provenant de pneus pondraient des amas de plus de 100 œufs alors que celles de creux d'arbre déposaient moins de 30 œufs par amas. Suite à une immersion, l'éclosion des œufs de la colonie dendro-

limnique se faisait plus graduellement que l'éclosion des oeufs de la colonie de pneus. Bien que tous ces résultats fassent partie d'une étude préliminaire basée sur un faible nombre d'observations, l'hypothèse de différences génétiques entre les larves des pneus et des creux mérite tout de même quelque attention. Une telle situation pourrait expliquer les différences observées dans les processus de régulation des populations larvaires.

4.2.2 Nombre de générations annuelles d'*Ae triseriatus*

Selon Livdahl (1982), chez *Ae triseriatus* le chevauchement des générations - ou des cohortes, selon le cas - résulte de l'oviposition répétée par les femelles adultes et du phénomène appelé "installment hatching" où seulement une fraction des oeufs du même âge éclosent en réponse à un stimulus donné ce qui fait en sorte que des oeufs peuvent demeurer en diapause malgré des immersions répétées. Il est fort intéressant, voir inattendu, de constater que des éclosions d'oeufs d'*Ae triseriatus* se sont produites dans des creux d'arbres aussi tard que la semaine du 18 septembre 1989 (annexes N, O et R). Dans les pneus, les dernières larves du premier stade apparurent la semaine du 7 août. En Indiana, les dernières éclosions dans des creux d'arbre observées par Sinsko et Craig (1981) se produisirent la dernière semaine de juillet.

Selon Sims (1985), *Ae triseriatus* peut entrer en diapause au quatrième stade larvaire et au stade d'oeuf embryonné. Selon Shroyer et Craig (1983), à la latitude de Trois-Rivières ($46^{\circ} 18'$ Nord), la photopériode critique, c'est à dire le nombre d'heures de lumière par jour induisant 50% de diapause des oeufs, est d'environ 15 heures 35 minutes. Or, le jour le plus long, c'est-à-dire le 21 juin (solstice d'été), dure 15 heures et 46 minutes (Villeneuve, 1967) et les jours atteignent une durée de 15 heures 35 minutes aux environs du 10 juillet. C'est donc dire, que la grande majorité des oeufs devraient entrer en diapause dès la mi-juillet et n'éclaire que le printemps suivant. Le 18 septembre, dernière semaine où furent observées des éclosions dans les creux, le jour ne durait que 12 heures 26 minutes (Villeneuve, 1967); les embryons auraient dû être en diapause depuis fort longtemps.

Les estimations des photopériodes critiques pour notre région ont été extrapolées à partir des relations entre la photopériode critique et la latitude établies par Shroyer et Craig (1983). Il semble que sous notre latitude, l'entrée en diapause des oeufs n'obéit pas aux lois qui régissent les diapauses des souches plus méridionales. Un autre facteur pourrait toutefois expliquer les éclosions tardives. Shroyer et Craig (1983) ont montré que la diapause embryonnaire pouvait être levée suite à l'exposition prolongée des oeufs à de basses températures (180 jours à 4°C). C'est d'ailleurs ce phénomène qui permet l'éclosion des oeufs le printemps malgré des photopériodes courtes et de basses températures (Shroyer et Craig, 1983; Holzapfel et Bradshaw, 1980). Les basses températures nocturnes de septembre pourraient être suffisantes pour lever la diapause embryonnaire. Ce phénomène serait toutefois fort

étonnant, il dénoterait un manque d'adaptation aux conditions climatiques de la région. Les larves éclosant en septembre ont bien peu de chances de compléter leur développement avant le gel et la diapause survenant au quatrième stade larvaire risque d'être inutile dans le cas d'éclosions si tardives. En effet, selon Sims (1985), la diapause des larves de quatrième stade sous notre latitude devrait survenir lorsque les jours ne durent que 11 heures 35 minutes. Cette photopériode est atteinte aux environ du 4 octobre. Les larves de stade quatre ont donc de fortes chances de mourir gelées avant de rencontrer la photopériode induisant la diapause. Sims (1985) avait probablement raison d'affirmer que les populations d'*Ae triseriatus* au-delà de 42° de latitude Nord passaient l'hiver exclusivement sous forme d'oeufs, quoi que nous ne l'ayons pas vérifié sur le terrain. Toutefois, si à notre latitude l'entrée en diapause des oeufs ne se fait pas au moment prévu par Shroyer et Craig (1983), peut-être la diapause larvaire se produit-elle avant l'atteinte de la photopériode critique estimée par Sims (1985).

La présence de larves si tard en fin de saison nous amène à discuter du nombre de générations annuelles d'*Ae triseriatus* dans notre région. Dans la section 3.2.6, nous avons séparé les larves et adultes en première et deuxième générations. Selon Sims (1985), au-delà de 42° de latitude Nord, *Ae triseriatus* est une espèce univoltine ou partiellement bivoltine. Les oeufs éclosant en juillet, août et septembre peuvent avoir été pondus par des femelles ayant émergé plus tôt dans la saison et ainsi, véritablement mériter le nom de "seconde génération". Cependant, comme l'ont démontré Livdahl *et al.* (1984) ainsi que Livdhal et Edgerly (1987) le taux éclosion des oeufs d'*Ae triseriatus* décroît lorsque la densité

larvaire augmente. Le broutage des micro-organismes croissant à la surface des oeufs par les larves de moustiques présentes dans le biotope augmente localement la concentration d'oxygène dissous ce qui prévient l'éclosion des oeufs. Il se pourrait que les oeufs éclosant en fin de saison aient été empêché de le faire plus tôt par les fortes densités larvaires. Dans les creux d'arbre, le déclin des densités en juillet pourrait permettre l'éclosion de ces oeufs (en admettant qu'ils ne sont pas déjà en diapause). Ces oeufs auraient donc pu être pondus la saison précédente et, dans ce cas, il est injustifié de les qualifier de "seconde génération" puisqu'il s'agirait plutôt de cohortes de la même génération.

4.2.3 Justification de l'approche utilisée pour l'identification des processus de régulation des populations larvaires

L'approche que nous avons privilégié pour étudier l'effet de la densité sur la taille adulte et le pourcentage d'émergence, c'est-à-dire l'emploi de régressions linéaires, a aussi été adoptée par Hawley (1985). Celui-ci étudia l'effet de la densité larvaire dans les creux d'arbre sur le moustique *Ae. sierrensis* se retrouvant sur la côte Ouest de l'Amérique du Nord. Il observa que le succès de nymphose ne dépendait pas de la densité larvaire ($r^2 = 0,06$, $P > 0,2$) mais que le poids des nymphes femelles était dépendant de la densité ($r^2 = 0,62$, $P < 0,001$). Il interpréta ce résultat par une plus grande sensibilité de la taille des femelles à l'augmentation de la densité.

Une différence importante entre notre étude et celle de Hawley (1985) est qu'il considéra les résultats de l'ensemble de la période de développement (*Ae sierrensis* étant une espèce typiquement univoltine) alors que nous avons isolé les résultats de la "première génération". Ce procédé pourrait induire un certain biais. Par exemple, si la réponse à l'augmentation de la densité larvaire dans les creux se fait surtout par l'allongement du temps de développement plutôt que par une augmentation de la mortalité ou une diminution de la taille adulte, les femelles de la "première génération" pourraient émerger majoritairement après la date limite fixée (*i.e.* après l'apparition de la seconde génération). Ainsi, ces femelles ayant subi des effets de sur-densité ne seraient pas considérées dans le calcul de la taille moyenne des femelles et du pourcentage de nymphose de la "première génération". Cependant, l'examen des annexes A à U permet de dissiper entièrement cette appréhension. Dans tous les creux, à la date de la fin de la première génération (du 24 juillet au 21 août selon le biotope) pratiquement toutes les larves de cette génération ont déjà nymphé. Il demeure que nous n'avons pu examiner l'effet de la densité sur le temps de développement dans le cadre de notre étude. De plus, nous pouvons difficilement certifier que les résultats obtenus pour la "première génération" sont représentatifs de l'ensemble de la période de développement.

Dans les régressions linéaires servant à évaluer l'effet de la densité sur la taille adulte et le pourcentage d'émergence, nous avons estimé les densités larvaires en nombre d'individus / volume. Or, dans un biotope donné, on retrouve généralement des individus de différents stades larvaires. Indirectement, nous avons assumé que tous les stades larvaires

étaient équivalents au niveau compétitif. Cependant, Goudreau (1988) et Livdahl (1982) ont montré en laboratoire que ce n'est pas réellement le cas, les larves plus âgées (stades trois et quatre) étant moins sensibles à la compétition. Par la variable "STD45" (densité moyenne de larves d'*Ae triseriatus* de stade trois et quatre au cours des six premières semaines d'échantillonnage), nous avons tenté d'isoler l'effet de la densité attribuable aux larves âgées seulement. Les coefficients de détermination obtenus pour cette relation sont inférieurs à ceux obtenus en considérant l'ensemble des larves.

On pourra reprocher à notre étude de reposer sur un nombre limité de creux d'arbre et de pneus abandonnés. Il faut toutefois prendre conscience que 22 biotopes larvaires échantillonnés hebdomadairement pendant 14 semaines représente un total de 308 échantillonnages. Bien que ces échantillons ne soient pas indépendants, ils constituent un nombre d'observations rarement réalisé dans d'autres études du même type. Il demeure qu'en ce qui concerne les régressions linéaires, un plus grand nombre de pneus mais surtout de creux d'arbre (le nombre d'individus dans chaque biotope étant plus faible) aurait été opportun. Un plus grand nombre de biotopes échantillonnés sur une plus courte période (i.e. jusqu'à l'apparition de la seconde génération) aurait permis d'atteindre cet objectif sans trop augmenter la somme de travail mais serait entré en conflit avec les autres objectifs de notre étude.

Chapitre 5. CONCLUSION

Dans leur revue de littérature portant sur l'influence de la densité sur le développement des insectes, Peters et Barbosa (1977) faisaient remarquer que l'effet de la densité sur une population d'insectes est complexe. Dans la nature, les populations interagissent dans un environnement si variable que l'influence de la densité *per se* doit être analysé à l'aide de techniques hautement sophistiquées séparant les effets directs de la densité des effets indirects provenant de l'augmentation du nombre d'individus par unité de surface. Par notre expérience en laboratoire, nous voulions vérifier si la densité en soi pouvait affecter le développement d'*Ae triseriatus*. Si, dans ces conditions où la nourriture n'était pas limitante, nous n'avions observé aucun effet de la densité, nous aurions pu conclure que la disponibilité de nourriture est le facteur clé dans la régulation des populations larvaires (pour les densités examinées à tout le moins). Cependant, nous avons trouvé que la densité, même en condition de surabondance de nourriture, affectait significativement le pourcentage d'émergence, le temps de développement et la taille adulte des femelles d'*Ae triseriatus*. Toutefois, l'interprétation des effets de la densité était compliquée par une réponse différente en fonction de la température d'élevage. Alors qu'à une termopériode de 12/21°C et à une température constante de 21°C les fortes densités induisaient une réduction du pourcentage d'émergence, à 12°C le pourcentage d'émergence augmentait à 450 larves/l. La taille adulte, à toutes les températures, montrait des variations complexes en fonction de la densité larvaire, la taille des femelles étant maximale à 150 larves/l et légèrement plus faible à 50 et 450 larves/l. Le temps de développement était peu affecté par la densité.

En outre, nous conservons quelques réserves quant à l'absence totale d'effets du facteur nourriture dans notre cadre expérimental. Le développement bactérien pouvant être influencé par la quantité de nourriture par unité de volume, la quantité globale de nourriture disponible aux larves pourrait être plus grande aux fortes densités. Il demeure que nous distribuons une grande quantité de nourriture sèche ce qui devrait faire en sorte que cette nourriture ne soit pas limitante, peu importe la densité. En fait, le problème le plus susceptible d'être survenu est une surabondance de micro-organismes à 450 larves/l amenant une déplétion de la quantité d'oxygène dissous dans les bacs et agissant comme facteur de stress larvaire. Les effets de ce stress pourraient s'ajouter à ceux de la densité ou bien, dans le cas où la densité en soi n'a pas d'effet, imiter ces effets compétitifs.

En ce qui a trait à notre étude en milieu naturel, la régulation des densités larvaires d'*Ae triseriatus* dans les pneus ne fait aucun doute. Les fortes relations entre la densité larvaire dans les biotopes et la taille adulte des femelles ainsi que le pourcentage de nymphose en font foi. Dans les creux d'arbre, nous n'avons pu mettre en évidence de telles relations entre la densité larvaire et le développement des larves d'*Ae triseriatus*. La variabilité inter-creux pourrait masquer les effets de la densité et expliquer les faibles relations observées entre la densité et la taille adulte et le pourcentage de nymphose. Ainsi, les différents creux d'arbre ne seraient pas de simples réplicats permettant d'isoler l'effet de la densité. Des conditions biotiques ou physico-chimiques différentes dans les creux d'arbre de celles existant dans les pneus pourraient elles-aussi expliquer l'absence d'effet de la densité larvaire observée dans les creux

d'arbre. Dans ce cas, les conditions de développement dans les pneus seraient moins favorables aux larves d'*Ae triseriatus* que celles prévalant dans les creux d'arbre. Des mécanismes de régulation des densités larvaires seraient nécessaires dans les pneus alors qu'ils n'entreraient en jeu que plus occasionnellement dans les creux d'arbres. Dans les pneus, les densités larvaires moyennes près de dix fois plus faibles et la réduction de la taille des femelles au cours de la saison de développement appuyeraient cette hypothèse. Cependant, selon notre estimation du pourcentage de nymphose, le taux de survie des larves serait plus grand dans les pneus. Les différences observées dans les processus de régulation des densités larvaires dans les pneus et dans les creux d'arbre pourraient être attribuables, au moins en partie, à des différences génétiques entre les larves de chacun des types de biotopes. L'hypothèse d'une différentiation de deux souches à l'intérieur de la population mériterait d'être examinée.

A la lumière de nos travaux de laboratoire, nous ne pouvons conclure quant aux mécanismes de régulation des densités dans les biotopes. Cependant, les études en laboratoire de Livdahl (1982) et Hard *et al.* (1989) ont bien démontré que la quantité de nourriture et la densité larvaire produisent des effets compétitifs significatifs chez *Ae triseriatus*. Dans les pneus et les creux d'arbre, la nourriture peut certainement jouer un rôle important mais le stress résultant des interactions physique et chimique pourrait aussi avoir un effet non négligeable.

REMERCIEMENTS

En premier lieu, je tiens à remercier mon directeur de thèse le Dr Alain Maire, professeur en biologie et chercheur à l'Université du Québec à Trois-Rivières. Sa science, sa grande disponibilité et sa légendaire loquacité me furent d'un précieux secours et contribuèrent à rendre agréables ces deux années passées à la maîtrise en Sciences de l'Environnement.

Je remercie également le Dr Pierre Magnan pour ses conseils en matière d'analyse statistique des données. Je suis reconnaissant de l'aide apportée par Raymond Faucher lors de l'étude en milieu naturel; sans son expérience et son ardeur au travail, j'eus passé bien plus qu'un été à me faire dévorer par les moustiques. Finalement, je désire exprimer ma profonde gratitude à Liette Laganière qui fut d'une aide indispensable pour les travaux de laboratoire.

Le soutien financier nécessaire à la réalisation de ce travail a été assuré par une bourse d'études de deuxième cycle du fond F.C.A.R..

BIBLIOGRAPHIE

- BARBOSA, P., T.M. PETERS et N.C. GREENOUGH. 1972. Overcrowding of mosquito populations: Responses of larval *Aedes aegypti* to stress. Environ. Entomol. 1:89-93.
- BAR-ZEEV, M. 1957. The effect of density on the larvae of mosquito and its influence on fecundity. Bull. Res. Counc. of Israel. 6: 220-228.
- BEATY, B.J. et V.H. THOMPSON. 1975. Emergence of La Crosse virus from endemic foci. Fluorescent antibody studies of over-wintered *Aedes triseriatus*. Am. J. Trop. Med. Hyg. 24: 992-998.
- BEIER, J.C., M. TRAVIS, C. PATRICKSKI et J. KRANZFELDER. 1983. Habitat segregation among larval mosquitoes (Diptera : Culicidae) in tire yards in Indiana, USA. J. Med. Entomol. 20: 76-80.
- CARPENTER, S.R. 1983. Resource limitation of larval treehole mosquitoes subdidiing on beech detritus. Ecology. 64(2): 219-223.
- CARPENTER, S.R. 1982. Stemflow chemistry: Effects on population dynamics of detritivorous mosquitoes in tree-hole ecosystems. Oecologia. 53: 1-6.
- CLEMENTS, A.N. 1963. The physiology of Mosquitoes. Pergamon Press, Oxford.
- COCHRANE, A. 1972. Body weight and blood meal weight as factors affecting egg production of the tree-hole mosquito, *Aedes triseriatus*. Proc. N. J. Mosq. Exterm. Assoc. 59: 65-78.
- DADD, R.H. 1973. Autophagostimulation by mosquito larvae. Ent. exp. appl. 16: 295-300.
- DYE, C. 1984. Competition amoungst larval *Aedes aegypti*: the role of interference. Ecological Entomol. 9: 355-357.
- FISH, D et S.R. CARPENTER. 1982. Leaf litter and larval mosquito dynamics in tree-hole ecosystems. Ecology. 63(2): 283-288.

- GOUDREAU, R. 1988. Effet de la compétition intraspécifique et interspécifique chez des populations larvaires de deux espèces de moustiques: *Aedes triseriatus* et *Culex restuans* (Diptera: culicidae), dans les pneus abandonnés. Thèse de Maîtrise. Université du Québec à Trois-Rivières.
- GREEN, R.H. 1979. Sampling design and statistical methods for environmental biologists. John Wiley and sons, Totonto.
- GRIMSTAD, P.R. et L.D. HARAMIS. 1984. *Aedes triseriatus* and La Crosse virus: Enhanced oral transmission by nutrition deprived mosquitoes. J. Med. Entomol. 21 : 249-256.
- GRIMSTAD, P.R. et E.D. WALKER. 1991. *Aedes triseriatus* and La Crosse Virus. IV. Nutritional deprivation of larvae affects the adult barriers to infection and transmission. J. Med. Entomol. 28: 378-396.
- HARAMIS, L.D. 1985. Larval nutrition, adult body size, and the biology of *Aedes triseriatus*. IN Ecology of Mosquitoes: Proceeding of a workshop. Florida Medical Entomology Laboratory, Vero Beach.
- HARAMIS, L.D. 1984. *Aedes triseriatus* : A comparison of density in tree holes vs. discarded tires. Mosq. News. 44: 485-489.
- HARAMIS, L.D. 1983. Increased adult size correlated with parity in *Aedes triseriatus*. Mosq. News 43: 77-79.
- HARD, J.J., W.E. BRADSHAW et D.J. MALARKEY. 1989. Resource- and density-dependent development in tree-hole mosquitoes. Oikos 54:137-144.
- HARMSTON, F.C. 1969. Separation of females of *Aedes hendersoni* (Cockerell) and *Aedes triseriatus* (Say) by the tarsal claws. Mosq. News. 29: 490-491.
- HAWLEY, W.A. 1985. The effect of larval density on adult longevity of a mosquito, *Aedes sierrensis* : epidemiological consequences. J. Animal Ecology. 54: 955-964.

- HOLZAPFEL, C.M. et W.E. BRADSHAW. 1981. Geography of larval dormancy in tree-hole mosquito, *Aedes triseriatus*. Can. J. Zool. 59: 1014-1021.
- IKESHOJI, T. et M.S. MULLA. 1970. Overcrowding factors of mosquito larvae. 2. Growth-retarding and bacteriostatic effects of the overcrowding factors of mosquito larvae. J. Econ. Entomol. 63(6): 1737-1743.
- JALIL, M. 1974. Observations on the fecundity of *Aedes triseriatus*. Ent. exp. and appl. 17: 223-233.
- JALIL, M. 1972. Effect of temperature on larval growth of *Aedes triseriatus*. J. Econ. Entomol. 65(2): 625-626.
- KEIRANS, J.E. et R.W. FAY. 1968. Effect of food and temperature on *Aedes aegypti* and *Aedes triseriatus* larval development. Mosq. News 28(3): 338-341.
- KIRK, R.E. 1968. Experimental design: Procedures for the Behavioral Sciences. Brooks-Cole Publishing Company, Belmont.
- LANDRY S.V., G.R. DEFOLIART et D.B. HOGG. 1988. Adult body size and survivorship in a field population of *Aedes triseriatus*. J. Am. Control Assoc. 4 (2): 121-128.
- LEGENDRE, P. et M.J. FORTIN. 1989. Spatial pattern; an ecological analysis. Vegetatio. 80: 107-138.
- LISITZA, M.A., G.R. De FOLIART, T.M. YUILL et M.G. KARANDINOS. 1977. Prevalence rates of La Crosse virus (California Encephalitis Group) in larvae from overwintered eggs of *Aedes triseriatus*. Mosq. News. 37 (4): 745-750.
- LIVDAHL, T.P. 1982. Competition within and between hatching cohorts of a treehole mosquito. Ecology. 63(6): 1751-1760.
- LIVDAHL, T.P. et J.S. EDGERLY. 1987. Egg hatching inhibition: field evidence for population regulation in a treehole mosquito. Ecological Entomol. 12: 395-399.

- LIVDAHL, T.P., R.K. KOENEKOOP et S.G. FUTTERWEIT. 1984. The complex hatching response of *Aedes* eggs to larval density. *Ecological Entomol.* 9: 437-442.
- LOOR, K.A. et DeFOLIART. 1970. Field observations on biology of *Aedes triseriatus*. *Mosq. News.* 30 (1): 60-64.
- MC COMBS, S.D. 1980. Effect of differential nutrition of larvae on adult fitness of *Aedes triseriatus*. Thèse de Maîtrise. Université de Notre-Dame, Indiana.
- MEANS, R.G., M. GRAYSON et E. BLACKMORE. 1977. Preliminary studies on two biologically different strains of *Aedes triseriatus* in New York. *Mosq. News.* 37(4): 609-615.
- MERRITT, R.W. et D.A. CRAIG. 1987. Larval mosquito feeding mechanisms: Mucosubstance production for capture of fine particules. *J. Med. Entomol.* 24: 275-278.
- Ministère de l'Environnement du Québec. 1990. Publi-reportage publié dans Francnord. Hors série no 6: 22-23.
- MOORE, C.G. et B.R. FISHER. 1969. Competition in mosquitoes. Density and species ratio effect on growth, mortality, fecundity, and production of growth retardant. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 62(6): 1325-1331.
- MUNSTERMANN, L.E. et L.M. WASMUTH. 1985. *Aedes triseriatus*, pp 15-24. In P. Singh et R.F. Moore [éditeurs]. *Handbook of Insect rearing*, vol. 2. Elsevier, Amsterdam.
- NASCI, R.S. 1988. Biology of *Aedes triseriatus* developing in tires in Louisiana. *J. Med. Entomol.* 25(5): 403-405.
- PATRICAN, L.A. et G.R. De FOLIART. 1985. Lack of adverse effect of transovarially acquired La Crosse virus infection on the reproductive capacity of *Aedes triseriatus*. *J. Med. Entomol.* 22 (6): 604-611.
- PETERS, T. et P. BARBOSA. 1977. Influence of population density on size, fecundity, and developmental rate of insects in culture. *Ann. Rev. Entomol.* 22:431-450.

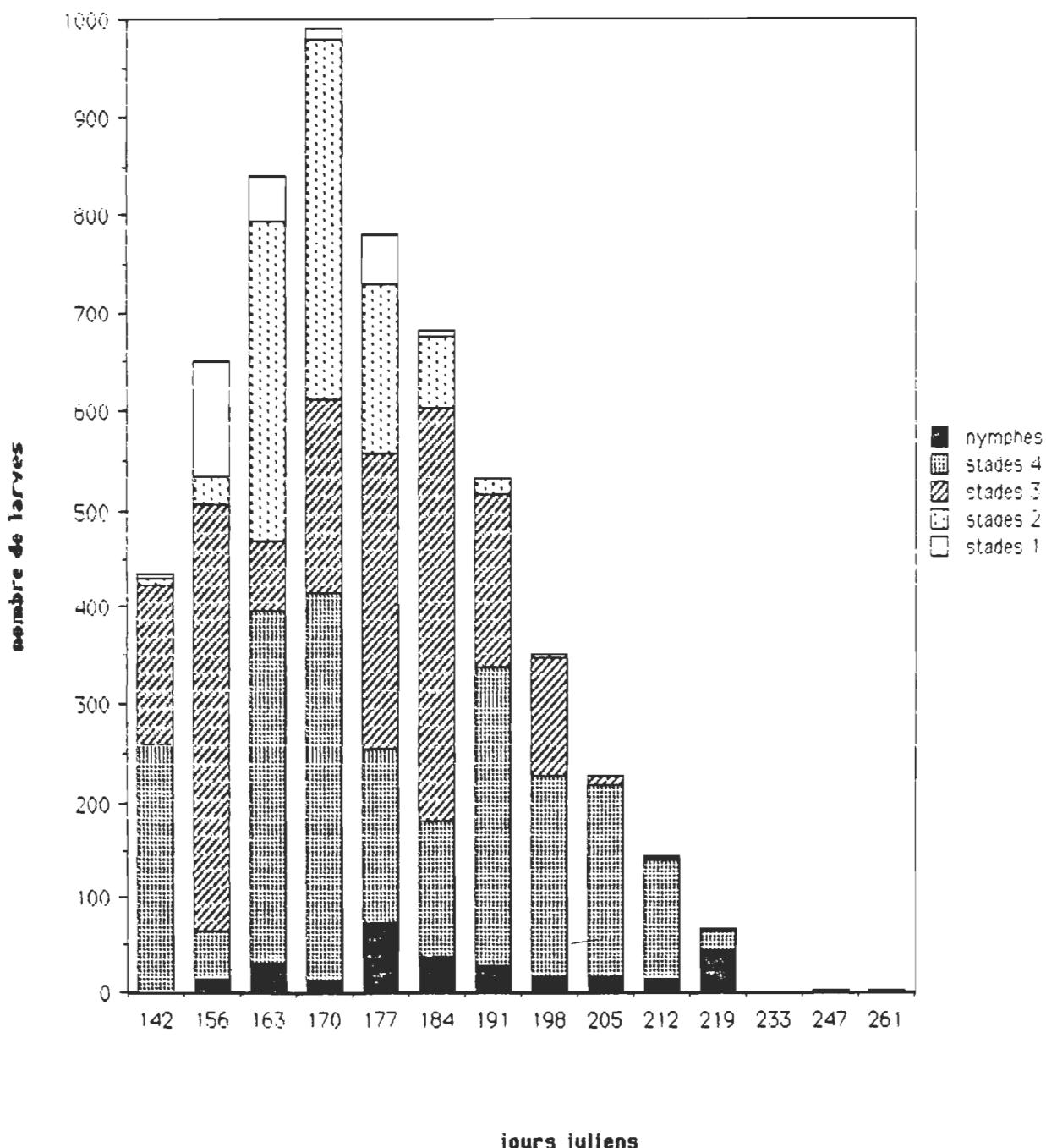
- REISEN, W.K., M.M. MILBY et M.E. BOCK. 1984. The effects of immature stress on selected events in the life history of *Culex tarsalis*. Mosq. News 44: 385-395.
- RUEDA, L.M., K.J. PATEL, R.C. AXTELL et R.E. STINNER. 1990. Temperature-dependent development and survival rates of *Culex quinquefasciatus* and *Aedes aegypti*. J. Med. Entomol. 27(5): 892-898.
- SEKSCIENSKI, G. 1989. Meltdown for a Tough One. E.P.A. Journal 15(6): 37-38.
- SHELTON, R.M. 1973. The effect of temperatures on development of eight mosquito species. Mosq. News. 33: 1-12.
- SHROYER, D.A. et G.B. CRAIG. 1983. Egg diapause in *Aedes triseriatus*: Geographic variation in photoperiodic response and factors influencing diapause termination. J. Med. Entomol. 20(6): 601-607.
- SIMS, S.R. 1985. Embryonic and larval diapause in *Aedes triseriatus* Phenotypic correlation and ecological consequence of the induction response. IN Ecology of Mosquitoes: Proceeding of a workshop. Florida Medical Entomology Laboratory, Vero Beach.
- SINSKO, M.J. et G.B. CRAIG. 1981. Dynamics of an isolated population of *Aedes triseriatus*, II. Factors affecting productivity of immature stages. J. Med. Entomol. 18(4): 279-283.
- SINSKO, M.J. et G.B. CRAIG. 1979. Dynamics of an isolated population of *Aedes triseriatus*, I. Population size. J. Med. Entomol. 15(2): 89-98.
- SOKAL, R.R. et F.J. ROHLF. 1981. Biometry. The principles and practice of statistics in biological research. W.H. Freeman and Company, San Francisco.
- THOMPSON, W.H. et B.J. BEATY. 1978. Venereal transmission of La Crosse virus from male to female *Aedes triseriatus*. Am. J. Trop. Med. Hyg. 27(1): 187-196.
- THOMPSON, W.H. et B.J. BEATY. 1977. Venereal transmission of La Crosse California encephalitis virus in *Aedes triseriatus* mosquitoes. Science 196:530-531.

- THOMPSON, W.H. et A.S. EVANS. 1965. California encephalitis virus studies in Wisconsin. Am. J. Epidemiol. 81: 230-244.
- VAN DEN HEUVEL, M.J. 1963. The effect of rearing temperature on the wing lenght, thorax lenght, leg lenght and ovariole number of the adult mosquito *Aedes aegypti*. Trans. R. Ent. Soc. Lond. 115: 197-216.
- VILLENEUVE, G.O. 1967. Calcul de la longueur du jour. Ministère des Richesses Naturelles du Québec, Service de Météorologie, Québec.
- WADA, Y. 1965. Effect of larval density on the development of *Aedes aegypti* and the size of adults. Quaestiones entomologicae. 1: 223-249.
- WALKER, E.D., R.S. COPELAND, S.L. PAULSON et L.E. MUNSTERMANN. 1987. Adult survivorship, population density and body size in sympatric populations of *Aedes triseriatus* and *Aedes hendersoni* (Diptera: Culicidae). J. Med. Entomol. 24: 485-493.
- WALKER, E.D. et R.W. MERRITT. 1988. The signifiance of leaf detritus to Mosquito (Diptera: Culicidae) productivity from treeholes. Environ. Entomol. 17(2): 199-206.
- WATTS, D.M., C.D. MORRIS, R.E. WRIGHT, G.R. DEFOLIART et R.P. HANSON. 1972. Transmission of La Crosse virus (California encephalitis group) by the mosquito *Aedes triseriatus*. J. Med. Entomol. 9: 125-127.
- WATTS, D.M., S. PANTUWATANA, G.R. DEFOLIART, T.M. YUILL et W.H. THOMPSON. 1973. Transovarial transmission of La Crosse virus in the mosquito *Aedes triseriatus*. Science 182: 1140-1141
- WOOD, D.M., P.T. DANG et R.A. ELLIS. 1979. The Mosquitoes of Canada, Diptera: Culicidae. Biosystematics Research Institute, Ottawa.
- WRIGHT, R.E. et G.T. DEFOLIART. 1970. Association of Wisconsin mosquitoes and woodland vertebrate hosts. Ann. Entomol. Soc. Am. 63: 777-786.

ANNEXES

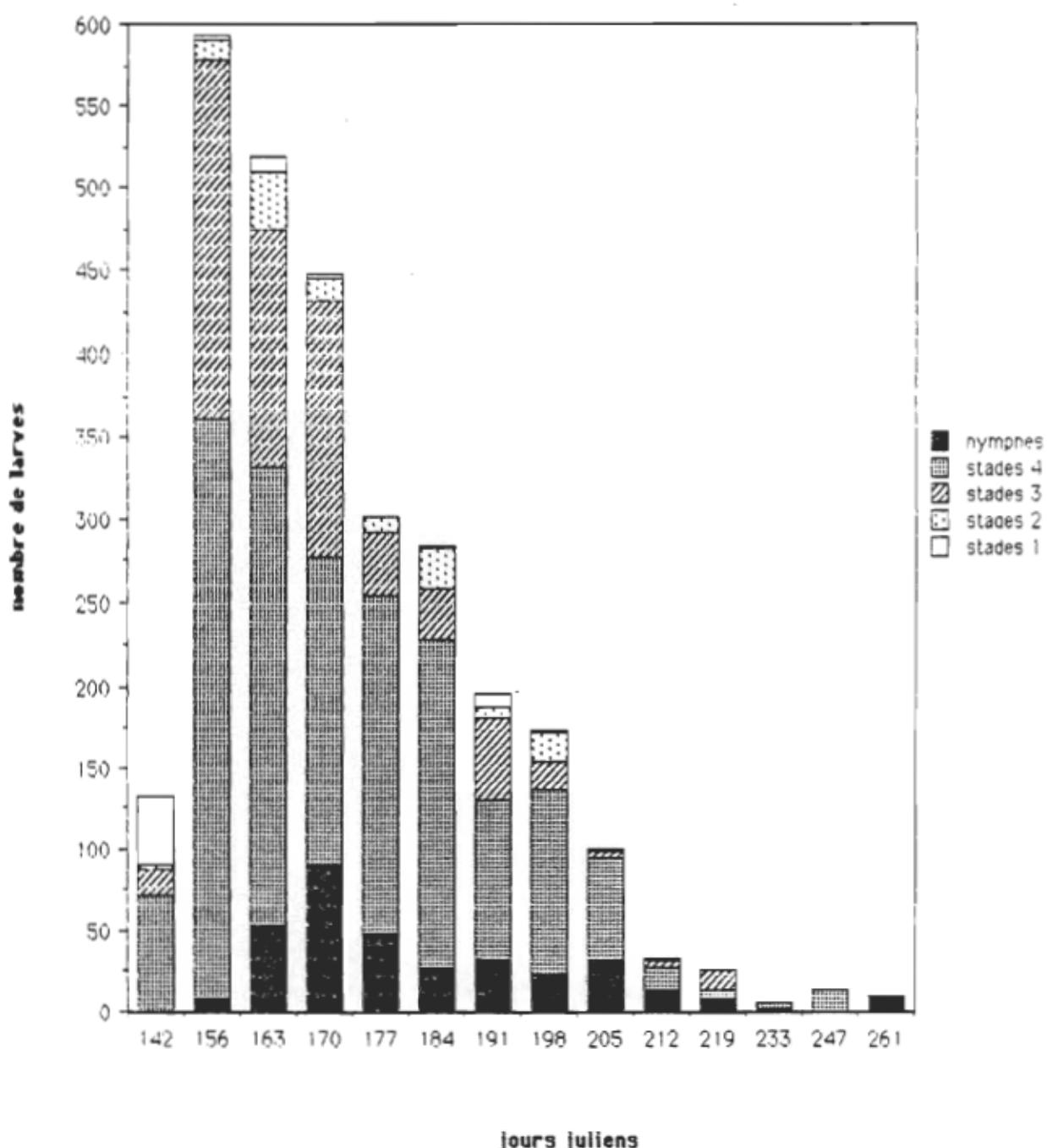
Annexe A

Nombre de larves d'*Ae triseriatus* de chaque stade trouvées dans le pneu PTR1



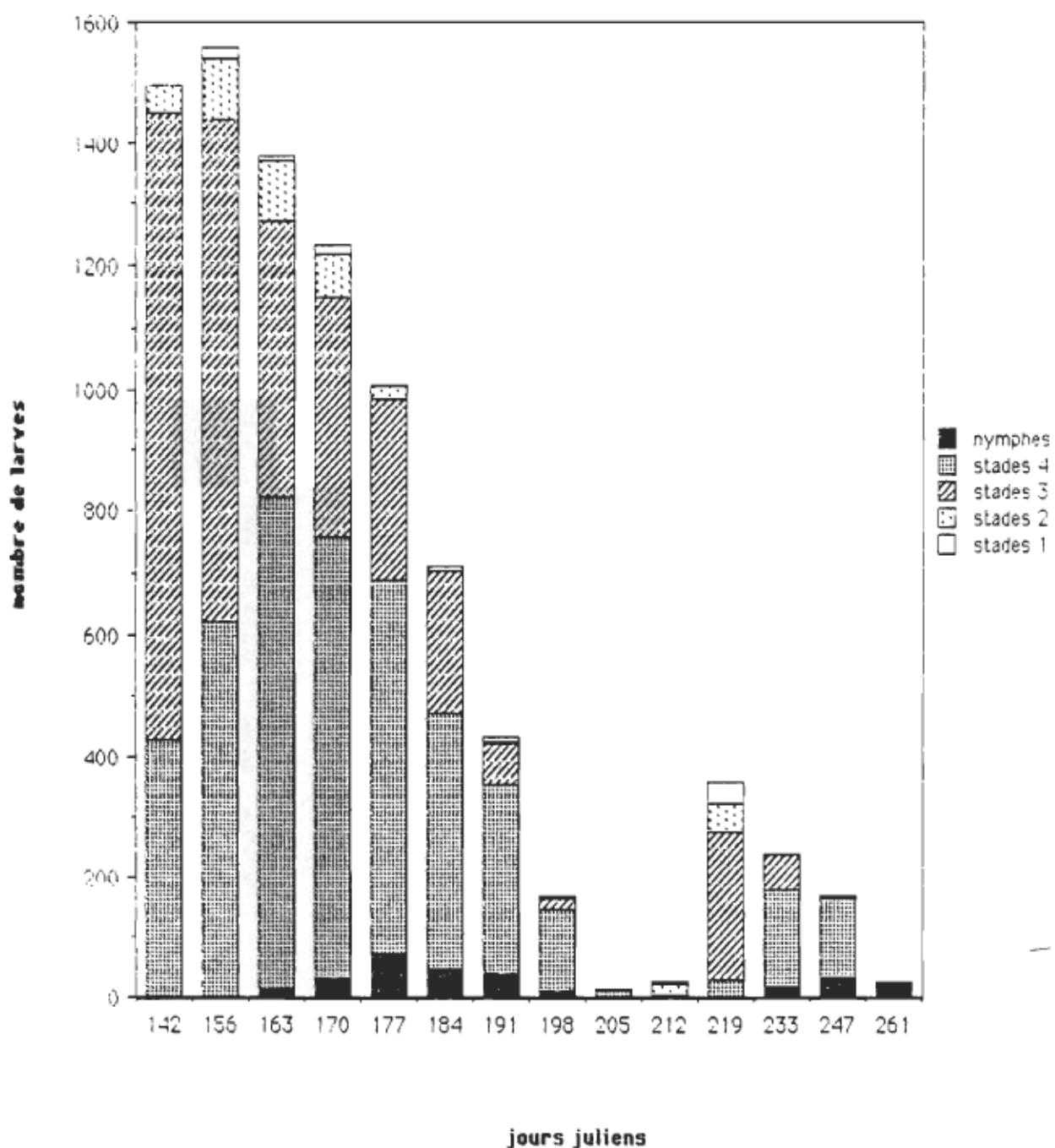
Annexe B

Nombre de larves d'*Ae triseriatus* de chaque stade trouvées dans le pneu PTR2



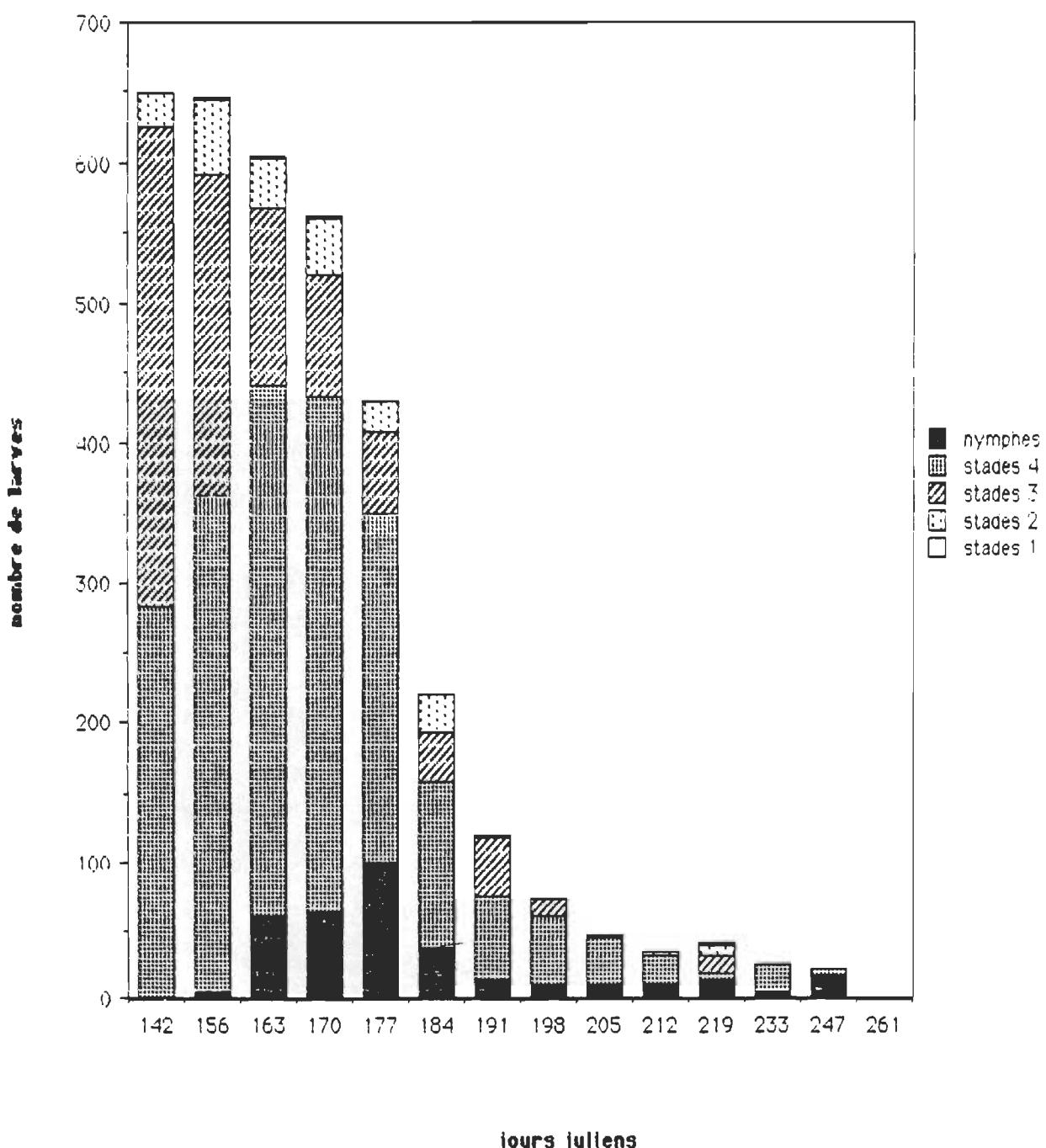
Annexe C

Nombre de larves d'*Ae triseriatus* de chaque stade trouvées dans le pneu PSF1



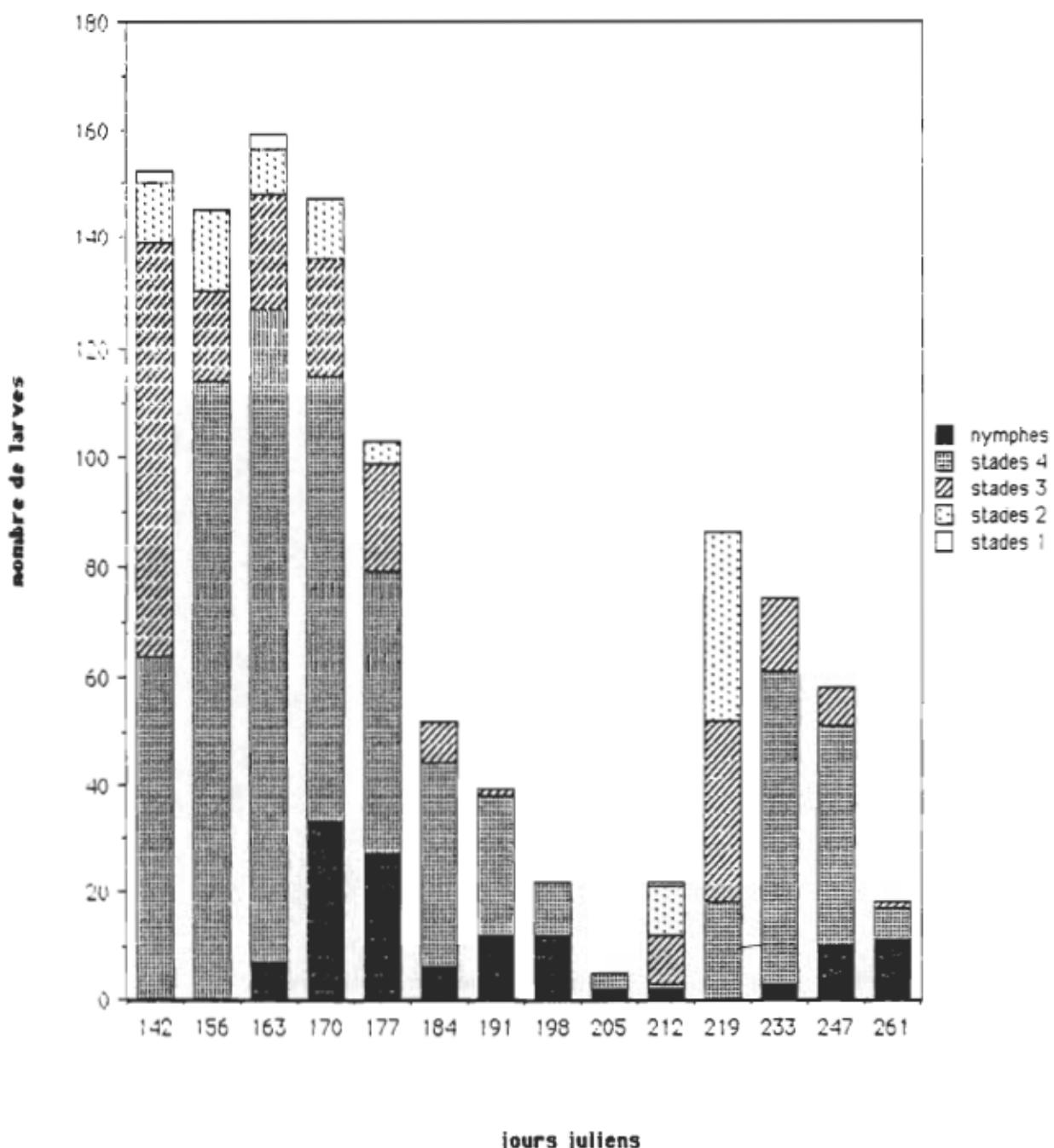
Annexe D

Nombre de larves d'*Ae triseriatus* de chaque stade trouvées dans le pneu PSF2



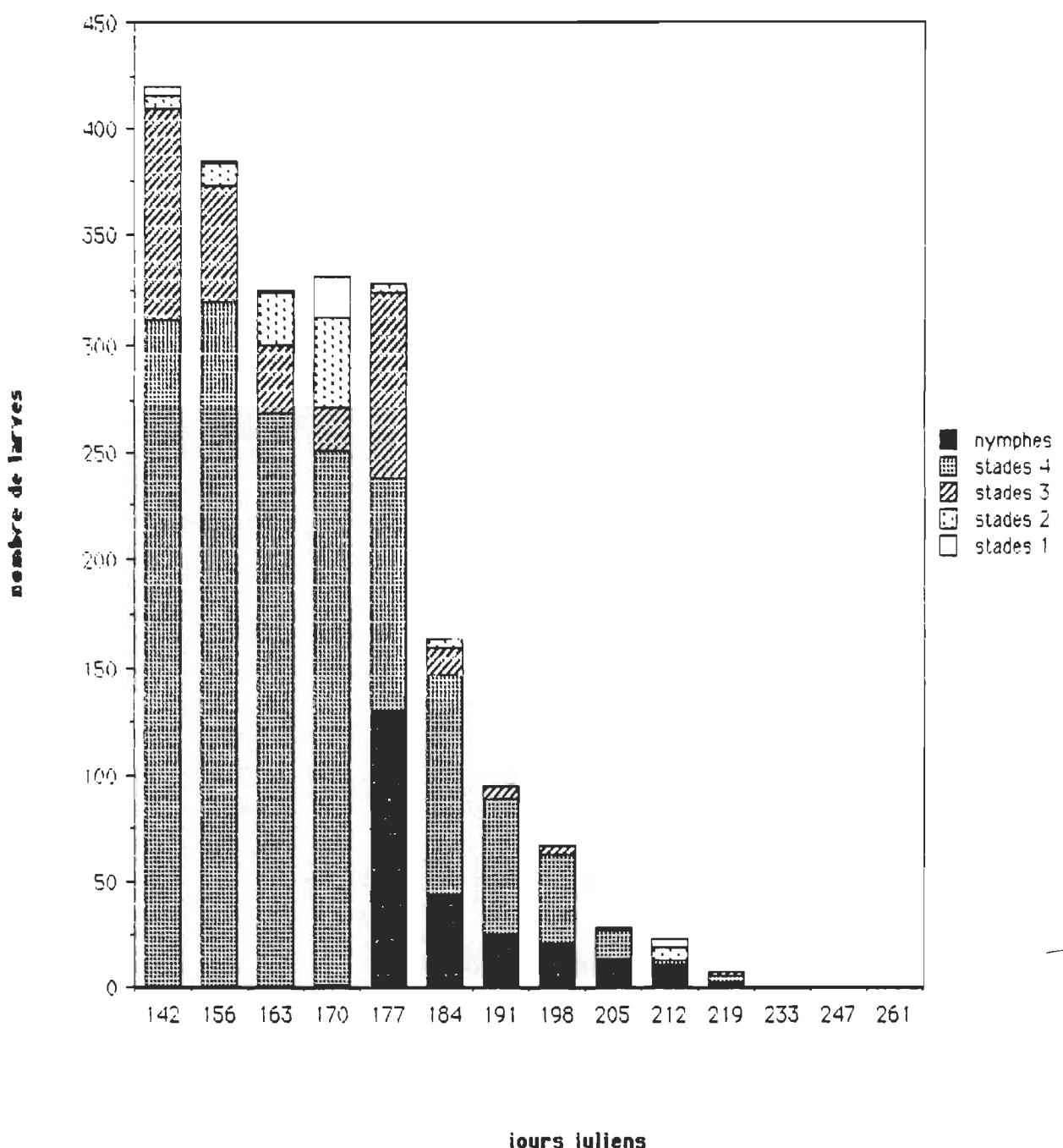
Annexe E

Nombre de larves d'*Ae triseriatus* de chaque stade trouvées dans le pneu PSF3



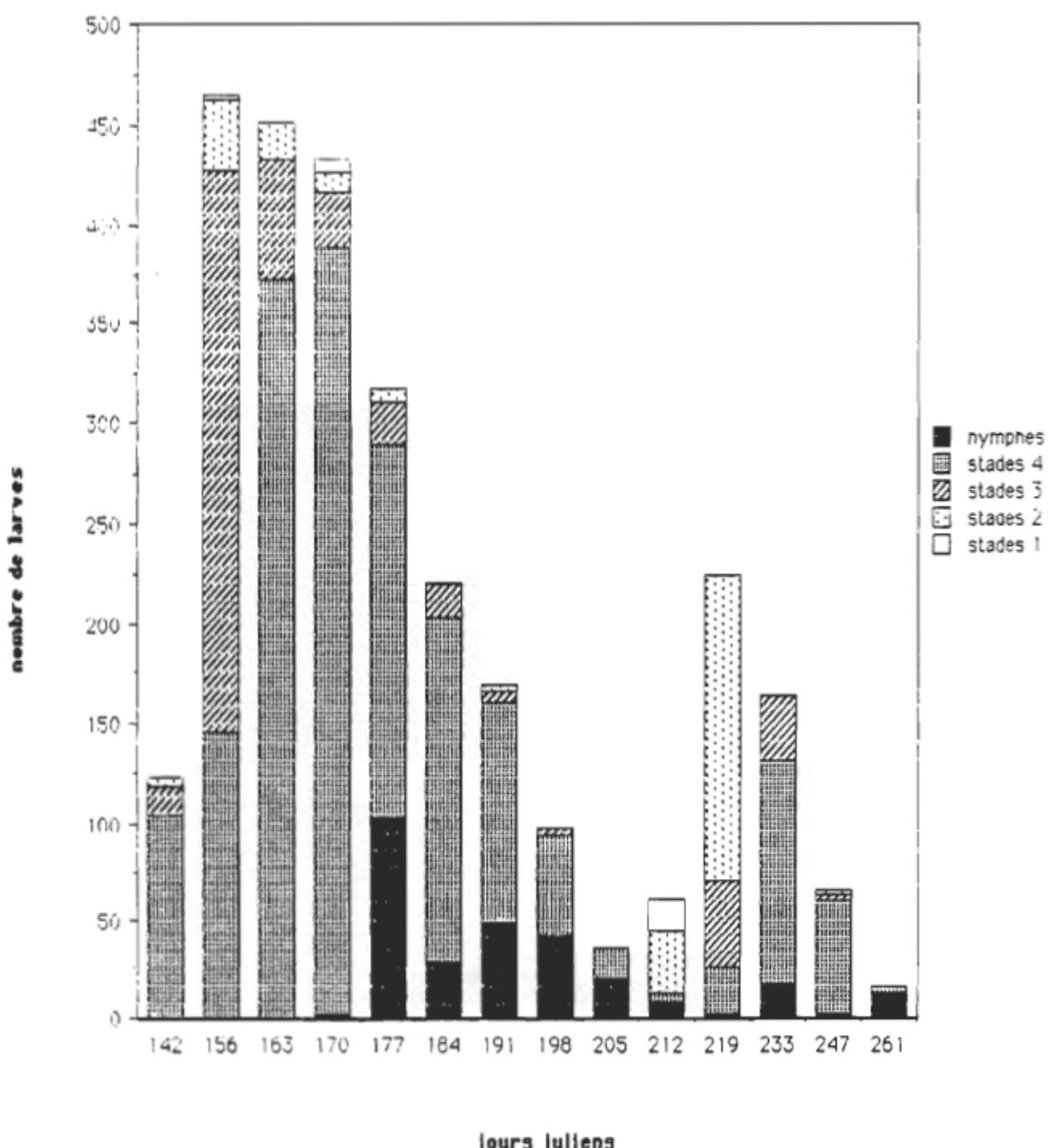
Annexe F

Nombre de larves d'*Ae triseriatus* de chaque stade trouvées dans le pneu PC1



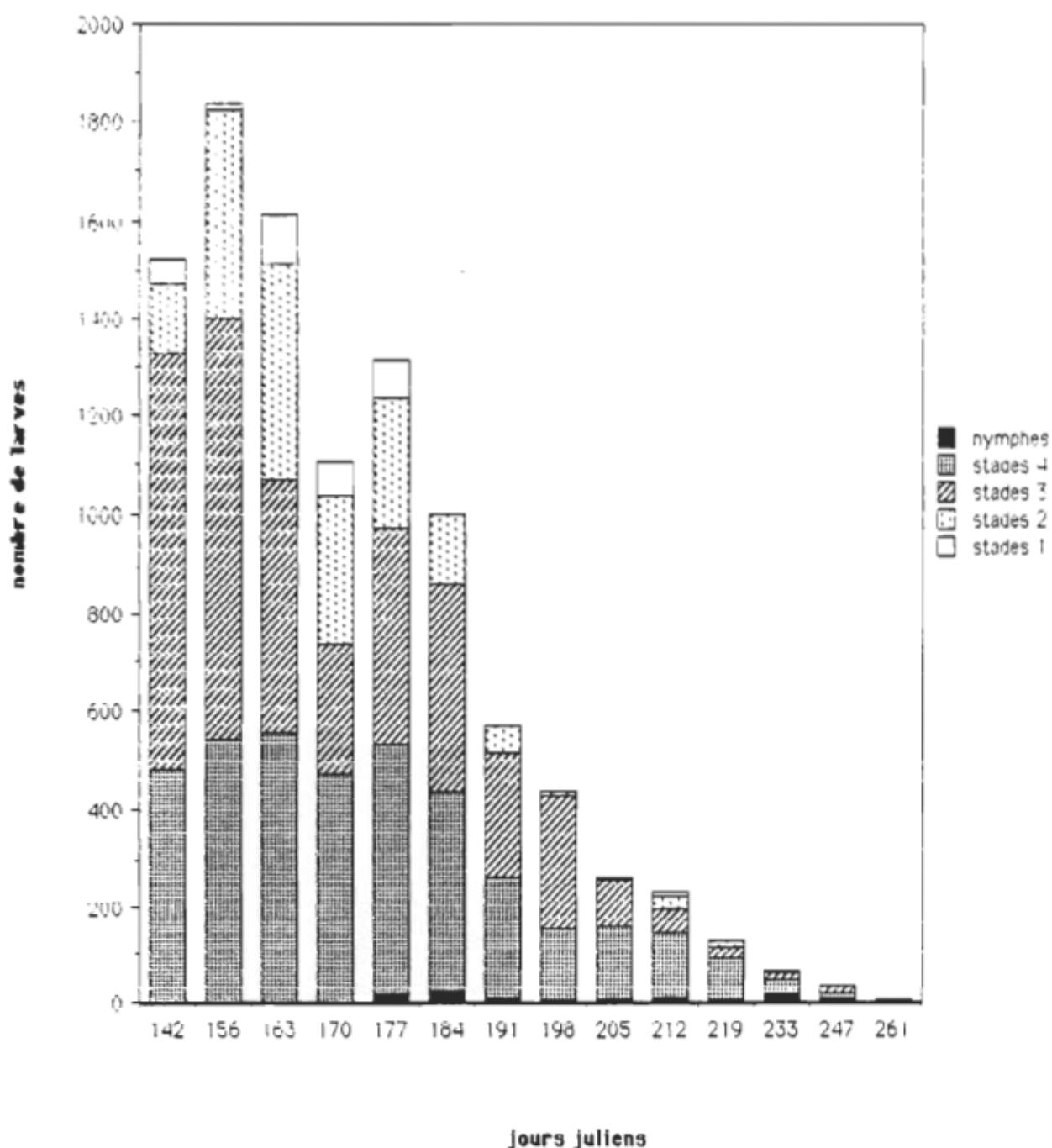
Annexe G

Nombre de larves d'*Ae. triseriatus* de chaque stade trouvées dans le pneu PC2



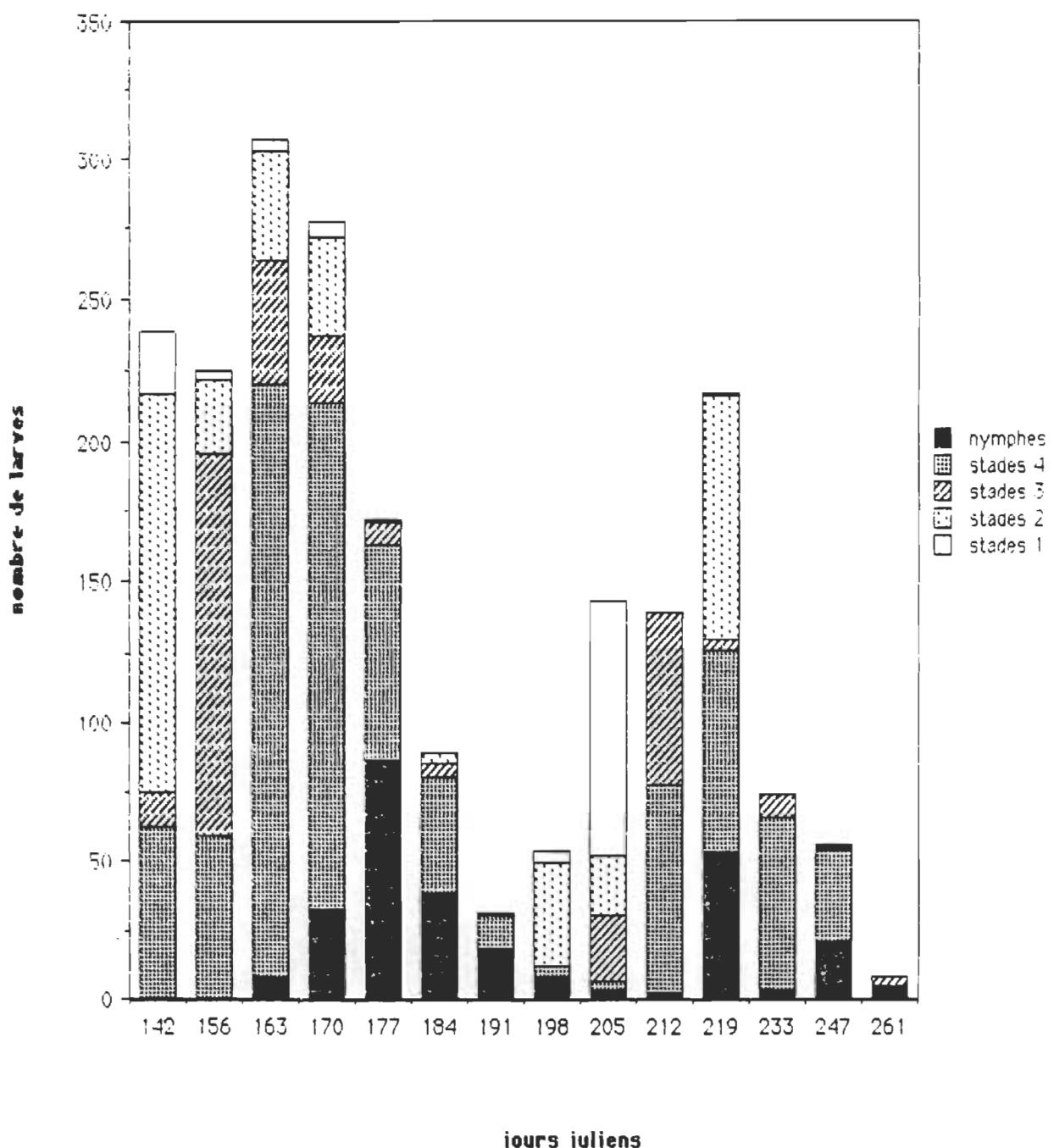
Annexe H

Nombre de larves d'*Ae triseriatus* de chaque stade trouvées dans le pneu PC3



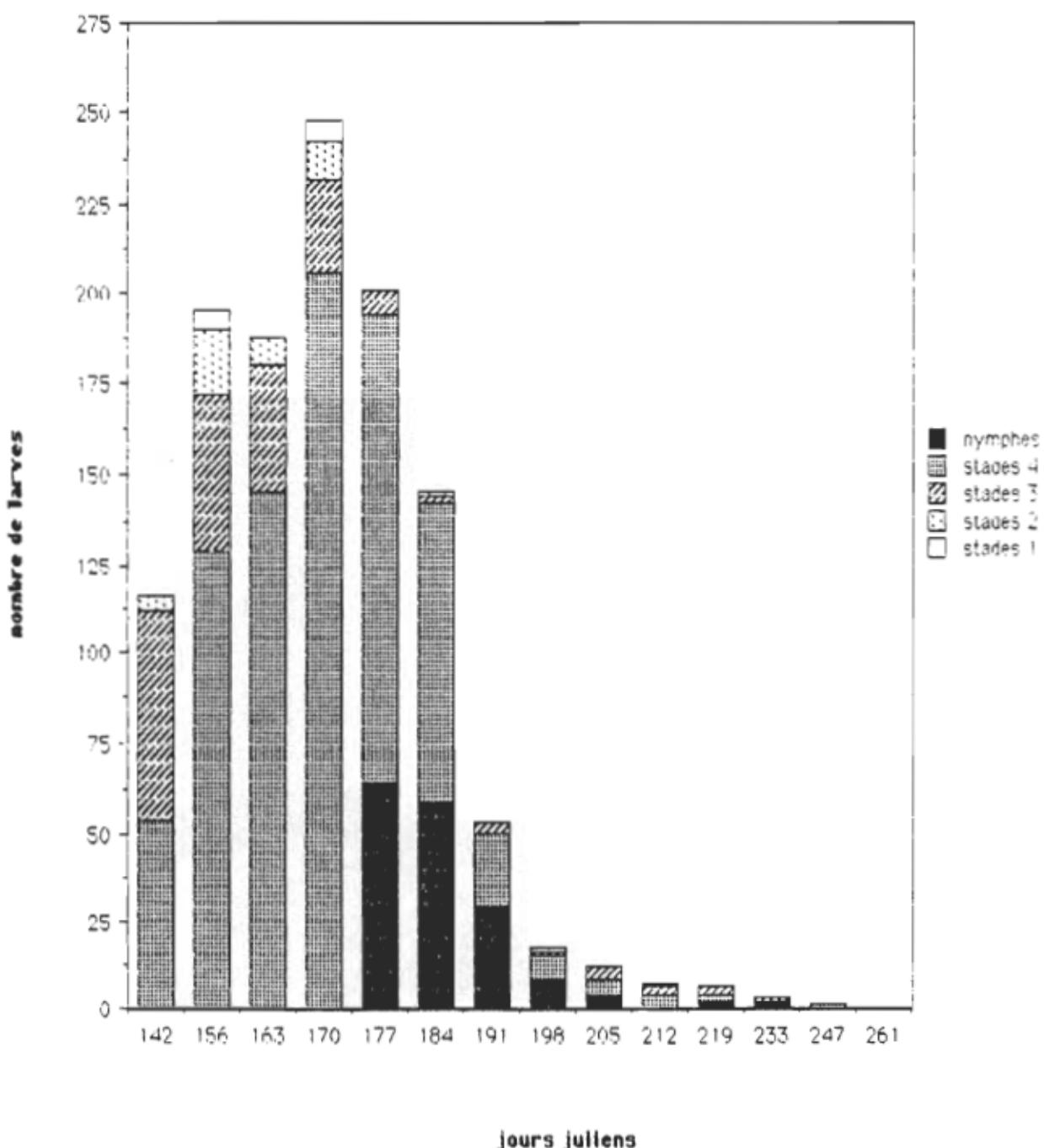
Annexe I

Nombre de larves d'*Ae triseriatus* de chaque stade trouvées dans le pneu PPL1



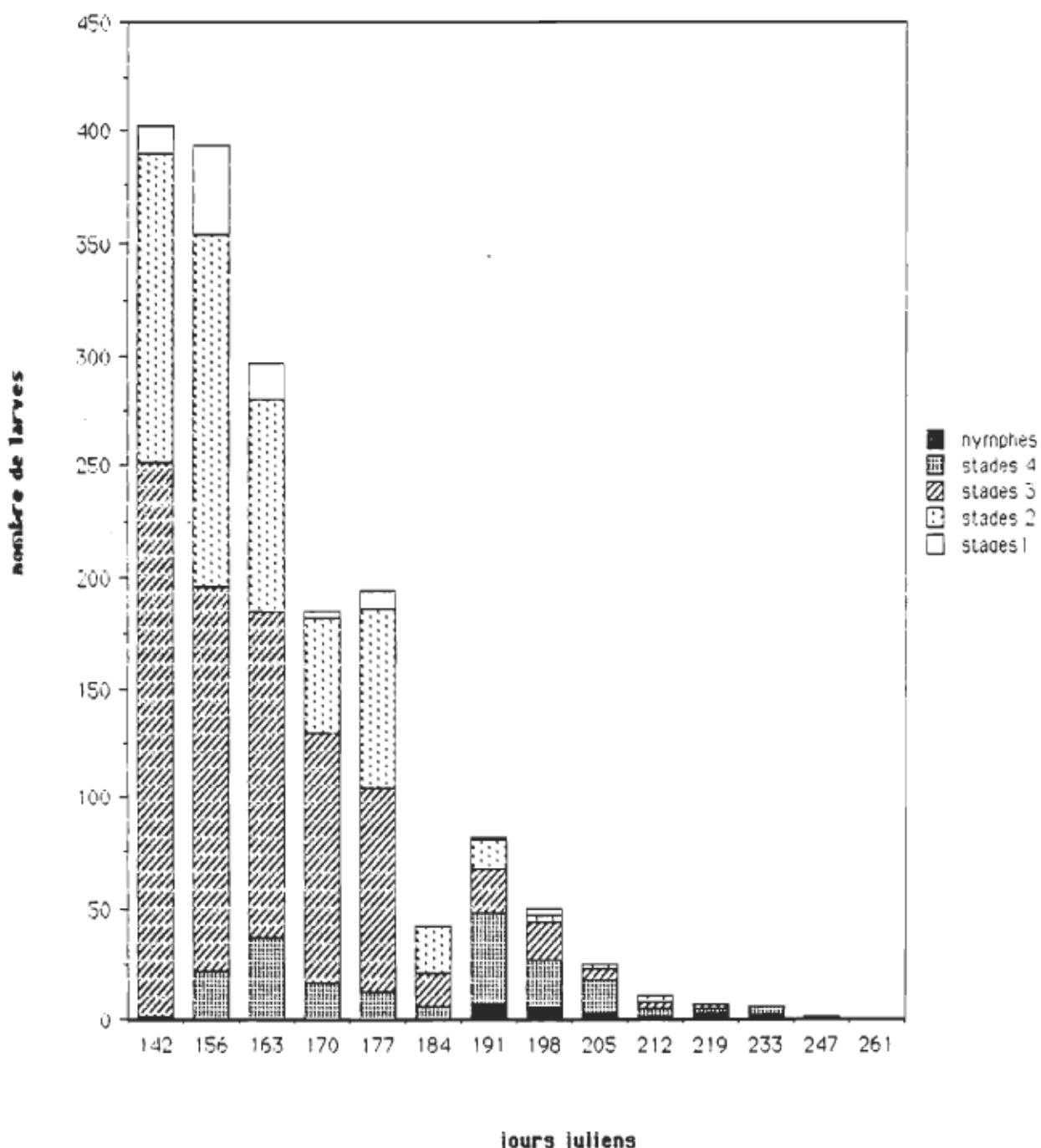
Annexe J

Nombre de larves d'*Ae triseriatus* de chaque stade trouvées dans le pneu PPL2



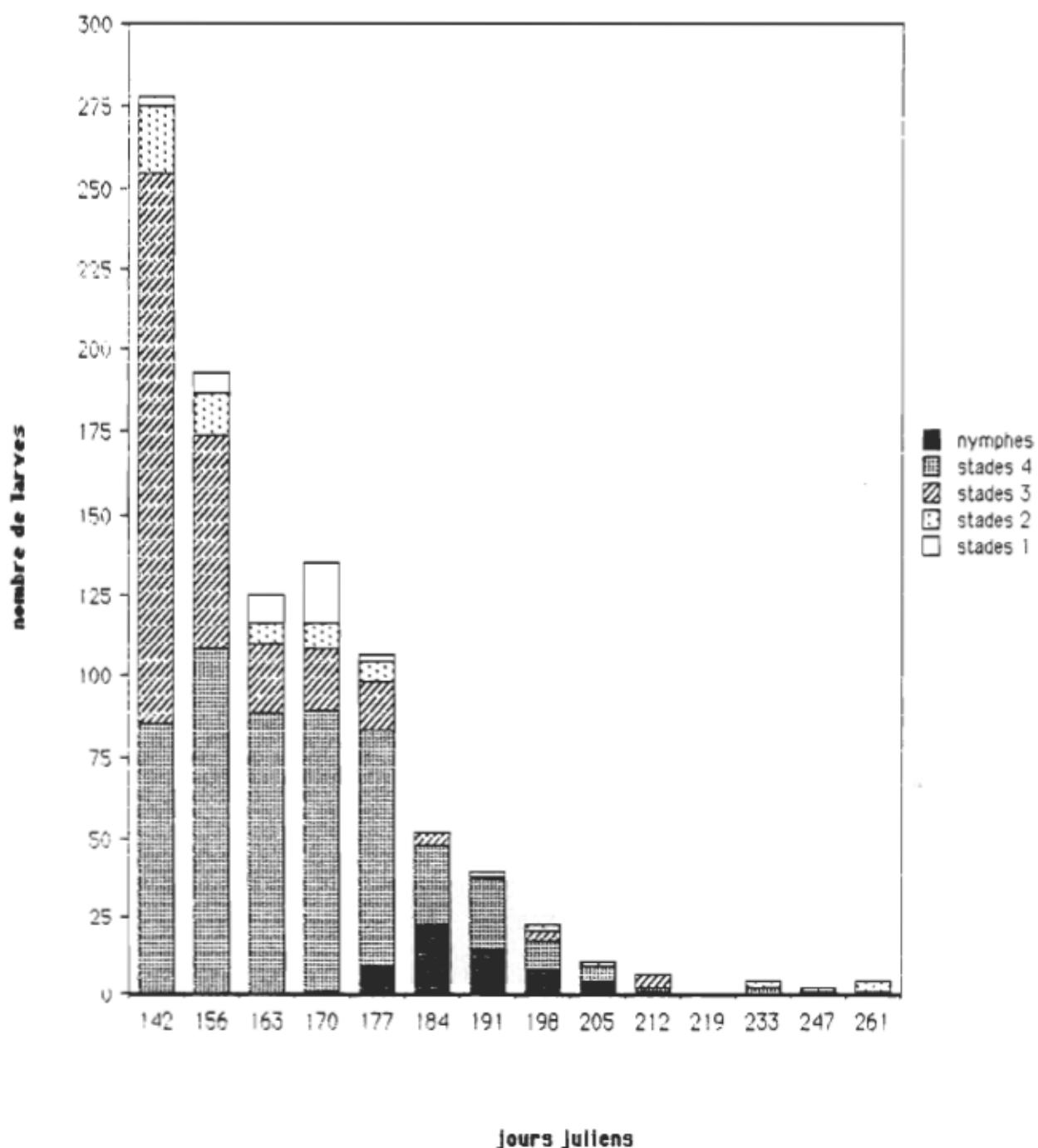
Annexe K

Nombre de larves d'*Ae triseriatus* de chaque stade trouvées dans le creux CTR1



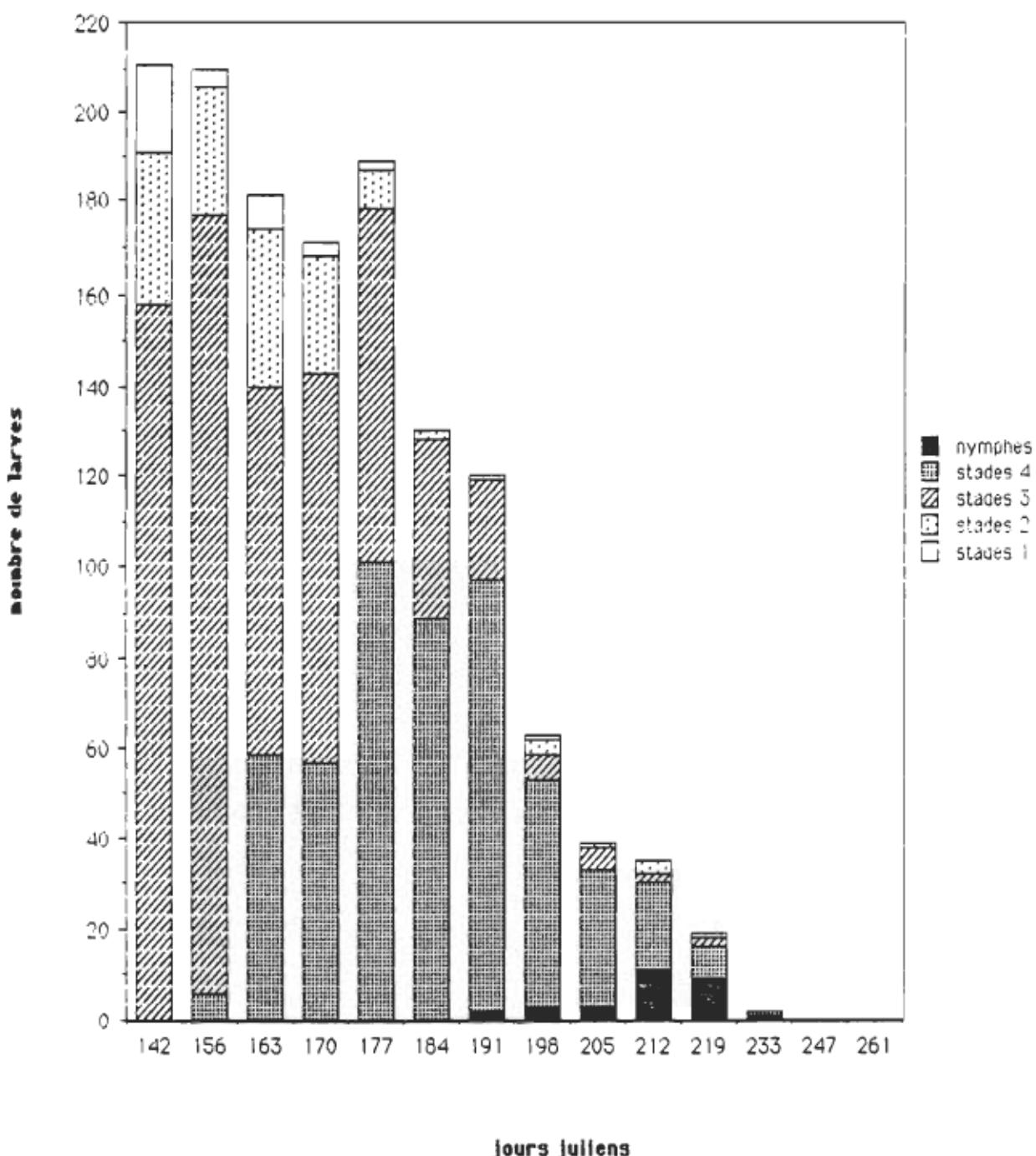
Annexe L

Nombre de larves d'*Ae triseriatus* de chaque stade trouvées dans le creux CTR2

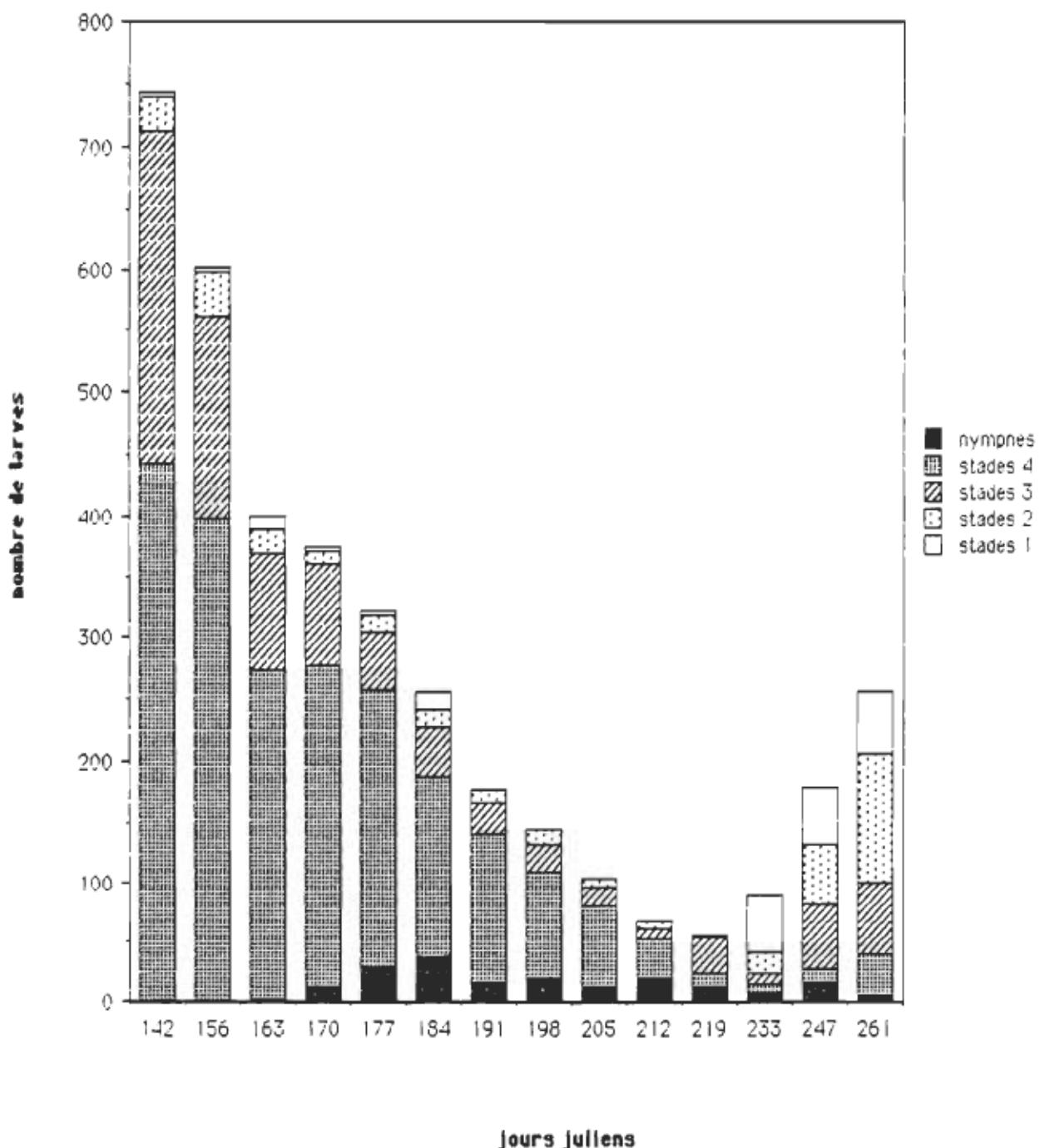


Annexe M

Nombre de larves d'*Ae triseriatus* de chaque stade trouvées dans le creux CTR3

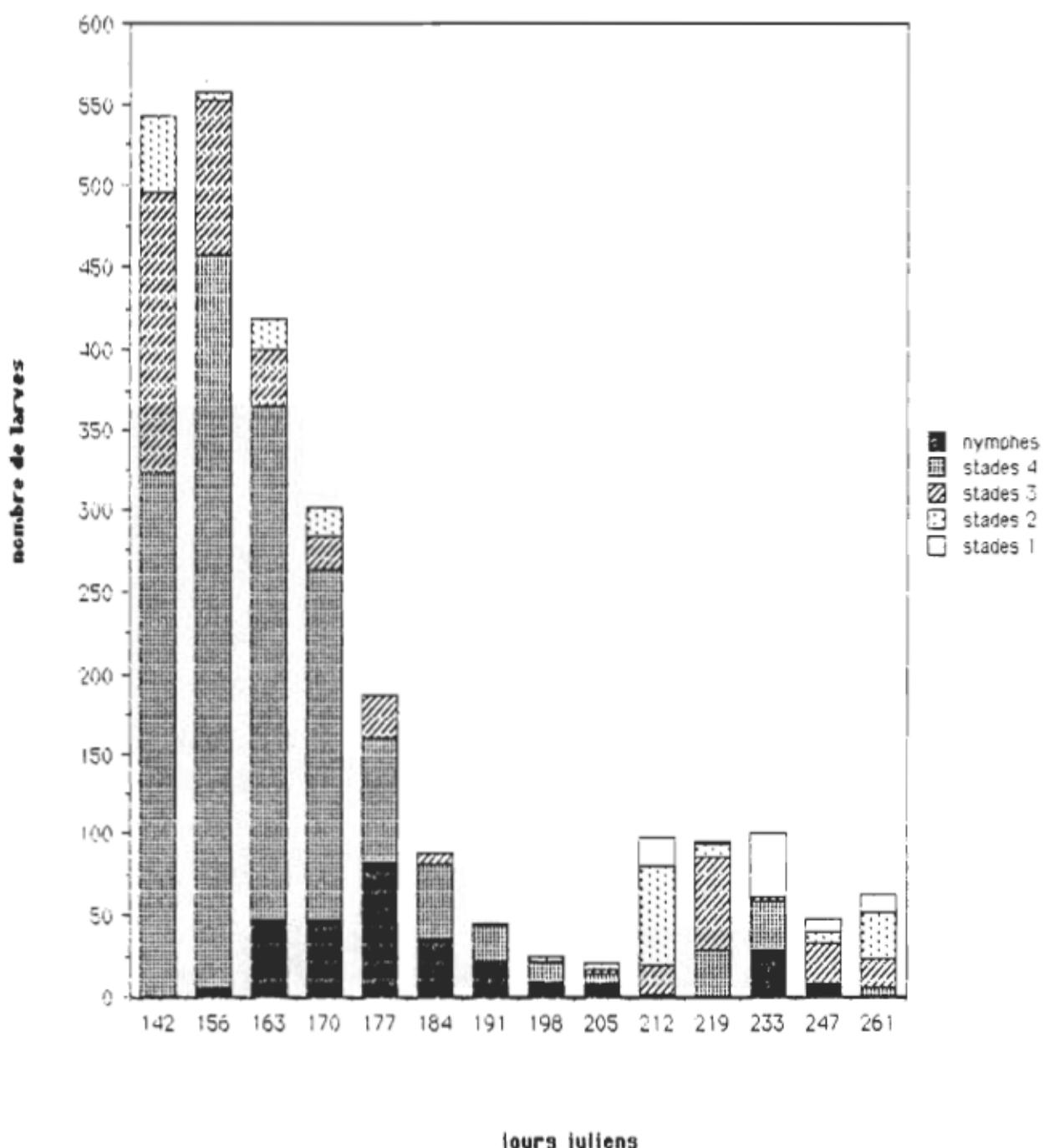


Nombre de larves d'*Ae triseriatus* de chaque stade trouvées dans le creux CTR4



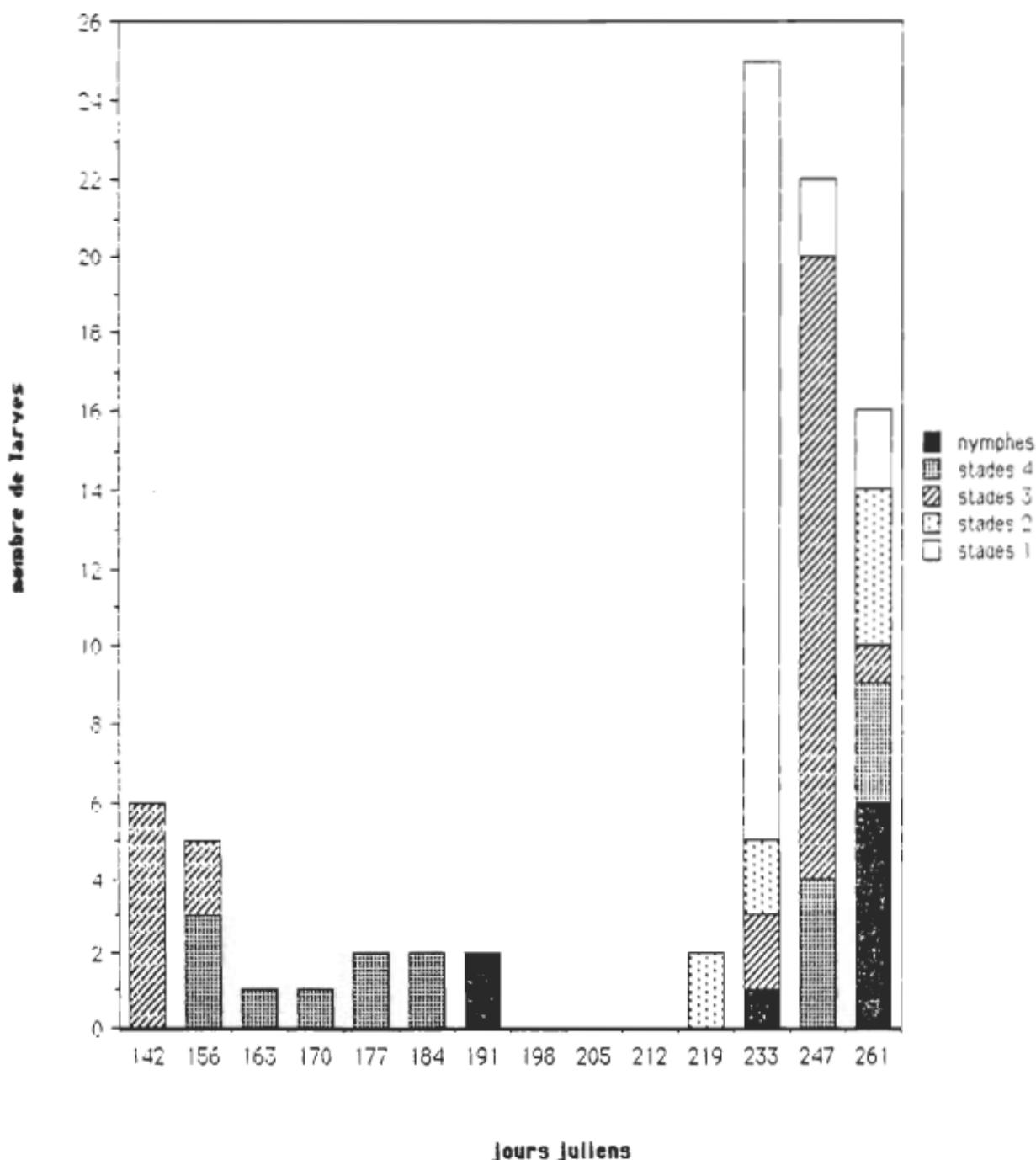
Annexe O

Nombre de larves d'*Ae triseriatus* de chaque stade trouvées dans le creux CSF1



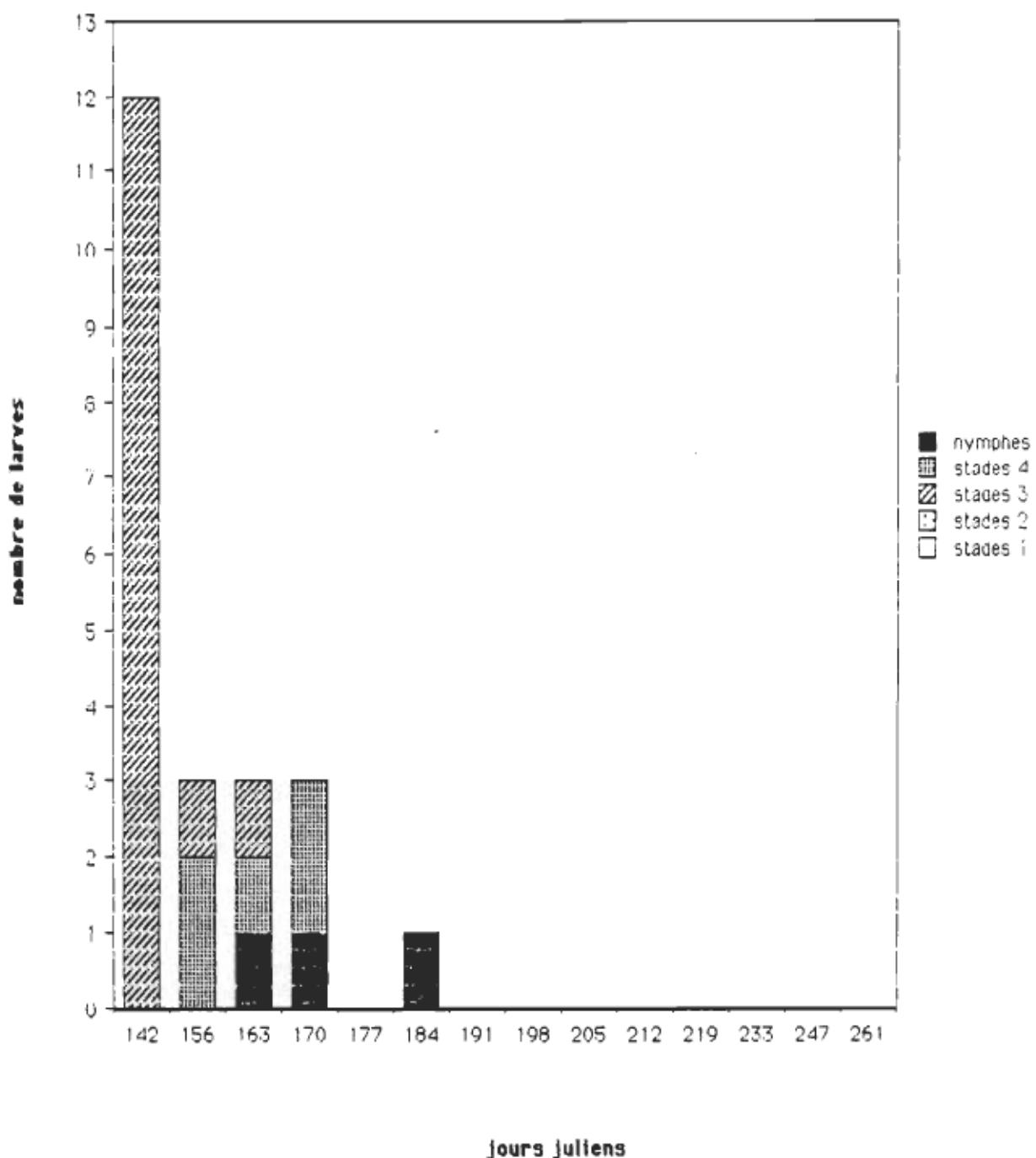
Annexe P

Nombre de larves d'*Ae triseriatus* de chaque stade trouvées dans le creux CSF2



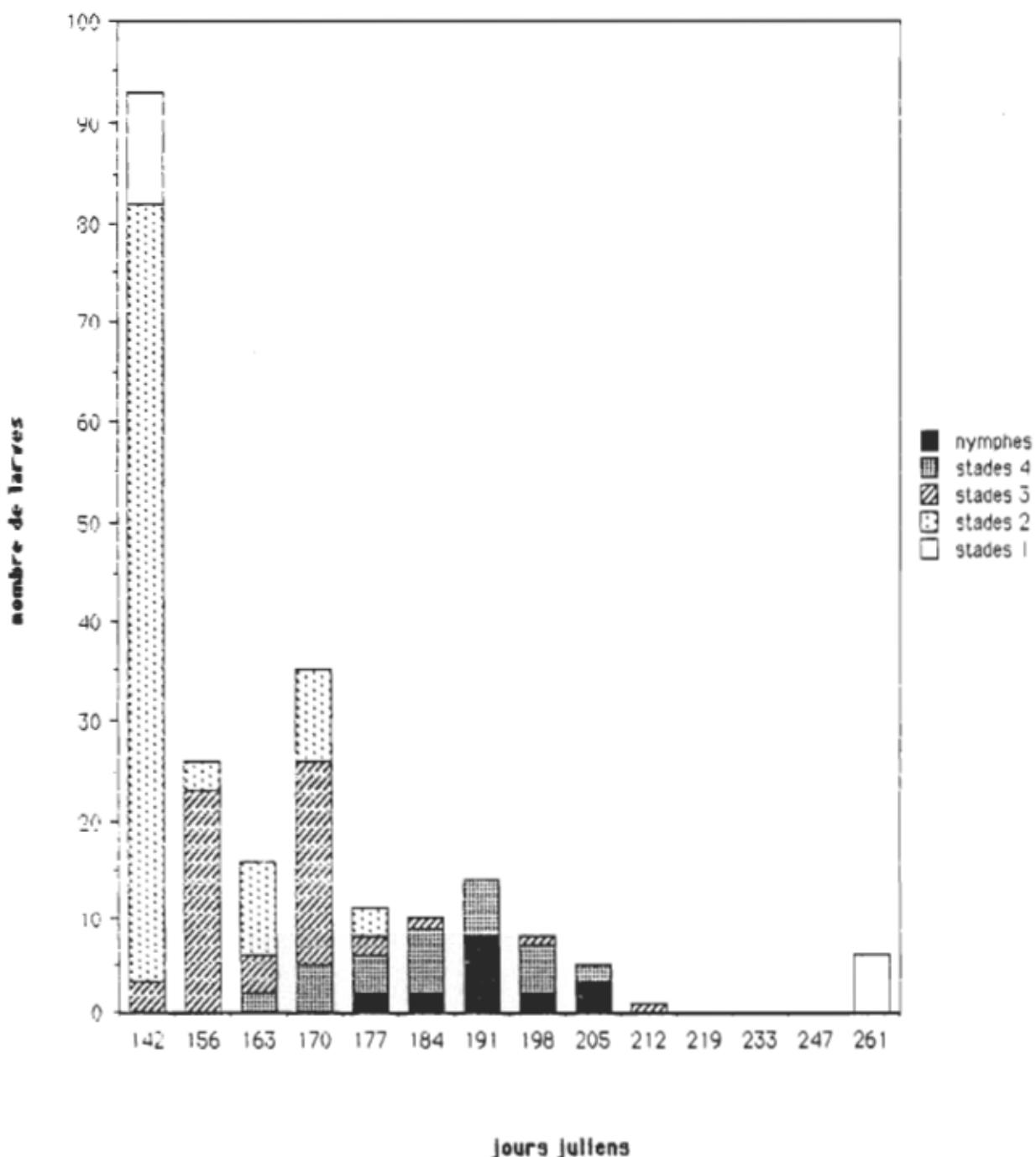
Annexe Q

Nombre de larves d'*Ae triseriatus* de chaque stade trouvées dans le creux CSF3



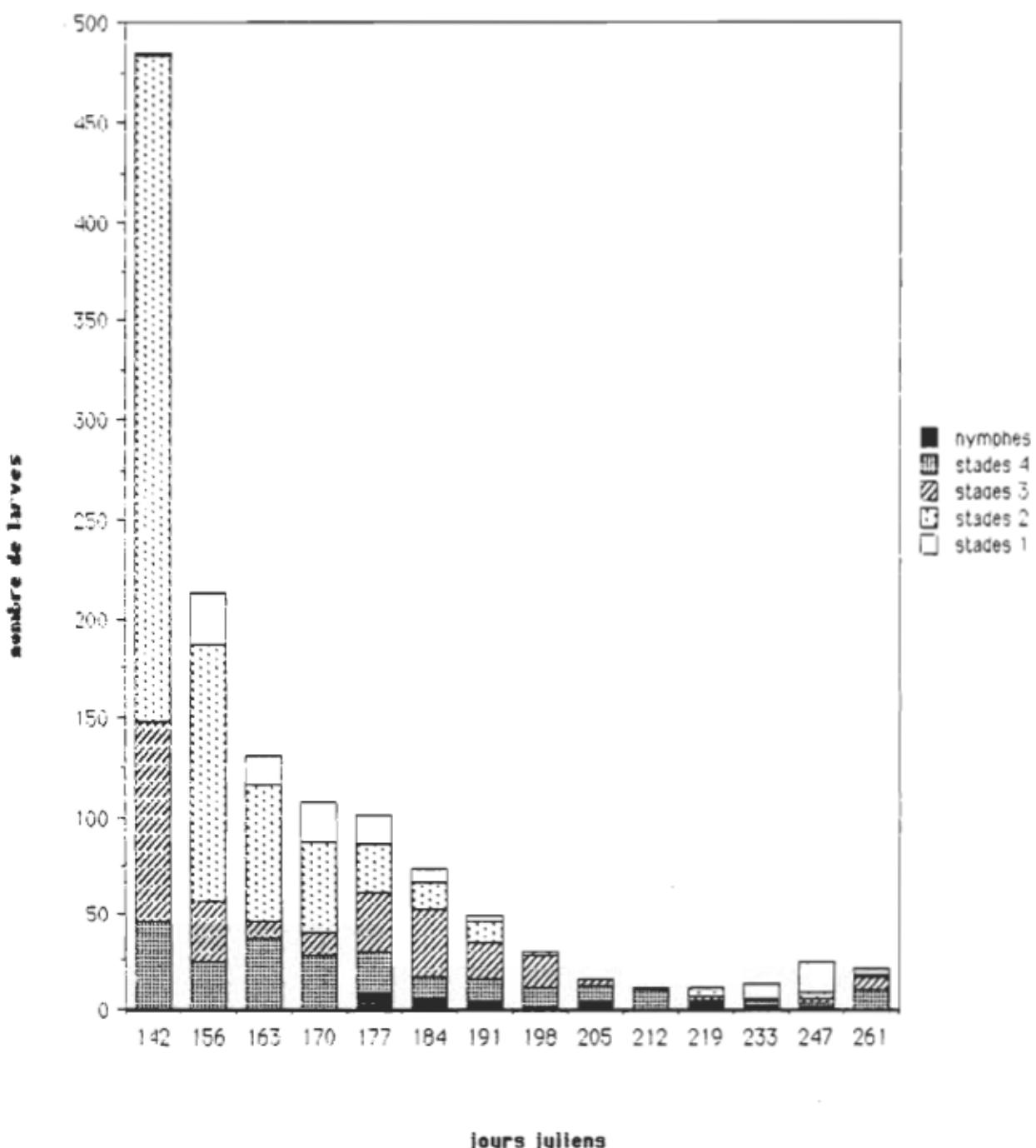
Annexe R

Nombre de larves d'*Ae triseriatus* de chaque stade trouvées dans le creux CSF4



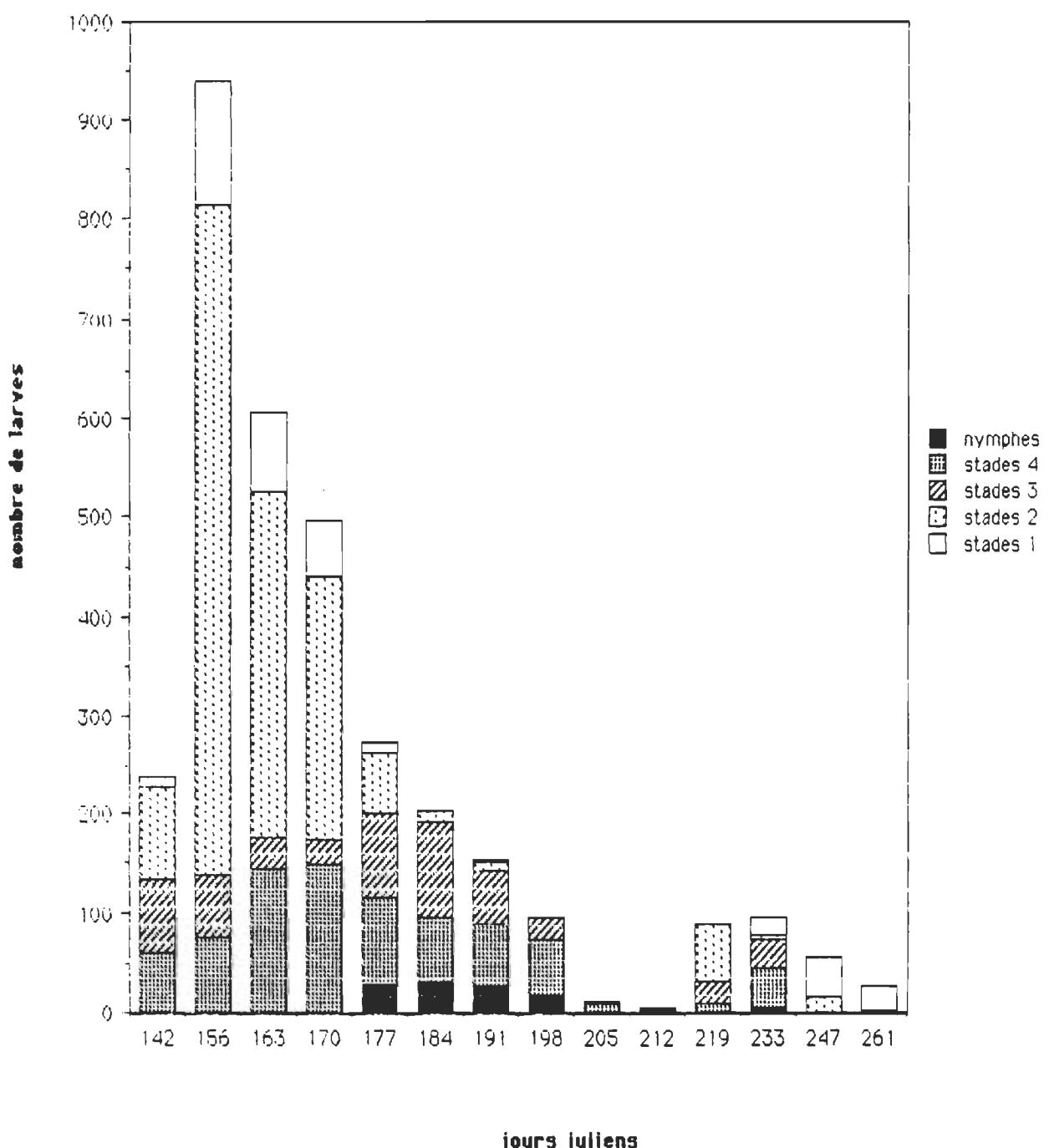
Annexe S

Nombre de larves d'*Ae triseriatus* de chaque stade trouvées dans le creux CC1



Annexe T

Nombre de larves d'*Ae triseriatus* de chaque stade trouvées dans le creux CC2



Annexe U

Nombre de larves d'*Ae triseriatus* de chaque stade trouvées dans le creux CQ1

