

4 — Influence de la plante nourricière sur différents paramètres du développement larvaire du ver à soie, *Borocera cajani* : un cas d'étude sur plants de *tapia* et de *voafotsy*

Leslie WILMET, Éric HAUBRUGE, François J. VERHEGGEN

De nombreuses espèces végétales et animales sont endémiques de Madagascar. Parmi elles, se trouve le ver à soie sauvage *Borocera cajani* appartenant à la famille des Lasiocampidae et communément appelé par les Malgaches *landibe*. Il s'agit d'un insecte holométabole, endoptérygotes, polyphage et dont la croissance larvaire se fait par l'intermédiaire de cinq mues successives suivies d'une métamorphose complète au stade nymphal avant d'aboutir au stade adulte, le papillon nocturne. L'habitat principal du *landibe* sont des forêts principalement composées d'une espèce végétale endémique à Madagascar : le *tapia* (*Uapaca bojeri*, Euphorbiaceae). Cet écosystème forestier a pendant longtemps été perturbé et menacé. Aujourd'hui, dans la région d'Arivonimamo, des procédures pour assurer sa protection sont mises en place et les Associations Communautaires de Base (COBA) se chargent de les faire respecter. Ce document se focalise sur l'étude du cycle larvaire de *B. cajani* et de l'influence de deux plantes nourricières, le *tapia* et le *voafotsy* (*Aphloia theiformis*), sur son développement. Des essais comportementaux visant à démontrer les préférences alimentaires ont également été réalisés. Les résultats obtenus nous ont permis de mettre en évidence l'influence de la plante nourricière sur certains paramètres du cycle de développement du *landibe*. La comparaison d'élevages en conditions naturelles et en laboratoire a montré une influence du milieu sur la taille des individus. Enfin, nous avons montré que les larves élevées sur *voafotsy* montrent une préférence pour cette plante hôte, lorsque mises en présence de *voafotsy* et de *tapia*. Les publications et les connaissances scientifiques actuelles sur *Borocera cajani* sont encore trop superficielles. La présente recherche apporte donc des informations supplémentaires et essentielles sur la connaissance de la chenille du *landibe*, qui, pour ne pas être vouée à disparaître dans la zone d'Arivonimamo, devrait bénéficier d'un statut légal de protection.

Influence of host plant species on *Borocera cajani* larval development: a case study using *tapia* (*Uapaca bojeri*) and *voafotsy* (*Aphloia theaeformis*)

Many plant and animal species are endemic in Madagascar. Among them, the silk moth *Borocera cajani*, commonly named *landibe*, which belongs to the Lasiocampidae family. It is a polyphagous insect, with five larval stages followed by a complete metamorphosis in the pupal stage to turn into an adult; a nocturnal butterfly. *Landibe*'s principal habitat is composed of an endemic plant species in Madagascar: *tapia* (*Uapaca bojeri*, Euphorbiaceae). For a long time, this ecosystem was disturbed and seriously threatened. Today, in the area of Arivonimamo, procedures to ensure its protection exist and the "Associations Communautaires de Base" (COBA) are in charge of their respect. Activities related to silk industry can consist in important incomes for many families in the area of Antananarivo, increasing their standard of living. This research aims at increasing our general knowledge on *Borocera cajani* and more especially on its larvae cycle. We studied the influence of two feeding plants, *tapia*

and *voafotsy* (*Aphloia theiformis*), on several parameters of the larvae development cycle, and we compared wild and laboratory breeding. Preference tests have also been carried out in the laboratory. Results showed that feeding plants influence some of the parameters of the *landibe*'s development cycle. Wild and laboratory breeding comparison revealed an influence on animal size. Preference tests showed that larvae, which grow up on *voafotsy*, developed a preference for this feeding plant. Current publications and scientific knowledge on *Borocera cajani* are still too limited. This study brings complementary and essential information on *landibe*, which should receive legal protection status in order to avoid its extinction.

4.1. INTRODUCTION

Depuis des millions d'années, les différentes espèces de Madagascar ont évolué sans aucune influence extérieure. Suite à cette situation particulière, la cinquième plus grande île du monde se caractérise par un niveau d'endémisme extraordinaire et représente l'un des plus importants *Hot Spots* de biodiversité (Myers et al., 2000; Blanc-Pamard et al., 2003; Mittermeier et al., 2008). Cependant, les écosystèmes d'une richesse exceptionnelle de Madagascar sont menacés principalement par la déforestation et par d'importants phénomènes d'érosion (Blanc-Pamard et al., 2003). Parmi ces écosystèmes, dans les massifs des Hautes Terres malgaches, une formation végétale sclérophylle et endémique se présentant sous forme de forêt claire ou de savane boisée et dont l'espèce principale est le *tapia* (*Uapaca bojeri*, Euphorbiaceae), attire particulièrement l'attention. Cette forêt couvre une surface estimée à 2 600 km² et se répartit de l'Imamo au Nord, jusqu'à l'Isalo au Sud, en passant par le Col des Tapia et la région d'Itremo (Kull et al., 2005) (**Figure 8.1**, page 104). La forêt de *tapia* joue un rôle important dans la vie des communautés rurales qui en exploitent les produits ligneux et non ligneux. Le ver à soie sauvage et endémique de Madagascar, *Borocera cajani*, communément appelé *landibe* constitue l'une de ces ressources (Randrianarisoa et al., 2008). Depuis des temps ancestraux, et aujourd'hui encore, cette espèce séricigène est prisée par les villageois qui consomment sa chrysalide et tissent de somptueux linceuls à partir de la soie sauvage du *landibe* (Grangeon, 1906). Parmi les Lasiocampidae de Madagascar, le genre *Borocera* est celui dont la description est la plus ancienne. Ce genre ne représente en réalité qu'une petite partie des nombreuses espèces à caractères généraux très proches, avec un dimorphisme sexuel marqué chez les adultes (De Lajonquière, 1972). *B. cajani* est un insecte holométabole, endoptérygotes dont la croissance larvaire se fait par l'intermédiaire de cinq mues successives suivies d'une métamorphose complète au stade nymphal avant d'aboutir au stade adulte ou imago : le papillon nocturne (Paulian, 1950) (voir **Figure 4.1**). Dans la région d'Imerina, le *landibe* est bivoltin ce qui signifie qu'il fait deux cycles complets par an. L'un s'effectue durant la saison chaude et couvre la période de décembre à mars, tandis que l'autre, d'une durée plus longue, s'étend de mars à décembre (Fauchère, 1910; Diez, 2008; Razafimanantsoa, 2008). Le papillon ne se nourrit pas durant sa courte vie d'adulte, mais la larve de *landibe* quant à elle, est réputée pour ses mœurs très polyphages. Elle possède tout de même ses préférences et l'on citera le *tapia* comme sa nourriture de prédilection. Des espèces telles que l'ambrevade, le *voafotsy* (*Aphloia theiformis*) ou encore le goyavier sont également très prisées (Kull et al., 2005).

Des recherches ont permis d'augmenter les connaissances actuelles sur *Borocera cajani* mais il existe encore relativement peu de données précises sur sa biologie et son écologie

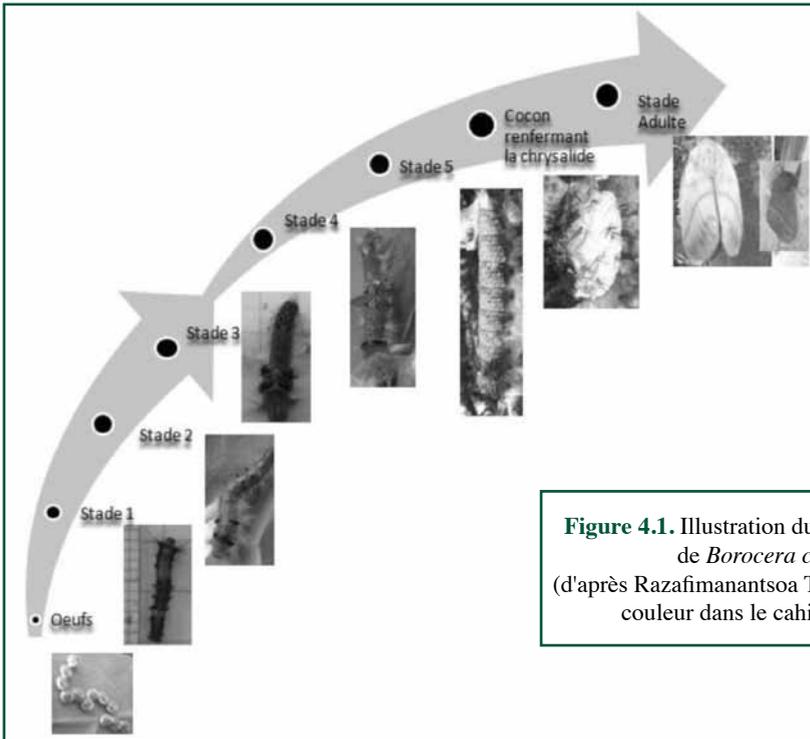


Figure 4.1. Illustration du cycle biologique de *Borocera cajani*. (d'après Razafimanantsoa T., 2008 ; reprise en couleur dans le cahier couleur).

(Razafimanantsoa, 2008). De plus, de fortes pressions anthropiques pèsent sur son habitat principal ; les forêts de *tapia*. Ces menaces se traduisent principalement par une récolte excessive de bois de chauffe, un nombre croissant de feux de brousse et une collecte abusive des cocons de vers à soie sauvages (Randrianarisoa et al., 2008). Suite à cela, ainsi qu'au Plan d'Action Environnemental (PAE) de Madagascar dont l'un des axes se focalise sur le ralentissement de la dégradation des ressources naturelles, une loi cadre 96/025 traitant de la Gestion Locale Sécurisée (GELOSE) a été adoptée en 1996 (Langlois, 2001 ; Blanc-Pamard et al., 2003 ; Sarrasin, 2009). Cette loi implique un transfert de gestion des ressources naturelles aux Associations Communautaires de Base (COBA) et donne la possibilité à ces acteurs directs de gérer durablement les ressources qui les entourent (CITE/BOSS Corporation, 2009). Actuellement, des réunions et des débats sont organisés afin de gérer les forêts de *tapia* de façon participative et pour aboutir à une prise de décisions. Dans cette optique, la tentative de gestion s'applique donc à l'entièreté d'un écosystème (Diez, 2008).

Ainsi, la présente étude vise à augmenter nos connaissances sur *B. cajani* et, plus particulièrement, à apporter des informations nouvelles sur la durée de son cycle biologique ainsi que sur les diverses caractéristiques de ses cinq stades larvaires. Une éventuelle influence de la plante nourricière sur le développement larvaire de ce Lasiocampidae est recherchée par la réalisation d'élevages en laboratoire et en conditions naturelles. Des tests de préférence sont également conduits afin de déterminer si les larves de *B. cajani* font preuve d'une « mémoire nutritive ». Ces tests permettent de savoir si une larve élevée sur un certain type de plante a une tendance naturelle à toujours être attirée par cette dernière, ou si, au contraire, un changement comportemental apparaît naturellement.

4.2. MÉTHODE

4.2.1. Site d'étude

L'élevage en laboratoire et les tests de préférence de plante hôte ont été réalisés au sein de l'École Supérieure des Sciences Agronomiques, Département Eaux & Forêts, de l'Université d'Antananarivo. L'élevage en nature quant à lui a été réalisé dans la province d'Antananarivo II, située dans la partie centrale de Madagascar. La zone investiguée se localise plus précisément dans les formations de *tapia* à proximité du village d'Amby situé dans la commune d'Arivonimamo II, à une quarantaine de kilomètres à l'ouest d'Antananarivo. Il est localisé par le cercle sur la carte de la **figure 4.2** (voir cahier couleur).

4.2.2. Élevage en laboratoire

• Matériel

Matériel technique

Le principe de la méthode d'élevage est similaire à de nombreux procédés d'élevage utilisés en laboratoire (Loreau, 1984).

Les cages d'élevage ont été réalisées de la manière suivante. Chaque individu a été posé sur un rameau d'un échantillon végétal, lui-même placé dans un gobelet rempli d'eau et recouvert d'un film cellophane pour éviter la chute de la chenille et de ses excréments dans l'eau. Le tout a alors été placé dans une boîte en plastique d'un volume de 2 l, recouverte d'un voile maintenu à l'aide d'un élastique (**Figure 4.3**). Chaque microcosme a été placé sur une étagère exposée aux néons lumineux reproduisant une photopériode et une température les plus proches possible des conditions naturelles. Pour cela, une minuterie a été utilisée permettant un allumage des néons durant 8 heures par jour (de 8 h à 16 h). La température ainsi que l'hygrométrie ont régulièrement été contrôlées à l'aide d'un thermo-hygromètre.



Figure 4.3. Dispositif d'élevage de *Borocera cajani*.
© Wilmet L., 2010.

Matériel biologique

Les individus utilisés pour effectuer cet élevage provenaient tous du village d'Amby dans la région d'Arivonimamo II. Les premiers œufs ont été obtenus grâce à l'isolation de deux cocons femelles et de la facilitation de la fécondation après l'émergence du papillon. Les œufs issus de la ponte (datant du 27 février 2010), ont été transportés au laboratoire d'Antananarivo pour y attendre l'éclosion. Deux opérations similaires ont ensuite été effectuées au cours de la semaine du 22 mars 2010 et du 5 avril 2010. Finalement, des larves de premier stade ont été récoltées sur *tapia* (*Uapaca bojeri*) et sur *voafotsy* (*Aphloia theiformis*) le 16 avril, puis ramenées au laboratoire.

Matériel végétal

Les rameaux de *tapia* et de *voafotsy* utilisés pour la nutrition des larves provenaient également de la région d'Amby. Chaque semaine, lors de la descente sur le terrain, une quantité suffisante de rameaux frais a été récoltée. Ils ont ensuite été protégés de la lumière dans un sac en plastique refermé sur la base des tiges, elles-mêmes plongées dans un seau d'eau. Cette technique a permis de conserver un certain niveau de fraîcheur aux échantillons végétaux.

• Méthode

En ce qui concerne le suivi périodique de *B. cajani*, les expériences ont été effectuées trois fois par semaines, à savoir les mardis, vendredis et dimanches. Chaque manipulation consistait à :

- peser et mesurer la larve ;
- compter et peser ses excréments ;
- décalquer la surface de feuille mangée ;
- placer dans le microcosme un nouveau rameau dont le nombre et la taille des feuilles auront été préalablement notés.

L'ensemble de ces mesures a été effectué sur chaque larve individuellement et toutes les remarques ou observations ont également été notées. Ainsi, les dates des mues de chaque individu ont été recensées.

• Analyse des données

L'analyse de la variance à deux facteurs de classification (AV2) permet de comparer les moyennes de la taille, de la consommation et de la durée des stades larvaires en fonction des stades et de la plante nourricière : le *tapia* ou le *voafotsy*. Le modèle utilisé est croisé, fixe, et les facteurs « stade » et « plantes » sont tous deux qualitatifs. Ces AV2 se basent sur l'hypothèse nulle, qui suppose une absence de variation, tant en fonction de la plante nourricière que du stade, entre les deux catégories de larves. Le rejet de cette hypothèse traduira donc une influence des paramètres étudiés.

Chacun des tests est réalisé à l'aide du logiciel Minitab15 selon la même procédure préliminaire que pour les AV3.

4.2.3. Élevage en nature

L'élevage en nature a été réalisé afin d'avoir également un suivi du cycle larvaire du *landibe* dans son milieu naturel. Cette expérience apporte des données qui pourront être comparées avec celles du laboratoire et serviront ainsi de test de référence.

- *Matériel*

Chaque chenille a été isolée sur un rameau de *tapia* à l'aide d'un manchon de voile maintenu par une armature métallique comme l'illustre la **figure 4.4**. Le matériel nécessaire pour parvenir à ce résultat se composait de fil de fer, de voile et de matériel biologique.

Les chenilles placées dans chaque manchon provenaient toutes du village d'Amby. Lors de cette période, seuls quelques individus que l'on peut qualifier de retardataires sont encore au stade 1 et ces derniers sont donc relativement rares. Pour cette raison, la manipulation a débuté avec deux larves de stade 3 et huit larves de stade 2.



Figure 4.4. Manchon d'élevage en nature.
© Wilmet L., 2010.

- *Mesures*

Les mesures ont été effectuées à raison d'une fois par semaine durant six semaines. La taille des individus, la présence d'une mue ainsi que la quantité de feuilles consommées ont été soigneusement notées. Après chaque mesure, les manchons sont replacés sur un nouveau rameau dont les feuilles un peu abîmées ou partiellement mangées ont été enlevées.

- *Analyse des données*

Des tests *t* ou tests de Student ont été réalisés afin de comparer les tailles des larves d'élevage, et de celles élevées dans les manchons placés dans le milieu naturel. Les données des tests en nature ont été récoltées une fois par semaine, tandis que trois jours par semaine ont été accordés au laboratoire. Cette différence de méthode peut induire de fortes variations au niveau des données et engendrer une inégalité des variances. Pour cette raison, le test de Student est adopté afin de respecter cette éventuelle inégalité des variances.

Ces tests sont également réalisés à l'aide du logiciel Minitab selon la procédure habituelle de vérification des conditions d'application. Si l'égalité des variances s'avère tout de même respectée, le test reste d'application et n'en est que plus puissant. Lors de sa réalisation, l'option «*assume equal variances*» doit être cochée.

4.2.4. Test de préférence

- *Matériel*

Le matériel se composait de boîtes en plastique similaires à celles utilisées pour l'élevage ainsi que des feuilles fraîches de *tapia* et de *voafotsy*.

- *Méthode*

Les tests de préférence ont été effectués sur les quatre stades larvaires et sur des larves élevées sur *tapia* et d'autres qui proviennent du *voafotsy*. L'expérience a été répétée à plusieurs reprises afin d'obtenir un nombre satisfaisant de répétitions. Elle consistait à placer une larve de stade connu au centre d'une boîte. Dans celle-ci, une feuille de *tapia* a été placée du côté gauche et trois ou quatre feuilles de *voafotsy* du côté droit, car ces dernières sont sensiblement plus petites. Durant une heure, toutes les quinze minutes, la position de chacune des larves a été notée.

- *Analyse des données*

Le test χ^2 de Pearson, permet de comparer les faits observés avec ceux prévus pour deux échantillons, ou plus (Dagnelie, 1973).

On considère deux populations de chenilles de *B. cajani* au cinquième stade : la première est élevée sur *tapia*, et la seconde sur *voafotsy*. Le comportement de chacune de ces populations est observé toutes les 15 minutes durant une heure. Le test χ^2 permet de déterminer si la plante nourricière influence le choix des larves. L'hypothèse nulle, traduit un choix de la larve indépendant de la plante nourricière, tandis que le rejet de cette hypothèse montre une préférence pour l'une des deux plantes. Pour T=15 min, la probabilité que la larve aille sur le *tapia* ou sur le *voafotsy* est considérée égale. Pour les trois temps suivants, on considère la probabilité que la larve reste sur son premier choix ou se déplace, identique. La valeur de χ^2 est obtenue à l'aide de la formule suivante :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

avec : O = valeur observée, E = valeur attendue et n = nombre d'observation.

4.3. RÉSULTATS, INTERPRÉTATION ET DISCUSSION

4.3.1. Élevage en laboratoire

Les élevages en laboratoire ont permis de mettre différents facteurs en évidence, et de répondre à certaines questions. Il est important pour l'analyse des résultats dans la section qui va suivre, de garder à l'esprit que les stades 1 et 5 sont incomplets, et que leur interprétation doit donc être nuancée.

- *Analyse du taux de mortalité*

Le **tableau 4.1** renseigne un taux de mortalité de 31 % pour la totalité des chenilles mises en élevage. On remarque également une différence en fonction de la plante nourricière, et on notera finalement que les larves de stade 1 sont les plus touchées (**Tableau 4.2**).

Tableau 4.1. Pourcentage du taux de mortalité des chenilles élevées en laboratoire, par plante hôte.

Origine des larves	Taux de mortalité (%)
<i>Tapia</i>	43 (n = 23)
<i>Voafosty</i>	13 (n = 15)
Total	31 (n = 38)

Tableau 4.2. Taux de mortalité des chenilles élevées en laboratoire, pour chaque stade.

Stade	Taux de mortalités (%)
Stade 1	26 (n = 38)
Stade 2	5 (n = 38)
Stade 3	0
Stade 4	0
Stade 5	0

Ces observations aboutissent à la constatation d'un taux de mortalité élevé, principalement sur les jeunes larves. Cette fragilité des deux premiers stades larvaires et plus particulièrement du premier, avait été mise en évidence par Paulian (1953).

Les individus étudiés proviennent tous du même site et la probabilité du taux de mortalité est *a priori* la même, quel que soit le type d'élevage. Il faut signaler que les rameaux de *tapia*, une fois placés dans le microcosme, se conservaient moins bien que ceux du *voafotsy*. Cela justifierait un taux plus élevé de mortalité sur *tapia*, et la valeur totale de 43 % devrait donc peut-être, être revue à la baisse. Cette mortalité importante chez les jeunes chenilles est certainement due à l'absence de toute orientation olfactive ou visuelle à ce stade (Paulian, 1953), entraînant donc un jeûne forcé si l'insecte tombe au fond du microcosme et n'arrive plus à trouver la nourriture mise à sa disposition.

• Influence de la plante nourricière sur la durée des stades larvaires

L'analyse de la variance à deux facteurs de classifications a permis de conclure que la durée du développement larvaire n'est pas influencée par la plante hôte. En effet, le test statistique nous montre que l'interaction « stade * plante » (GLM : $F_{4,75} = 2,07$; $p = 0,093$), et le facteur « plante » (GLM : $F_{1,75} = 0,36$; $p = 0,548$) ne sont pas significatifs. Cependant, la durée de chacun des stades larvaires n'est pas égale (GLM : $F_{4,75} = 65,43$; $p < 0,001$). Une structuration des moyennes selon Newman et Keuls a été effectuée pour les différents stades larvaires : pour les deux plantes nourricières, la consommation moyenne est différente pour chaque stade (**Figure 4.5**).

On remarque en comparant les moyennes pour chacun des stades larvaires que la différence de durée de chaque stade larvaire est de l'ordre de deux jours. Cependant, aucune différence n'apparaît au stade 1 et 2 et la tendance s'inverse entre les stades 3 et 4. Pour les individus élevés sur *voafotsy*, le temps plus court du dernier stade s'explique par le fait qu'ils ont tous généralement atteint le stade 5 plus tardivement et que l'expérience n'a pas été jusqu'au stade chrysalide.

Une comparaison entre les stades, et non plus entre les plantes, indique une variation de leur durée. Les stades 4 et 5 sont les plus longs de la phase larvaire. Cette constatation correspond aux valeurs renseignées sur la **figure 4.5**.

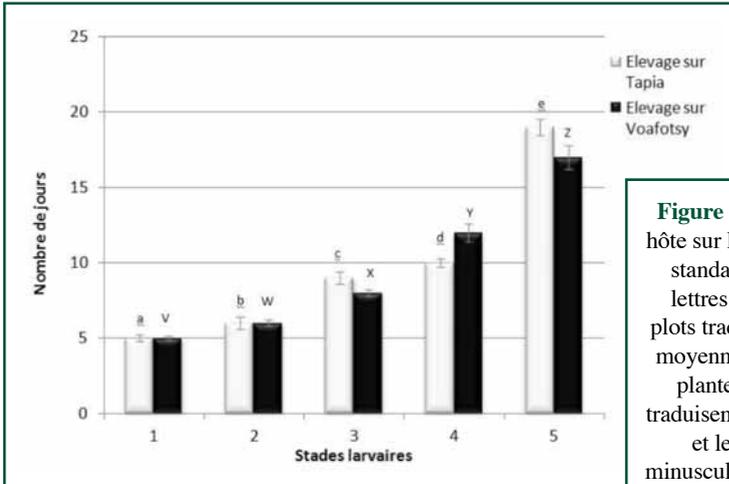


Figure 4.5. Influence de la plante hôte sur la durée moyenne (\pm erreur standard) de chaque stade. Les lettres indiquées au-dessus des plots traduisent la structuration des moyennes des stades pour chaque plante : des lettres différentes traduisent des moyennes différentes et les lettres majuscules et minuscules doivent être considérées indépendamment les unes des autres.

La durée du stade 5 semble anormalement longue. En effet, en saison hivernale, celui-ci dure environ 16 jours (Razafimanantsoa, 2008) et nous observons ici une durée moyenne de 18 jours sur *tapia* et de 17 jours sur *voafotsy*, sans parvenir au stade chrysalide. Ce phénomène est certainement lié aux conditions de captivité des larves : la même constatation a été effectuée par Razafimanantsoa (2008) lors de l'élaboration d'un élevage en cages et en maisons d'élevage.

Nos résultats nous indiquent une absence d'influence de la plante hôte sur la durée de chaque stade larvaire ainsi qu'une durée inégale des différents stades. Les conditions de captivité en laboratoire ne sont pas favorables à un bon développement du cycle du *landibe*, et ce facteur influence directement la durée des stades larvaires.

- *Variation de la consommation des larves en fonction de la plante nourricière*

L'analyse de la variance à deux facteurs de classifications (AV2) a montré une interaction significative entre les facteurs « stade » et « plante » (GLM : $F_{4,74} = 4,77$; $p = 0,002$). Cette AV2 a donc été décomposée en cinq AV1 (une par stade) dont le facteur est la plante nourricière. Les tests statistiques nous renseignent alors un effet de la plante nourricière uniquement sur la consommation moyenne des larves de stade 2 (ANOVA : $F_{1,15} = 6,02$; $p = 0,027$) et de stade 4 (ANOVA : $F_{1,15} = 13,76$; $p = 0,002$). Les individus des stades 1, 3 et 5, ne présentent pas cette différence (ANOVA respectives : $F_{1,15} = 0,54$ et $p = 0,473$; $F_{1,15} = 0,18$ et $p = 0,678$; $F_{1,15} = 1,07$ et $p = 0,317$). Une structuration des moyennes selon Newman et Keuls a été effectuée pour le facteur stade ; pour les deux plantes nourricières, la consommation moyenne des larves est différente pour chaque stade.

Par la seule observation de la **figure 4.6**, on remarque qu'après le stade 3, la tendance est toujours la même : les larves vivants sur *voafotsy* consomment plus que celles sur *tapia*. Les résultats statistiques permettent de conclure à une absence de réelle variation de la consommation en fonction de la plante nourricière. En effet, une différence apparaît uniquement pour deux stades, et dans des proportions inversées.

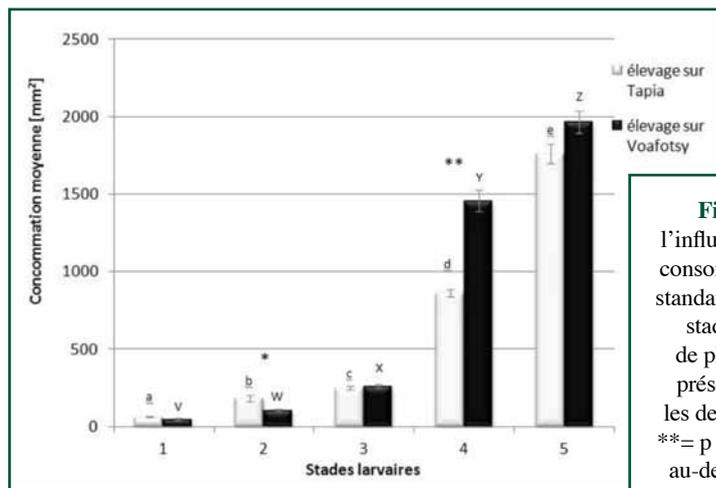


Figure 4.6. Évaluation de l'influence de la plante hôte sur la consommation moyenne (\pm erreur standard) du *landibe* aux différents stades larvaires. Les couples de plots marqués d'astérisques présentent une différence avec les degrés suivants : * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$. Les lettres indiquées au-dessus des plots traduisent la structuration des moyennes des stades pour chaque plante : des lettres différentes traduisent des moyennes différentes et les lettres majuscules et minuscules doivent être considérées indépendamment les unes des autres.

Au stade 5, les moyennes de consommation sont respectivement de 1760 mm^2 et 1968 mm^2 pour le *tapia* et le *voafotsy* : une faible différence existe donc entre les deux types d'élevage. Il est envisageable que si l'expérience avait été menée jusqu'au stade chrysalide, et donc, avec une durée de stade 5 identique pour les deux types d'élevage, cette faible variation de surface consommée aurait pu être significative. Une fois de plus, pour analyser ces résultats de façon objective et pour éviter toute conclusion hâtive, nous rappelons qu'une fois placées dans le microcosme, les feuilles de *tapia* se conservaieent moins bien. Ce facteur peut influencer la fiabilité des résultats obtenus.

L'analyse directe des résultats semble démontrer que les larves élevées sur *voafotsy* consomment plus que celles élevées sur *tapia*. L'analyse statistique oblige à nuancer cette conclusion, car une différence de consommation moyenne n'apparaît que pour deux stades. De plus, la tendance de cette consommation est inversée pour ces deux stades.

• Influence de la plante nourricière sur la taille des larves

L'analyse de la variance à deux facteurs de classifications (AV2) montre une absence d'interaction entre les facteurs « stade » et « plante » (GLM : $F_{4,75} = 1,79$; $p = 0,14$). Cependant, les résultats montrent que la taille des individus augmente avec le stade (GLM : $F_{4,75} = 514,53$; $p < 0,001$), mais également, ils montrent l'influence de la plante hôte sur la taille moyenne des individus (GLM : $F_{1,75} = 10,1$; $p = 0,002$). La comparaison des moyennes pour le facteur « plante » dévoile une taille plus élevée pour les larves ayant grandi sur *voafotsy* ($\mu_{\text{tapia}} = 23,66 \pm 3,41 \text{ mm}$; $\mu_{\text{voafotsy}} = 25,42 \pm 3,40 \text{ mm}$). Afin de déterminer où se situent les différences au sein des stades larvaires, les statistiques descriptives sont utilisées. La comparaison des moyennes deux à deux pour chaque stade, montre que les larves de stades 3

et 4, élevées sur *voafotsy* sont plus grandes. Mais cette différence n'apparaît pas dans les autres stades larvaires (stade 1 : $\mu_1 = 8,84 \pm 0,23$ et $\mu_2 = 9,2 \pm 0,088$; stade 2 : $\mu_1 = 13,91 \pm 0,33$ et $\mu_2 = 14,70 \pm 0,27$; stade 3 : $\mu_1 = 18,61 \pm 0,55$ et $\mu_2 = 21,63 \pm 0,31$; stade 4 : $\mu_1 = 29,8 \pm 0,58$ et $\mu_2 = 35,21 \pm 0,8$; stade 5 : $\mu_1 = 47,15 \pm 0,99$ et $\mu_2 = 46,35 \pm 0,56$, avec 1 = *tapia* et 2 = *voafotsy*).

En début de croissance, l'espèce nourricière n'influence pas la taille des larves. Cependant, une différence commence à apparaître plus tard dans le cycle, comme observé aux stades 3 et 4. Dans nos résultats, cette différence n'est plus visible au stade 5, mais cela peut s'expliquer par le fait qu'aucune des larves n'a tissé son cocon lors de cette expérience. Il faut se référer à la **figure 4.7** : on y observe que le stade 5 des larves élevées sur *voafotsy* a été plus court que celui sur *tapia*. La même tendance qu'aux stades 3 et 4 aurait donc pu apparaître le stade chrysalide avait été atteint.

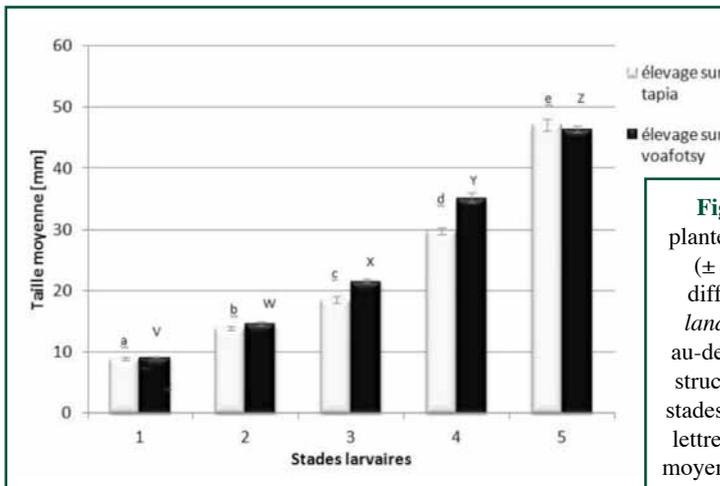


Figure 4.7. Influence de la plante hôte sur la taille moyenne (\pm erreur standard) pour les différents stades larvaires du *landibe*. Les lettres indiquées au-dessus des plots traduisent la structuration des moyennes des stades pour les deux plantes : des lettres différentes traduisent des moyennes différentes et les lettres majuscules et minuscules doivent être considérées indépendamment les unes des autres.

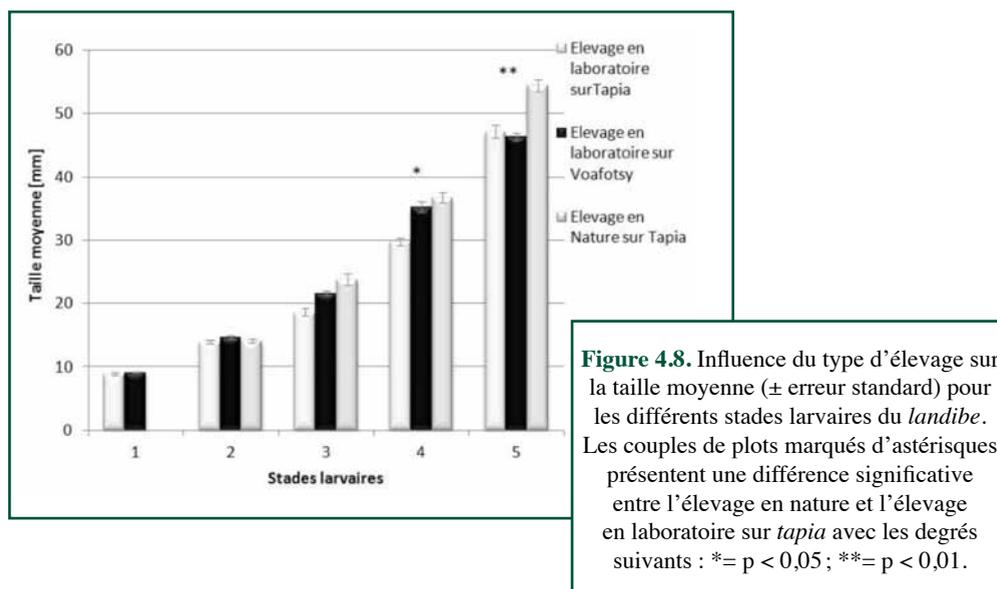
L'AV2 expose une taille moyenne plus grande pour les larves élevées sur *voafotsy*. Une consommation moyenne plus importante au stade 4 est observée pour les larves élevées sur *voafotsy*. Un parallèle peut donc être établi entre la taille moyenne et la consommation moyenne des larves : il semble exister un lien entre la quantité de nourriture ingérée et la taille des larves. Ce résultat est cependant à mettre en relation avec la qualité des rameaux présents dans chacune des cages. En effet, nous avons déjà abordé le thème de la différence de conservation entre les deux espèces végétales. Ce facteur « fraîcheur des rameaux végétaux » pourrait donc être la cause de cette variation de taille.

4.3.2. Élevage en conditions naturelles

Des individus isolés dans leur milieu naturel sont étudiés pour établir une comparaison entre deux élevages : l'un en milieu naturel, et l'autre en laboratoire.

Seules les tailles moyennes de chaque stade seront abordées dans cette section, car les données de l'élevage sont enregistrées à des intervalles trop grands pour pouvoir déterminer de façon précise la date de la mue. De même, la prise hebdomadaire de données a engendré une consommation totale de certaines feuilles présentes dans les cages en milieu naturel. Dès lors, il était impossible de calculer la surface consommée. En effet, la technique utilisée en laboratoire (décalquer les feuilles avant de les placer dans la cage d'élevage) était difficilement applicable en milieu naturel étant donné le nombre de feuilles à enregistrer.

La **figure 4.8** renseigne les tailles moyennes obtenues pour chacun des stades en fonction des types d'élevage. Sur cette figure, les moyennes pour les larves élevées en laboratoire sur *voafotsy* apparaissent également car il est intéressant d'observer la tendance générale : taille des larves élevées sur *tapia* en laboratoire inférieure à la taille des larves élevées sur *voafotsy* en laboratoire inférieure à la taille des larves élevées sur *tapia* en nature. Cependant, une véritable comparaison n'est pertinente que sur les larves élevées sur *tapia*.



Les tests *t* de Student réalisés sur les quatre derniers stades larvaires, montrent qu'aux stades 2 ($p = 0,811$) et 3 ($p = 0,028$), aucune différence n'existe, mais celle-ci apparaît aux stades 4 ($p = 0,006$) et 5 ($p = 0,033$), pour lesquels les larves en nature sont plus grandes.

Si l'on compare les tailles moyennes (stade 2 : $\mu_1 = 13,91 \pm 0,33$ et $\mu_2 = 14,13 \pm 0,31$; stade 3 : $\mu_1 = 18,61 \pm 0,55$ et $\mu_2 = 23,85 \pm 0,92$; stade 4 : $\mu_1 = 29,8 \pm 0,58$ et $\mu_2 = 36,74 \pm 0,76$; stade 5 : $\mu_1 = 47,15 \pm 0,99$ et $\mu_2 = 54,45 \pm 0,9$, avec 1 = *tapia* en laboratoire et 2 = *tapia* en nature) de chacun des stades étudiés, on remarque que dans tous les cas, les valeurs obtenues pour l'élevage en nature sont plus élevées. L'analyse statistique renseigne que cette différence est plus marquée pour les deux derniers stades. Cette constatation était prédite par la littérature. En effet, le *landibe* est réputé être une espèce vagabonde, difficile à élever, par opposition à *Bombyx mori*. En effet, les magnaneries de ce dernier ne conviennent pas au *landibe* (Anonyme, 1996).

4.3.3. Test de préférence

L'expérience est réalisée sur des larves de *Borocera cajani* de stade 5, élevées sur deux plantes nourricières distinctes : le *tapia* (*Uapaca boreji*) et le *voafotsy* (*Aphloia theiformis*). Elle permet de comparer le comportement de ces deux types de larves. Les résultats obtenus sont analysés à l'aide d'un test χ^2 permettant de mettre en évidence, si elle existe, une tendance comportementale. Nous signalons que c'est la position par rapport à chacune des plantes qui a été enregistrée, et en aucun cas, l'ingestion de ces dernières.

Le **tableau 4.3** reprend les valeurs du χ^2 , la valeur de probabilité, ainsi que le nombre d'individus utilisés pour chacun des tests effectués.

Tableau 4.3. Influence de la plante hôte sur le comportement des larves de *landibe* à cinq temps différents.

	Résultats des tests de comportement			
	Temps	Préférence	Valeur de χ^2	Value de p
Origine <i>tapia</i>	Après 15 min	Aucune	0,47	0,491
	Après 30 min	Aucune	0,57	0,827
	Après 45 min	Aucune	0,33	0,564
	Après 60 min	Aucune	0,33	0,564
Origine <i>voafotsy</i>	Après 15 min	<i>Voafotsy</i>	5,82	0,016
	Après 30 min	<i>Voafotsy</i>	7,25	0,007
	Après 45 min	<i>Voafotsy</i>	7,25	0,007
	Après 60 min	<i>Voafotsy</i>	8,00	0,005

L'analyse des résultats nous renseigne une nette différence de comportement en fonction de l'origine des chenilles. En effet, les chiffres indiquent que les larves élevées durant la totalité de leur cycle sur *tapia*, ne présentent en apparence aucune préférence particulière. Par contre, en ce qui concerne l'autre catégorie (larves élevées sur *voafotsy*), une préférence envers la plante nourricière, le *voafotsy*, est observée pour chaque temps.

Le nombre d'individus permettant d'aboutir à ces résultats n'est pas identique pour les deux plantes. En ce qui concerne les larves élevées sur *tapia*, il serait intéressant de réitérer le test avec un plus grand nombre de répétitions, puis de vérifier que les tendances obtenues sont similaires à celle du **tableau 4.3**. Néanmoins, chacune des valeurs de probabilité de ce tableau montre un choix analogue entre les deux plantes, et des conclusions identiques pour un plus grand nombre d'individus testés devraient apparaître.

Pour les larves élevées sur *voafotsy*, le test a été effectué sur un plus grand échantillon de *landibe*, rendant ainsi ce test plus « fort ». On remarque également que toutes les valeurs de p sont faibles, traduisant une attirance très marquée envers le *voafotsy*.

Cette différence comportementale marquée entre les deux types de larve est intrigante. La plupart des insectes identifient leurs plantes hôtes grâce à des stimuli visuels, olfactifs, gustatifs ou même tactiles (Le Gall, 1989). Il est possible que le *voafotsy* contienne des substances chimiques préalablement ingérées/perçues par les chenilles, justifiant un phénomène d'attraction envers cette plante lorsqu'un choix lui est offert. En effet, ce phénomène d'apprentissage olfactif est connu chez de nombreux insectes. On citera l'expérience de Popov et al. (1978 cité par Le Gall, 1989) : après un mois d'élevage sur une seule plante hôte, d'autres végétaux ont été proposés à des criquets migrants (*Schistocerca gregaria*),

et leur choix s'est alors porté uniquement sur la plante d'élevage. Un autre cas similaire est rencontré pour un Noctuidae (*Heliothis virescens*) mis en contact avec de fortes doses de trois substances odorantes de plantes. L'expérience démontre qu'une fois conditionné, le papillon butinera principalement les fleurs des végétaux contenant les substances chimiques de l'expérience (Skiri et al., 2005).

4.4. CONCLUSION

Cette étude a permis d'augmenter les connaissances actuelles sur *Borocera cajani* et plus particulièrement, d'apporter des informations nouvelles sur son cycle biologique ainsi que sur les diverses caractéristiques de ses cinq stades larvaires. Les expérimentations en laboratoire ont permis de mettre en évidence certaines modifications des paramètres du cycle biologique du *landibe* en fonction de deux plantes nourricières : le *tapia* et le *voafotsy*.

Tout d'abord, nous observons un taux de mortalité en laboratoire élevé, principalement sur les jeunes larves. Ce résultat confirme les hypothèses émises par Paulian (1953) quant à la fragilité des deux premiers stades larvaire et plus particulièrement du premier.

Ensuite, nos résultats nous indiquent une absence d'influence de la plante nourricière sur la durée de chaque stade larvaire ainsi qu'une durée inégale entre les stades.

En ce qui concerne l'influence de la plante nourricière sur la consommation des larves, les analyses statistiques renseignent une différence de consommation significative uniquement pour deux stades et de manière inversée. Nous concluons alors qu'il n'existe pas de réelle influence des plantes nourricières testées sur la consommation des larves.

Un effet de la plante hôte sur la taille des larves est observé ; les larves élevées sur *voafotsy* sont plus grandes que celles élevées sur *tapia*.

La comparaison de l'élevage en conditions naturelles avec celui effectué en laboratoire montre une nette différence de taille entre les individus de même stade. Ce résultat confirme l'hypothèse que le *landibe* est une espèce vagabonde, difficile à élever.

Finalement, les tests comportementaux ont montré une attirance des larves élevées sur *voafotsy* pour leur plante nourricière. En revanche, ce phénomène n'apparaît pas lorsqu'il s'agit du *tapia*. Une analyse des composés chimiques ainsi que de la texture de chacune de ces deux plantes nous permettrait d'identifier les paramètres induisant cette attirance des larves pour le *voafotsy*.

4.5. BIBLIOGRAPHIE

- Anonyme, 1996. Manuel : *La sériciculture. Vol. 2 : Élevage des vers à soie. « Le Landibe »*. Antananarivo : CITE.
- Blanc-Pamard C. & Rakoto Ramiarantsoa H., 2003. Madagascar, les enjeux environnementaux. In : Lesourd M. (éd.). *L'Afrique. Vulnérabilité et défis*. Nantes, France : Édition du Temps, 354-376.
- CITE/BOSS Corporation, 2009. *Étude nationale de la filière soie. Analamenga- Ambalavao- Amoron'i Mania- Vakinankuratra- Itasy*. Rapport final. Antananarivo : CITE.

- Dagnelie P., 1973. *Théorie et méthode statistiques. Application agronomiques*. Gembloux, Belgique : Presses agronomiques de Gembloux.
- De Lajonquière Y., 1972. *Insectes Lépidoptères Lasiocampidae*. Faune de Madagascar n° 34. Tananarive : ORSTOM ; Paris : CNRS.
- Diez L., 2008. *Étude de la filière soie du Landibe ou Borocera spp. (Lepidoptera : Lasiocampidae dans la région d'Itasy à Madagascar*. Mémoire de Master complémentaire en Développement, Environnement et Société. Gembloux Agro-Bio Tech (Belgique).
- Fauchère A. 1910. *Les ressources séricicoles à Madagascar*. Paris : Imprimerie Maison Louis Walter.
- Grangeon M., 1906. Étude sur le *landibe*. *Bull. Écon. Madagascar*, **2**, 22-58.
- Kull C., Ratsirason G. & Randriamboavonjy G., 2005. Les forêts de *Tapia* des Hautes Terres malgaches. *Terre Malgache*, 24.
- Langlois M., 2001. *Maitrise de l'espace et gestion des ressources. Éléments d'une approche sur la gestion locale des ressources naturelles à Madagascar*. http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers1001/010047689.pdf (15.12.2012).
- Le Gall P., 1989. Le choix des plantes nourricières et la spécialisation trophique chez les Acridoidea (Orthopteres). *Bull. Écol.*, **20**(3), 245-261
- Loreau M., 1984. Étude expérimentale de l'alimentation de *Abax ater* Villers, *Carabus problematicus* Herbst et *Cychrus attenuatus* Fabricus (Coleoptera, Carabidae). *Ann. Soc. R. Zool. Belg.*, **114**, 227-240.
- Mittermeier R.A., Brooks T., Fonseca G. & Brito D., 2008. *Les pays de mégadiversité*. In : Jacquet P. & Tubiana L. (éds). *Regards sur la terre 2008*. Paris : Presses de Science Po. 153-154.
- Myers N. et al., 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, **403**, 853-858.
- Paulian R., 1950. *Insectes utiles et nuisibles de la région d'Tananarive*. Tananarive-Tsimbazaza : Institut de recherche scientifique de Madagascar.
- Paulian R., 1953. Observation sur les *Boroceras* de Madagascar, papillons séricigènes. *Nat. Malgache*, **5**(1), 69-86.
- Randrianarisoa A., Raharinaivosoa E. & Kolff A., 2008. Des effets de la gestion forestière par les communautés locales de base : cas d'Arivonimamo et de Merikanjaka sur les hautes terres de Madagascar. In : *Atelier sur la décentralisation et la gouvernance forestière, 8-11 avril 2008, Durban, Afrique du Sud*. Antananarivo : Intercoopération.
- Razafimanantsoa T.M., 2008. *Étude bioécologique des lépidoptères séricigènes dans les familles des Lasiocampidae et des Saturniidae au parc national de Ranomafana et dans la forêt de tapia d'Ambohimanjaka*. Mémoire de DEA. Département de Biologie, Écologie et Conservation Animale. Université d'Antananarivo (Madagascar).
- Sarrasin B., 2009. *La Gestion Locale Sécurisé (GELOSE) : l'expérience malgache de gestion décentralisé des ressources naturelles. Étude caribéennes. Espace et aires protégés. Gestion intégrée et gouvernance participative*. N°12. <http://etudescaribeenes.revues.org/3664> (15.12.2012).
- Skiri H.T. et al., 2005. Associative learning of plant odorants activating the same or different receptor neurones in the moth *Heliothis virescens*. *J. Exp. Biol.*, **208**, 787-796.